

ISSN 1659-0082

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Abril 2006

No. 77



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 Africa), \$ 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: Saga Diseño

Secretaria: Yorlene Pérez

Versión electrónica: Yorlene Pérez

Impresión: Editorama S.A.

Tiraje

1150 ejemplares.

Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología
CATIE

7170 Turrialba, **Costa Rica**

Tel. (506) 558 2633/558 2408

Fax. (506) 558 2045/558 2060

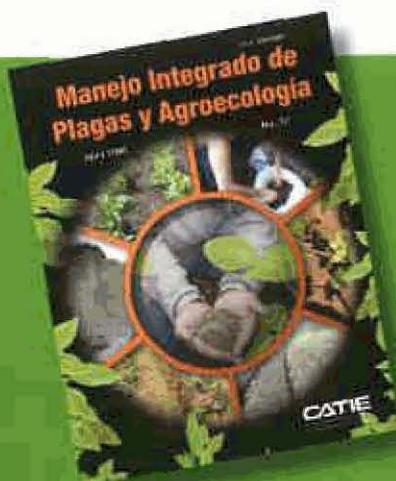
Correo electrónico: ggilti@catie.ac.cr ó cicmip@catie.ac.cr

www.catie.ac.cr

Fecha de inicio y periodicidad:

No 1, setiembre, 1986

Cuatrimestral (abril, agosto, diciembre)



En esta ocasión, nuestro Foro argumenta que los métodos agronómicos, como la fertilización de los cultivos, pueden afectar la susceptibilidad de las plantas a los insectos plaga a través de la alteración de los niveles de nutrientes en los tejidos. La habilidad de un cultivo para resistir o tolerar plagas de insectos o enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y principalmente biológicas de los suelos. Los suelos con un contenido alto de materia orgánica y biológicamente activos suelen exhibir una buena fertilidad. (Fotos de Miguel Altieri, Aldo Rojas y Gabi Soto).

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Abril 2006

No. 77

CONTENIDO

BIOGRAFÍA

Karl Hoffmann: un naturalista en tiempos turbulentos

Luko Hilje Q. 1-7

FORO

Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas

Clara I. Nicholls, Miguel Altieri 8-16

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV)

A. Abdelnour-Esquivel, L.C. Bermudez, S. Alvarenga, C. Rivera 17-23

Abundância estacional de *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) na região nordeste do estado de São Paulo

Vanderlei de Paula Souza, Francisco Jorge Cividanes, Júlio César Galli 24-31

Efecto de la rotación con leguminosas sobre la productividad del cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) y cultivos intercalados en Tabasco, México

Rubén García de la Cruz, Roberto García Espinoza, María del Pilar Rodríguez Guzmán, Héctor González Hernández, David J. Palma López 32-37

El efecto de prácticas agronómicas sobre el nivel poblacional de áfidos y virosis en *Carica papaya* L.

Wilfredo Robles, Alberto Pantoja, Edwin Abreu, Jorge Peña, Juan Ortiz, María de L. Lugo, Mildred Cortés, Raúl Macchiavelli 38-43

Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional

Rogério Antônio Silva, Paulo Rebelles Reis, Brigida Souza, César Freire Carvalho, Geraldo Andrade Carvalho, Luciano Veiga Cosme 44-49

Efecto de subcultivos sucesivos de *Beauveria bassiana* sobre sus características y actividad contra *Premnotypes vorax*

Madga X. García, Laura F. Villamizar, Lisette A. Torres, Alba M. Cotes 50-56

Inmersión y riego con vermicompost líquido de secciones de cormos del clon Dominico-Harton (*Musa AAB*)

Omar Tremont, José P. Mogollón, Gustavo Martínez 57-61

Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas durante el secado solar del café

Moisés Vélez, Alex E. Bustillo, Francisco J. Posada 62-69

Potencial de uso de armadilhas iscadas com o feromônio sexual do percevejo marrom, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) para o monitoramento populacional de percevejos praga da soja.

Carmen S.S. Pires, Edison R. Sujii, Francisco G.V. Schmidt, Paulo H.G. Zarbin, João R.M. de Almeida, Miguel Broges 70-77

Uso de fêmeas virgens na coleta massal de *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hymenoptera: Eurytomidae) em *Annona muricata* L. (Annonaceae)

José Inácio L. Moura, Ricardo B. Sgrillo, Katia R.P.A. Sgrillo, Evaldo F. Vilela, José Maurício S. Bento 78-81

NOTAS TÉCNICAS

Mancha foliar de *Chamaedorea elegans* en Corrientes, Argentina

María A. Cúndom, María G. Cabrera, Patricia Ceja 82-85

¿Sendrá el tenor de sólidos solubles totales de los frutos de *Cucumis melo* influenciado por *Carlavirus*?

Sandra M.M. Rodrigues, Ervino Bleicher, Sávio G. Nogueira 86-88

EXPERIENCIAS

Las enfermedades del café: logros y desafíos para la caficultura colombiana del siglo XXI

Gabriel Cadena Gómez, Alvaro Gaitán Bustamante 89-93

HOJA TÉCNICA

SeqSam, un programa para la elaboración de planes de muestreo secuencial

Fernando Casanoves, Julio di Rienzo 94-101

Boletín de Plagas Forestales Neotropicales 102-103

Futuros Eventos 104

Guía para Autores 105-106

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE

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

Misión y Visión

Misión

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

Visión

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

Director General

Pedro Ferreira Rossi

Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación

Glenn Galloway

Proyección Externa

Jorge Jiménez

Administración y Finanzas

Viviana Sánchez

Representaciones Nacionales del CATIE

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

EL SALVADOR

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

GUATEMALA

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

HONDURAS

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

NICARAGUA

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

PANAMÁ

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

BOLIVIA

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

Enlaces Institucionales

BELICE

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

COLOMBIA

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

CATIE Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

www.catie.ac.cr



Karl Hoffmann: un naturalista en tiempos turbulentos

Luko Hilje Q.¹

Introducción

Son numerosos los naturalistas europeos y norteamericanos que han explorado los trópicos y, en particular, Mesoamérica. Sin embargo, a pesar de las dificultades y avatares propios de sus exploraciones, es casi seguro que ninguno ha debido sufrir las adversidades que enfrentara el médico y naturalista alemán Karl Hoffmann. Y esto es así pues, como se verá después, su arribo a Costa Rica estuvo crudamente signado por la invasión de las huestes filibusteras lideradas por el estadounidense William Walker, ante lo cual fungiría como médico de las milicias costarricenses, lo cual tendría muy serias repercusiones en su salud, hasta morir en plena juventud.

Es por esto que en este año de 2006, al conmemorarse el sesquicentenario de la Campaña Nacional, rendimos tributo a este inusitado humanista —víctima del olvido—, quien supo encarnar y demostrar como pocos las más altas aspiraciones del ser humano: el afecto por la naturaleza y el amor por sus semejantes, demostrados con creces —al precio de su propia vida— tanto en los bosques tropicales como en los campos de batalla y hospitales donde con gran abnegación salvó numerosas vidas.

El magnetismo de los trópicos

El 7 de diciembre de 1823 un niño nacía en Stettin (hoy llamado Szczecin, y perteneciente a Polonia), puerto ubicado en la ribera del río Oder, a quien el destino habría de vincular con un gran científico y humanista, ya para entonces famoso. Mientras el niño, llamado Karl Hoffmann Brehmer, apenas balbuceaba, Alexander von Humboldt, paisano suyo, frisaba los 54 años y residía en París, donde se había radicado y dedicado a escribir 30 volúmenes del libro *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo*

Continente, sobre su travesía por América, labor iniciada en 1807 y concluida en 1834.

En esa magna obra, Humboldt narra los hallazgos derivados de su periplo de cinco años (1799-1804) por la América colonial —junto con el médico y botánico francés Aimé Bonpland—, financiado de su propio bolsillo gracias a la cuantiosa herencia de su madre. Arribaron primero a Venezuela —después, en París se convertiría en cercano amigo del libertador Simón Bolívar—, donde permanecieron más de un año realizando observaciones hidrológicas, botánicas, zoológicas y antropológicas. Estuvieron brevemente en Cuba y en Colombia por otro año, así como en Ecuador y Perú, donde descubrieron la corriente marina de Humboldt. Después permanecieron otro año en México, pasando por Cuba y Estados Unidos.

Soltero de por vida, Humboldt residió en París por unos 23 años, donde su fortuna se desvanecería como resultado de costear sus viajes y publicar sus obras. Ante esto, surgió providencial la mano del rey de Prusia (reino del Imperio Alemán), nombrándolo como consejero para garantizarle su subsistencia. Establecido en su ciudad natal, en 1827 y 1828 se dedicó a dictar las *conferencias Cosmos* sobre la descripción física del planeta, en la Universidad de Berlín, de gran interés científico y sumamente concurridas; de hecho, él se basaría en el material de esas charlas para, 20 años después, escribir los cinco volúmenes de su obra cumbre, denominada *Cosmos* o la *Idea general de una descripción física del Universo*.

Imposible para el niño Karl asistir o entender el contenido de aquellas conferencias, pues tenía apenas cinco años, pero ya habría oportunidad de conocer y tratar al sabio anciano. Cuando le llegó el turno se matriculó

¹Departamento de Agricultura y Agroforestería. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

como estudiante de medicina en la Universidad de Berlín, de donde se graduaría a los 23 años, junto con su amigo Alexander von Frantzius, con quien compartía un fuerte interés por las ciencias naturales. De seguro que juntos realizaron giras de recolección por las zonas rurales de su provincia, Pomerania, la más importante de Prusia y del imperio en términos agrícolas, por su gran producción de cereales (centeno, trigo, avena y cebada) y papa, más remolacha y tabaco, así como la cría de ovejas (más un poco de ganado, cerdos y caballos).

Quizás se sentían a gusto explorando el bello territorio de Pomerania, tan plano que su altitud máxima es de apenas unos 300 metros, y debido a su contenido de arena son abundantes las dunas. Parajes con abundantes lagos poco profundos y riachuelos rápidos, así como rodeados por colinas onduladas, con bosques de robles, fresnos, hayas, sauces, álamos y alisos.

Es decir, ambientes muy homogéneos y simples, con poca biodiversidad vegetal y animal, pero aptos para cuanto querían hacer como naturalistas. Hasta que algún venturoso e inquietante día se toparían con las imágenes de los inefables y exuberantes trópicos del Nuevo Mundo, en la vívida prosa de aquel viejo sabio que los recorriera y entendiera tan bien. Y, más aún, cuando conocieron al admirado Humboldt, en alguna visita de éste a la universidad en la que estudiaban, o en algún otro sitio de Berlín, quien les debe haber inspirado y motivado tanto con sus relatos, como para tomar la decisión de trasladarse a vivir a Costa Rica. De hecho, cuando decidieron hacerlo, en setiembre de 1853 él incluso redactaría una carta de recomendación para ellos, dirigida al presidente Juan Rafael (Juanito) Mora.

Pero cabe indicar que Humboldt fue también un referente de carácter democrático y cívico para Hoffmann, quien como estudiante había participado activamente en las luchas contra la monarquía y el absolutismo. De vieja data en Europa, esas luchas resurgieron en 1847 y culminaron a inicios de 1848 con el derrocamiento de Luis Felipe I y la proclamación de la Segunda República en Francia, desencadenando insurrecciones populares en varios países. En Prusia, en marzo de 1848 Humboldt actuó como mediador en éstas y hasta rindió honores a las víctimas de la rebelión, en sus funerales.

Costa Rica, tierra de promisión

Aunque las referidas luchas abrieron una etapa promisoría en la vida democrática de Prusia, las esperanzas pronto se disiparían y, más bien, surgiría un fuerte aparato represivo, junto con una crisis económica tan seria, que causaría el éxodo masivo de ciudadanos hacia América.

En esa época, el territorio de Costa Rica y los demás países centroamericanos estaba casi virgen, colmado de áreas boscosas densas e inexploradas. Casi deshabitado, con apenas unos 100.000 habitantes -la mayoría concentrados en el Valle Central-, en él predominaba la producción de café, junto con el tabaco y la caña de azúcar, más algunos cultivos alimenticios y la ganadería.

Desde 1848 el gobierno había mostrado interés en fomentar la colonización del país con inmigrantes europeos, ante lo cual se fundaría en 1850 la *Sociedad Berlinesa de Colonización para Centroamérica*. Con sede en Berlín, en Costa Rica su líder era el barón Alexander von Bülow, mientras que su secretario era el abogado Fernando Streber. En 1852 se aprobó un contrato para establecer una colonia en Angostura, Turrialba, en la margen derecha del río Reventazón (muy cerca del CATIE). La meta era asentar 7.000 alemanes en 30 años, para lo cual la Sociedad recibió 32.000 hectáreas, que debían deforestar y sembrar. Este proyecto se malograría pocos años después, por varias razones.

Streber, 14 años mayor que Hoffmann, había sido dirigente político y compañero de él en las jornadas por la democratización de Prusia. Conociendo las dificultades económicas y sociales de su patria, así como el desánimo de Hoffmann ante tal situación, lo invitó a radicarse en Costa Rica, donde ya había una importante cantidad de alemanes, la mayor cifra entre los extranjeros.

Es decir, la decisión de mudarse a Costa Rica obedeció a la situación personal, derivada de sus convicciones políticas, más el estímulo de Humboldt. A ello debe sumarse que tanto él como von Frantzius enfrentaban problemas de salud, y el clima tropical podría mitigar éstos; von Frantzius padecía de los pulmones (posiblemente tuberculosis), mientras que el padecimiento de Hoffmann no está del todo claro, como se indicará después.

Tras varias peripecias y dificultades, Hoffmann y su esposa Emilia, acompañados por von Frantzius, abandonaron su patria en el bergantín *Antoinette*. Tras 51 días de navegación, en uno de los cuales celebró sus 30 años de edad, arribaron el 14 de diciembre de 1853 a San Juan del Norte (Greytown), en la costa caribeña de Nicaragua. Por coincidencia, venía con ellos el naturalista Julián Carmiol (Carnigohl, originalmente), viudo, a quien acompañaban sus cuatro hijos.

Ya en tierra, de seguro tuvieron la oportunidad de palpar en su piel y en sus sentidos la materialización de aquellas imágenes del trópico narradas por el maestro Humboldt, sentidas con las incesantes y fuertes lluvias de diciembre en esa zona del Caribe. Días después, en un pequeño bote remontaban las aguas del caudaloso y amplio río San Juan, así como del bravío río Sarapiquí, para

desembarcar en Muelle, desde donde una estrecha vereda entre el tupido y muy húmedo bosque ascendía hasta la Cordillera Volcánica Central, para descender después hacia San José. En todo este recorrido demoraron más de dos semanas, entre numerosos peligros propios de la montaña, como pendientes abruptas, enlodadas y resbalosas, ríos grávidos que vadear, serpientes, felinos, tábanos, nubes de insidiosos mosquitos, etc. Sí, tanto de cuanto habían escuchado de Humboldt.

Su vida cotidiana

Ya en San José, Hoffmann se estableció en el casco de la ciudad —de apenas nueve cuadras en cada costado— donde anhelaba convertirse en profesor en la Universidad de Santo Tomás —al igual que von Frantzius, quien por su enfermedad pronto se trasladó al clima cálido y seco de Alajuela—, pero en ésta no había carrera de medicina (los médicos se formaban entonces en la Universidad de San Carlos, en Guatemala) ni de ciencias naturales. Eso lo revela una carta de recomendación suscrita por el Dr. Nees von Esenbeck, presidente de la Academia Leopoldo-Carolina de Investigadores de la Naturaleza del Imperio Germánico, quien los describía como “*ampliamente versados en ciencias naturales y en el arte de la medicina. Ambos solicitan [...] una estadía y un puesto docente en vuestra universidad*”.

La formación recibida en Berlín lo calificaba como médico prominente, de lo cual pronto dio pruebas fehacientes en su casa, que era además consultorio médico, botica y hasta vinatería por un corto tiempo. Pero se le reconocía ampliamente su don de gentes, humildad, compasión y espíritu de servicio, que lo hicieron ganarse de inmediato el cariño de la gente, incluyendo al presidente Mora, a quien había conocido al entregarle la carta de Humboldt. Hombre culto y acucioso, dirigió el *Periódico Alemán de Costa Rica*, junto con su amigo Streber y el ingeniero Francisco Kurtze. Aunque de formato pequeño y breve contenido, este semanario bilingüe tenía una red de agentes en varios países, incluyendo a Europa y los EE.UU.

A pesar de sobrellevar la enfermedad crónica que lo había aquejado desde joven, esto no detuvo su impulso de explorar nuestra naturaleza. Dedicado de lleno a su profesión para subsistir, se contentó con aprovechar su tiempo libre para recolectar especímenes en lugares no muy distantes de la capital, o algo lejanos pero con buen acceso. Por fin, año y medio después, se aventuró a escalar el volcán Irazú —que divisaba todos los días desde su casa— en mayo de 1855, y apenas tres meses después ascendería el volcán Barva.

Por fortuna, de ambos viajes nos legó amplios relatos de rico contenido científico, pero también escritos con

gran lirismo. Se trata de relatos que, en medio de sus observaciones de carácter botánico y zoológico, así como biofísicas (en vulcanología y climatología), nunca omiten al ser humano que puebla las zonas rurales, con inquietudes propias de la antropología social. Todo ello, en contenido y estilo, hace imposible no evocar a su mentor Humboldt. Una muestra de ello aparece el siguiente fragmento, de su relato sobre el volcán Irazú:

“Apenas habíamos salido de Cartago, comenzamos a subir por un terreno cada vez más empinado y obstaculizado a trechos de grandes y de pequeños bloques de una lava dura y pálida. Magníficos potreros con el mayor y más hermoso ganado que quizás puede verse en el país, alternaban con grandes sembrados de papas, dentro de los cuales había lindas casas rodeadas de hortalizas, maizales y platanos.

Aquí está la región en donde se cultivan las papas para todo el país. Desde este lugar hasta la aldea de indios en Cot (hacia el este), se trabaja casi solo en este ramo de la agricultura, porque la papa no prospera en los lugares más bajos. Mas, ¡qué interesante espectáculo para el geógrafo agrícola, y qué bendito país el que ostenta semejantes fenómenos!

Una casita rodeada de plantas de bananos o plátanos, limoneros, granadas o naranjales y cultivos adyacentes de trigo, papas, rodeadas de piñas, alternando con plantaciones de maíz y yuca. Entre más cabalgábamos monte arriba, tanto más raras se hacían las casitas y los sembrados y tanto más áspero el clima. A menudo teníamos que cabalgar largos trechos a través de masas de nubes que nos empapaban completamente con su descarga de gotas finas como polvo (garúa), pero también a menudo venía un fuerte ventolero que dispersaba las nubes como por un conjuro mágico y nos concedía por momentos una espléndida vista retrospectiva de la ciudad y la altiplanicie de Cartago.

Finalmente, se desvanecieron los últimos vestigios de cultivos y ya cabalgábamos dentro del majestuoso bosque virgen. Para mí no era nueva una selva primitiva tropical. La he visto quizás en su mayor exuberancia imaginable, tanto en el lado del Atlántico del istmo [centroamericano], en las orillas del río San Juan y la laguna de Shepperd, como en la vertiente occidental, en el río Aranjuez, que desagua en el golfo de Nicoya. Pero, con todo, estaba maravillado y no podía saciarme de contemplar la fisonomía de esta vegetación, para mí absolutamente nueva”.

En realidad, se percibe cuán entusiasmado estaba él, saciándose en tan corto lapso de nuestra naturaleza, desentrañándola y describiéndola, sin percatarse de los signos ominosos que empezaban a cernirse sobre los cinco



Figura 1. Escena de la batalla de Rivas, el 11 de abril de 1856. Cortesía: Archivos del Museo Histórico Cultural Juan Santamaría.

países centroamericanos, con la llegada a Nicaragua del jefe filibustero Walker, lo que marcaría irreversiblemente su futuro.

Centroamérica agredida

Apetecida por su posición geopolítica, sobre todo por la importancia estratégica del río San Juan para desplazarse de la costa oriental de los EE.UU. hacia California durante la fiebre del oro, Nicaragua estaba en la mira tanto del imperio inglés como de los poderosos esclavistas del sur de los EE.UU., ávidos de extender sus dominios hacia América Central y el Caribe.

Y serían las pugnas entre los liberales y conservadores las que conducirían al liberal Francisco Castellón a la inmensa torpeza de pactar con Walker, quien se guiaba por la ideología del *destino manifiesto*, según la cual Dios eligió a los EE.UU. para convertirse en una nación superior, de modo que *“el cumplimiento de nuestro destino manifiesto es extendernos por todo el continente que nos ha sido asignado por la Providencia para el desarrollo del gran experimento de libertad y autogobierno”*. Médico, abogado y periodista, este aventurero llegó el 16 de junio de 1855 para insertar un batallón (la Falange Norteamericana) dentro del ejército liberal, pero con el tiempo se convertiría incluso en presidente del país.

Así, Nicaragua se convirtió en la “cabeza de playa” que bajo la consigna *Five or none* (Todas o ninguna) Walker utilizaría para tratar de conquistar las cinco repúblicas centroamericanas y anexarlas a los dominios de los esclavistas, quienes financiaban con largueza su violenta empresa expansionista. Y pronto puso la mira en Costa Rica, que disfrutaba de gran prosperidad gracias al auge económico y social derivado de la exportación de café hacia Europa.

En el frente de guerra

Tanta fue la premura, que ya el 1º de marzo de 1856 don Juanito convocaba a la población a las armas, mediante una emotiva y vibrante proclama. Ante tales circunstancias, esa misma tarde 35 alemanes residentes en San José le enviaron una carta ofreciendo defender el país, ante lo cual a varios se les asignarían tareas de alto nivel militar y se nombraría a Hoffmann como Cirujano Mayor del Ejército Expedicionario, vale decir, del ejército convencional más los milicianos reclutados para defender la patria amenazada.

Tres días después se iniciaba la aventura bélica, con las tropas desplazándose hacia Liberia, Guanacaste. Con el país invadido desde Nicaragua por 300 filibusteros, el primer combate acontecería el 20 de marzo en la hacienda Santa Rosa (hoy Parque Nacional), donde se les

derrotaría rápidamente, gracias al fervor patrio de nuestros combatientes. Atendidos en ese momento por el Dr. Cruz Alvarado, hubo 20 muertos y 31 heridos, quienes luego serían auxiliados por Hoffmann, que estaba en Liberia con don Juanito y casi todo el Estado Mayor.

Por órdenes superiores, pocos días después nuestro ejército penetraba en Nicaragua, donde el 7 de abril en La Virgen, Hoffmann debió realizar la primera operación seria. Se trataba de la amputación de una pierna a un combatiente —cuando no existía anestésico más que el licor—, quien moriría, pues se había desangrado mucho para entonces.

Pocos días después, establecidas nuestras tropas en Rivas, el 11 de abril serían atacadas por los filibusteros en forma sorpresiva, con el saldo aterrador de 500 muertos y 300 heridos en nuestras filas. No obstante esta tragedia, la batalla se ganaría, gracias al regreso de dos grandes batallones que se habían dirigido a otras ciudades, más la quema por parte de Juan Santamaría —nuestro héroe nacional— del fortificado y casi impenetrable mesón donde Walker, sus mandos superiores y gran parte de su ejército se habían albergado todo el día.

Estos huyeron, pero don Juanito decidió no perseguirlos, para atender a los heridos. En efecto, en el hospital de campaña improvisado en una casa, de inmediato Hoffmann, Andrés Sáenz, Francisco Bastos y Carlos Moya (pues Alvarado había permanecido en Liberia) debieron enfrentar tan descomunal labor, con inmensas carencias de personal médico, camas y medicinas. Aún así, su abnegación quedaría retratada para la historia en un parte suscrito por el general Pedro Barillier, en el que consignaba: “[...] ¡y cuánto celo y acierto en los inteligentes cuidados prodigados a nuestros numerosos heridos por el señor Cirujano en Jefe Carlos Hoffmann!”.

Pero la mayor tragedia estaba por sobrevenir. Algunos milicianos de súbito tuvieron deyecciones acuosas y blanquecinas como “agua de arroz”, vómitos, sed intensa y calambres musculares, con postración y ansiedad, y morían en pocas horas. Intrigado, Hoffmann pronto acertó en el diagnóstico: ¡cólera morbus! Lo conocía bien pues, poco antes de graduarse en Berlín, había realizado un internado en un hospital de enfermos de cólera. Sin embargo, para entonces se desconocía que era causada por la bacteria *Vibrio cholerae*, y más bien hasta los médicos pensaban que era transmitida como vapores miasmáticos (emanaciones pútridas).

Considerando que éstas eran propias del clima de Rivas, se incurrió en el grave error de repatriar las tropas, lo cual diseminaría la peste en el interior del país. En las ciudades transitaban las carretas con pilas de muertos, que eran enterrados en fosas colectivas. Sobrecogida por

el pánico, la población no sabía qué hacer, y fue entonces cuando por la prensa Hoffmann intervino para llamar a la serenidad y recomendar ciertas medidas (evitar frutas y bebidas fermentadas, así como consumir reconstituyentes y buen licor en forma moderada) que hoy se sabe que funcionan contra dicho mal. Incluso desarrolló una *medicina anti-colérica* (gotas amargas vertidas en coñac o vino fino). Por razones epidemiológicas, más la acertada intervención de Hoffmann, la enfermedad se extinguió en julio, aunque con el devastador saldo de unos 10.000 muertos.

En el ocaso de su vida

El inmenso esfuerzo desplegado por Hoffmann tanto en Rivas como durante la epidemia del cólera, deterioraría su salud de manera irreversible. Es decir, la fatiga y el estrés exacerbaron su vieja enfermedad, al parecer relacionada con la médula ósea, aunque difícil de precisar con los escasos conocimientos médicos de la época. Esto le imposibilitó participar en la segunda etapa de la Campaña, emprendida a fines de 1856, que culminaría con la rendición de Walker el 1º de mayo de 1857.

Pero su enfermedad, que se intensificó de manera paulatina, también le dificultaba ejercer como médico. Para paliar su pobreza, el Estado le otorgó una pensión a partir de marzo de 1858. A pesar de la rigidez de sus manos, se dedicó a pulir el relato acerca de su ascenso al volcán Barva —que había dejado abandonado por la guerra—, lo cual concluyó en junio de ese año. Como último recurso, en febrero de 1859 partió con su esposa hacia Puntarenas, en busca de un clima cálido, pero recién llegados a dicho puerto ella moriría debido a una epidemia local de tifoidea.

Profundamente deprimido y solitario —pues no tuvieron hijos—, moriría el 11 de mayo (curiosamente, Humboldt había muerto cinco días antes, sin que él se enterara), poco antes de lo cual dictaría a su amanuense y albacea Rodolfo Quehl una emotiva carta de despedida para don Juanito. Sería enterrado al día siguiente en el cementerio de la ciudad de Esparza, en una fosa contigua a la de su esposa, donde permaneció por 70 años. Con motivo de la inauguración del monumento a don Juanito en San José el 1º de mayo de 1929, sus restos serían exhumados y trasladados a la capital, donde se les enterraría con la pompa pertinente a un General de Brigada.

Sus aportes como naturalista

En mi opinión, el juicio sobre la calidad de los aportes de Hoffmann como naturalista no puede omitir, de ninguna manera, los tiempos turbulentos y graves en que le



Figura 2. Tumba de los esposos Hoffmann el 7 de setiembre de 2006, día del homenaje a su memoria (Foto: Luko Hilje).

correspondió vivir. Es decir, sería injusto y mezquino juzgarlo con los criterios empleados para sopesar los aportes científicos de los exploradores convencionales, pues debió postergar o dejar de lado sus anhelos científicos para dedicarse a salvar las vidas de los milicianos y de los enfermos del cólera. En tal sentido, su período de actividad científica real en Costa Rica fue de apenas dos años y medio, pero muy fructífero, como se detalla a continuación.

En primer lugar, es claro que fue un naturalista de amplia formación académica, pues hizo aportes tanto de carácter biológico como biofísico (en vulcanología y climatología). En cuanto a sus contribuciones en temas biofísicos, los expertos reconocen hoy su labor pionera en publicar valiosas descripciones científicas sobre dos de nuestros volcanes, así como en interpretar, sin instrumentos pero con gran intuición e inteligencia, enigmas de tipo atmosférico ocurridos en la laguna del volcán Barva.

Pero, además, hizo valiosos y originales aportes en fitogeografía, al identificar la forma en que el clima y otros factores determinan las características de las formaciones vegetales, para entonces proponer un esquema concreto: la clasificación e interpretación de nuestra vegetación. En una fehaciente muestra de su profunda capacidad de observación, supo sintetizar y plasmar la primera clasificación de nuestros pisos altitudinales, así: *tierra caliente* (del nivel del mar a los 900 m), *tierra templada* (entre 900 y 1500 m) y *tierra fría* (a partir de 1500 m). Pero fue más allá, al establecer siete zonas vegetacionales en el país: *costera* (litoral y humedales al nivel del mar), *de bosques húmedos y sabanas* (hasta 1000 m), *de las tierras altas* (1000-1650 m), *montano tropical* (1650-2300 m), *de robles o encinos* (*Quercus* spp.) (2300-3000 m), *de vegetación arbustiva* (3000-3300 m) y *de vegetación subalpina* (a partir de 3300 m).

Si bien se podría argumentar que estas categorías son demasiado generales, el suyo fue el esquema pionero y, así, el punto de partida para esquemas más refinados, que culminarían con el hoy vigente, basado en zonas de vida, propuesto por el Dr. Leslie Holdridge mientras laboraba en el CATIE. Es decir, habiendo vivido en Pomerania únicamente, donde no hay montañas altas, Hoffmann se atrevió a clasificar la diversa y compleja vegetación de Costa Rica, que comprende desde el nivel del mar hasta 3819 m, en el cerro Chirripó. Este fue un aporte visionario, pues esquemas como el suyo son hoy herramientas indispensables para la planificación en el uso de la tierra, tanto en los campos agrícola y forestal, como en la protección de cuencas hidrográficas y el manejo de áreas silvestres.

En segundo lugar, cabe señalar que, en contraposición con la mayoría de los naturalistas extranjeros que han explorado los trópicos, él no deseaba (al igual que von Frantzius) ser itinerante, sino residente, y mantenerse por sus propios medios, ejerciendo como médico para subsistir. Pero, a diferencia de von Frantzius, quien residiría en el país por unos 15 años y se concentró únicamente en aves y mamíferos, realizando inmensas contribuciones, Hoffmann tenía interés tanto en plantas como en todos los grupos de animales. De hecho, su sueño era publicar un libro titulado *Flora y fauna de Costa Rica*, lo que se frustraría debido a su seria enfermedad y temprana muerte, acontecida sin haber cumplido 36 años de edad.

Antes de la llegada de estos dos alemanes, nadie había acometido el estudio de nuestra fauna, en tanto que la flora había sido explorada de manera parcial por el botánico danés Anders Sandoe Oersted (entre 1846 y 1848) y el jardinero polaco Josef von Warscewicz (en 1848). Es decir, Hoffmann fue el inmediato continuador de estos esfuerzos, así como nuestro primer explorador zoológico que trabajó con visión de conjunto y totalidad.

Sin ser taxónomo, la tarea de identificar las muestras que recolectaba le resultaba casi imposible, debido al nulo o muy escaso conocimiento de nuestra biota, la mayoría no descrita hasta entonces. Por tanto, él recurría a los únicos dos libros especializados en la taxonomía de plantas y animales del neotrópico, que eran *Reise in Guiana* y *Viaje a Brasil en los años 1815-17*, escritos por sus paisanos Robert H. Schomburgk y Maximilian de Wied tras sus exploraciones por Guyana y Brasil, respectivamente.

Para solventar esta situación, Hoffmann supo aliarse con los prominentes taxónomos Johann F. Klotzsch (Museo Botánico) y Wilhelm Peters (Museo Real de Zoología), lo que permitió el envío de gran cantidad de especímenes hacia Berlín. A pesar de sus problemas de

salud y de serias dificultades logísticas (peligros en la montaña, pésimos caminos, carencia de electricidad para secar muestras vegetales y de materiales para preservación, deterioro en el mar durante la travesía, etc.), hasta 1858 había enviado 928 especímenes de plantas a Klotzsch y 300 de animales (insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) a Peters, a los que se sumarían unos 2000 ejemplares de plantas que donó al morir, como consta en su testamento.

De este ingente esfuerzo resultarían descritas numerosas especies nuevas para la ciencia y, como reconocimiento a su labor, unas 22 especies de plantas y 16 de animales serían bautizadas con su nombre. Para evitar confusiones, cabe hacer aquí una digresión para indicar que el apellido Hoffmann es bastante común dentro y fuera de Alemania, y que a otros científicos de ese apellido que han explorado los trópicos también se les ha dedicado especies o géneros, como sucede con los géneros *Hoffmannia* (Rubiaceae), *Hoffmanniella* (Asteraceae y ácaros) y *Hoffmannseggia* (Fabaceae).

En cuanto a nuestro biografiado, la primera especie dedicada a él fue el oso perezoso *Choloepus hoffmanni*, cuando estaba vivo. Otros ejemplos son el helecho *Asplenium hoffmannii*, el terré (*Croton hoffmannii*), la lechilla (*Euphorbia hoffmanniana*), el San Rafael (*Pseudogynoxys hoffmannii*), el caracol *Drymaeus hoffmanni*, el milpiés *Chondrodesmus hoffmanni*, la araña picacaballo (*Sphaerobothria hoffmanni*), la lagartija *Anolis cupreus hoffmanni*, la culebra de tierra (*Geophis hoffmanni*) y el pájaro carpintero *Melanerpes hoffmannii*.

Epílogo

Nuestro interés por este inusitado humanista surgió al toparnos de manera sorpresiva con su tumba en el Cementerio General, hace pocos años. Conmovidos por el estado de abandono de ésta, así como estimulados por la lectura de las publicaciones que aparecen en la bibliografía, nos adentramos en su vida gracias a numerosos documentos desconocidos, de los cual resultarían dos libros nuestros.

Asimismo, al publicarse el primero, organizamos un tributo en su tumba, acompañados por las banderas e himnos de Alemania y Costa Rica. Pero lo cierto es que en ese acto la bandera de Costa Rica encarnaba las de los cinco países otrora amenazados, pues todos se beneficiaron de la labor de este noble y heroico médico, quien al salvar la vida de tantos combatientes contribuyó a evitar el triunfo filibustero y, así, al afianzamiento de la libertad y la soberanía de Centroamérica.

Literatura citada

- Alfaro de Jiménez, I. 1963. Apuntes sobre el Dr. Carl Hoffman (1823-1859). Anales de la Academia de Geografía e Historia de Costa Rica. I. 1959-1963. Imprenta Nacional. p. 51-73.
- Hilje, L. 2006. Karl Hoffmann: naturalista, médico y héroe nacional. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Heredia, Costa Rica. 200 p.
- _____. 2007. Karl Hoffmann, Cirujano Mayor del Ejército Expedicionario. Editorial Colegio Universitario de Alajuela (CUNA). Alajuela, Costa Rica. 276 p.
- León, J. 1941. Carlos Hoffmann. Nota biográfica. Revista de los Archivos Nacionales. Costa Rica. 3-4:311-133.
- Meléndez, C. 1976. Carl Hoffman. Viajes por Costa Rica. Serie Nos Ven No. 6. Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes. San José, Costa Rica. 219 p.
- Toledo, N. 1859. Necrología. Crónica de Costa Rica, No. 215. 21-V-1859. p. 4.

Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas

Clara I. Nicholls¹
Miguel Altieri¹

RESUMEN. Los métodos agronómicos como la fertilización de los cultivos pueden afectar la susceptibilidad de las plantas a los insectos plaga a través de la alteración de los niveles de nutrientes en los tejidos. La investigación muestra que la habilidad de un cultivo para resistir o tolerar plagas de insectos o enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y principalmente biológicas de los suelos. Los suelos con un contenido alto de materia orgánica y biológicamente activos suelen exhibir una buena fertilidad del suelo. Los cultivos sembrados en tales suelos generalmente presentan poca abundancia de varios insectos herbívoros, reducciones que pueden ser atribuidas a un bajo contenido de nitrógeno en los cultivos en las fincas orgánicas. Por otro lado, el uso de fertilizantes inorgánicos puede causar desbalances nutricionales y disminuir la resistencia de los cultivos a los insectos plaga. Se requieren más estudios de investigación que comparen las poblaciones de insectos plaga en plantas tratadas con fertilizantes sintéticos frente a fertilizantes orgánicos. El entendimiento de los factores que explican por qué la fertilización orgánica mejora la salud de las plantas puede ayudar a orientar el diseño de programas que vinculen el manejo integrado de plagas con el manejo integrado de la fertilidad del suelo.

Palabras clave: fertilidad de suelos, manejo de plagas, agricultura orgánica, nutrición de cultivos.

ABSTRACT. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. Cultural methods such as crop fertilization can affect plant susceptibility to insect pests via altering plant tissue nutrient levels. Research shows that the ability of a crop plant to resist or tolerate insect pests and diseases is tied to optimal physical, chemical and mainly biological properties of soils. Soils with high organic matter content and active soil biological activity generally exhibit good soil fertility. Crops grown in such soils show lower abundance of several insect herbivores, a reduction that may be attributed to a lower nitrogen content in organically farmed crops. On the other hand, farming practices such as excessive use of inorganic fertilizers, can cause nutrient imbalances and lower pest resistance. More studies comparing pest populations on plants treated with synthetic versus organic fertilizers are needed. Understanding the underlying effects of why organic fertilization appears to improve plant health may lead us to new and better integrated pest management and integrated soil fertility management designs.

Keywords: soil fertility, crop nutrition, pest attack, insect populations, pest management, organic farming.

Introducción

Los agroecosistemas se pueden optimizar a través del manejo de dos pilares: la manipulación del hábitat mediante la diversificación de cultivos, y el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Nicholls y Altieri 2005). Este artículo enfatiza el segundo pilar, el mejoramiento de la calidad del suelo a través del incremento de la materia orgánica y la conservación de la biodiversidad del suelo. Tradicionalmente, los componentes de la biodiversidad

por encima y debajo del suelo se han considerado aislados uno del otro; sin embargo, hoy en día se reconoce que están íntimamente relacionados (Wardle et al. 2004). En efecto, la vegetación parece funcionar como un integrador de los componentes del agroecosistema encima y debajo del suelo, los cuales a pesar de estar espacialmente separados están conectados biológicamente por las plantas. Este reconocimiento de los vínculos entre la biología encima y debajo del suelo constituye un paso clave para diseñar

¹ Department of Environmental Science, Policy and Management, Division of Insect Biology, University of California, Berkeley, 137 Mulford Hall-3114, Berkeley, CA 94720-3114. EUA. nicholls@berkeley.edu, agroeco3@nature.berkeley.edu

una estrategia innovadora de manejo ecológico de plagas (MEP).

El MEP considera que los manejos del hábitat encima del suelo y debajo del mismo son estrategias igualmente importantes, pues al fomentar interacciones ecológicas positivas entre suelo y plagas se puede diseñar una manera robusta y sostenible de optimizar la función total del agroecosistema (Figura 1). La integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica (Altieri y Nicholls 1999). A pesar de los vínculos potenciales entre la fertilidad del suelo y la protección de los cultivos, la evolución de los conceptos de manejo integrado de plagas (MIP) y manejo integrado de la fertilidad de los suelos (MIFS) han procedido separadamente (Altieri y Nicholls 2003). Puesto que ya se conoce que muchas prácticas de manejo del suelo influyen en el manejo de plagas, no tiene sentido ecológico continuar con enfoques reduccionistas.

Nuevas investigaciones demuestran que la habilidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plagas y enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo (Van der Putten et ál. 2001, Kumar et ál. 2004, Blouin et ál. 2005). Los suelos con alto contenido de materia orgánica y una gran actividad biológica por lo general exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos

benéficos abundantes que previenen la infección. Por otro lado, las prácticas agrícolas que causan desbalances nutricionales disminuyen la resistencia de las plantas a plagas (Magdoff y Van Es, 2000). Además, estudios recientes han demostrado cómo las interacciones bióticas en el suelo pueden regular la estructura y el funcionamiento de las comunidades de plantas encima de este (Wardle et ál. 2004). Así, los componentes de un agroecosistema debajo del suelo pueden ser manejados a través de una serie de prácticas usadas en la agricultura orgánica, ejerciendo un impacto sustancial en la dinámica de las plagas (Altieri y Nicholls 2003). A pesar de que la presión de las plagas es menor en los sistemas orgánicos como resultado del uso de rotaciones y la conservación de la fauna benéfica, dado que no usan pesticidas (Lampkin 1990), hay nuevas evidencias que sugieren que las poblaciones de plagas se pueden reducir aún más al mejorar la biología y la fertilidad de los suelos.

Suelos saludables-plantas saludables

Una forma en la cual el manejo de la fertilidad del suelo puede reducir directamente la susceptibilidad de las plantas a las plagas es a través de su influencia sobre la salud de aquellas (Phelan et ál. 1995). Muchos investigadores y también agricultores han observado que las prácticas de fertilidad que incrementan y mantienen altos contenidos de materia orgánica y que incrementan los niveles de diversidad de la macro y microfauna del suelo proveen

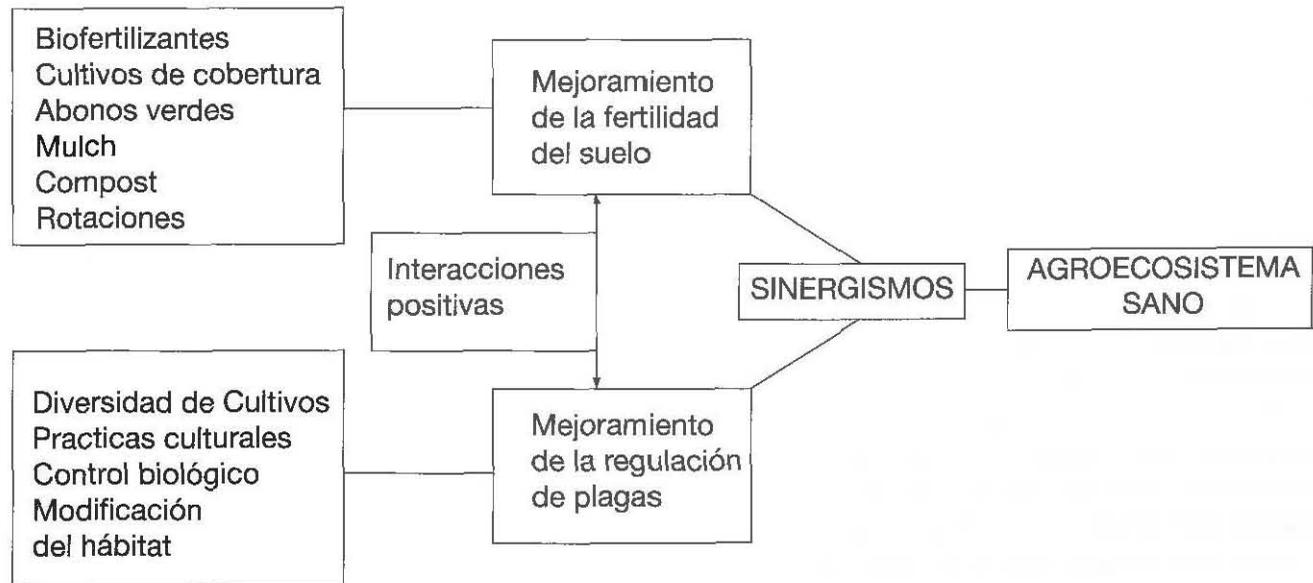


Figura 1. Sinergismos potenciales entre la fertilidad de suelos y el manejo ecológico de plagas.

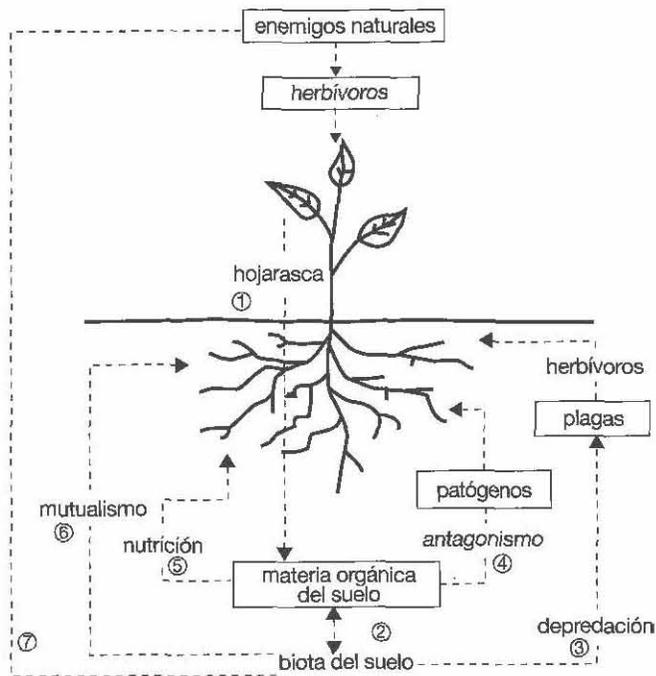


Figura 2. Vías complejas en las cuales la biodiversidad sobre y bajo el suelo interactúa en el agroecosistema: (1) residuos del cultivo incrementan el contenido de materia orgánica (SOM); (2) el SOM provee el sustrato para la micro, meso y macro fauna del suelo; (3) los depredadores edáficos reducen las plagas del suelo; (4) el SOM incrementa los antagonistas que suprimen patógenos del suelo; (5) mineralización lenta de C y N que activa genes que promueven la tolerancia de cultivos a enfermedades; (6) mutualistas incrementan la fijación de N, toma de P, eficiencia en el uso del agua, etc.; (7) ciertos invertebrados (*Collembola* y detritívoros) sirven de alimento alternativo a enemigos naturales en épocas de escasez de plagas.

un ambiente que, a través de varios procesos, mejora la salud de la planta (McGuinness 1993). Como se discutió anteriormente, la resistencia o tolerancia de las plantas a enfermedades e insectos plagas parece estar estrechamente relacionada a varias propiedades del suelo.

Gran parte de lo que hoy en día conocemos acerca de la relación entre la nutrición de las plantas y la incidencia de plagas proviene de estudios comparativos de los efectos de las prácticas de la agricultura orgánica y los métodos usados en la agricultura convencional sobre poblaciones de plagas específicas (Altieri y Nicholls 2003). Las prácticas para mejorar la fertilidad de los suelos pueden impactar directamente la susceptibilidad fisiológica del cultivo a los insectos plaga, ya sea afectando la resistencia al ataque de las plantas individuales o al alterando la susceptibilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Barker 1975; Scriber 1984). Algunos estudios han mostrado que el cambio de un manejo orgánico del suelo hacia el uso de fertilizantes químicos ha incrementado el potencial de

ciertos insectos plaga y enfermedades. Un hallazgo clave que ha contribuido a construir una base científica para un mejor entendimiento de las relaciones entre la salud de la planta y la fertilidad del suelo fue encontrado en un estudio realizado por científicos del USDA Beltsville Agricultural Research Center (Kumar et ál. 2004), quienes mostraron una base molecular que explica el retardo de la senescencia de las hojas y el incremento de la tolerancia a enfermedades en plantas de tomate bajo una cobertura de *mulch* de una leguminosa (*Vicia* sp.) como sistema de cultivo alternativo, cuando se comparaba con el mismo cultivo convencional bajo una cobertura de polietileno negro. Probablemente dada la liberación de metabolitos de carbono y N de *Vicia* y su descomposición lenta, las plantas bajo la cobertura mostraron una expresión diferente de genes selectos, los cuales promovieron una mayor utilización y movilización del C y el N, promoviendo de esta forma una mayor defensa contra enfermedades y mejorando la longevidad del cultivo. Estos resultados confirman que en la producción de tomate intensivo convencional, el uso de leguminosas como cultivo de cobertura ofrece mayores ventajas como alternativa biológica a los fertilizantes comerciales, además de minimizar la erosión y la pérdida de nutrientes, mejorar la infiltración del agua, reducir la escorrentía y crear una mayor relación “natural” entre depredador y presa.

Interacciones entre la biodiversidad por encima y debajo del suelo

Las plantas funcionan en un ambiente complejo multitrófico y nutritivo. Sin embargo, como discutieron Van der Putten et ál. (2001), la mayoría de los estudios multitróficos se concentran casi exclusivamente en las interacciones encima del suelo, olvidando que la biota edáfica y los organismos que se encuentran encima del suelo (cultivos, insectos, etc.) interactúan en redes tróficas complejas (Figura 2). Varios estudios demuestran que la interdependencia entre la dinámica de la población de herbívoros encima y debajo del suelo y sus enemigos naturales asociados está mediada por respuestas de defensa de diferentes compartimentos de las plantas (encima y debajo del suelo) (Altieri et ál. 2005). Debido a que las defensas químicas de las plantas pueden interactuar de diferentes formas contra los herbívoros y patógenos, un herbívoro de las raíces, por ejemplo, puede inducir la producción de compuestos de defensa en las hojas (Wardle et ál. 2004). No obstante, como argumentan también Van der Putten et ál. (2001), las interacciones entre los compartimientos por debajo y por encima del suelo son aun más complejas. De hecho, la producción de defensas por parte de las plantas —tanto directas como

indirectas— depende de los nutrientes disponibles para las raíces. La evidencia de la existencia de estas interacciones es cada vez mayor.

Un estudio reciente sugiere que la actividad de los organismos por debajo del suelo puede afectar el fenotipo de la planta, induciendo la tolerancia a herbívoros y patógenos (Blouin et ál. 2005). Este estudio demostró una disminución del 82% en la infección por nematodos cuando hubo presencia de lombrices de tierra. Aunque estas no ejercían un efecto directo sobre la población de nematodos, la biomasa de las raíces no fue afectada por nematodos y no ocurrió la esperada inhibición de la fotosíntesis. Aparentemente, la presencia de lombrices en la rizosfera induce cambios sistémicos en la expresión de ciertos genes de la planta, lo cual conduce a un incremento en la actividad fotosintética y a una mayor concentración de clorofila en las hojas (Blouin et ál. 2005). Este estudio sugiere posibilidades interesantes, pero obviamente se requiere investigar mucho más acerca del tema para poder afirmar que la presencia de organismos en el suelo puede inducir mecanismos de defensa contra plagas en las plantas.

Las comunidades por encima del suelo son afectadas directa e indirectamente por interacciones con los organismos de la red trófica del suelo (Wardle et ál. 2004). Las actividades alimenticias de los detritívoros en la red trófica estimulan el movimiento de nutrientes, la adición de nutrientes por las plantas, y el funcionamiento de estas, y es así como influyen indirectamente sobre los insectos que se alimentan de cultivos. Estudios en arroz irrigado en Asia mostraron que la adición de materia orgánica en parcelas experimentales incrementó las poblaciones de detritívoros, los cuales a su vez fomentaban la abundancia de depredadores generalistas encima del suelo (Settle et ál. 1996). En varios cultivos, los insectos del suelo, como *Collembola*, pueden servir como presa alternativa para depredadores como los carabidos cuando los insectos plaga en estos cultivos son escasos (Bilde et ál. 2000).

Por otro lado, la biología del suelo ejerce un efecto directo en las plantas, cuando al alimentarse a través de las raíces estas establecen relaciones mutualistas o antagónicas con organismos del suelo, como las micorrizas. Estas interacciones directas con plantas influyen no solo en el comportamiento de las plantas hospederas, sino también en el de los herbívoros y sus depredadores potenciales. Vestergard et ál. (2004) encontraron que las interacciones entre áfidos y los organismos de la rizosfera estaban influenciadas por el desarrollo de la planta y el estatus de los nutrientes en el suelo. Este es uno de los pocos estudios agrícolas que reportan que las biotas por encima y debajo

del suelo son capaces de influenciarse mutuamente con la planta como ente mediador.

Fertilidad de los suelos y resistencia de las plantas a los insectos plaga

La resistencia de las plantas a los ataques de insectos plaga varía con la edad o el estado de crecimiento de la planta (Slansky 1990), lo cual sugiere que la resistencia está directamente ligada a la fisiología de la planta. Por ello, cualquier factor que afecte la fisiología de la planta (p. ej., la fertilización) puede en potencia cambiar su resistencia a los insectos plaga. Se ha demostrado que la fertilización afecta las tres categorías de resistencia propuestas por Painter (1951): preferencia, antibiosis y tolerancia. Además, las respuestas morfológicas obvias de los cultivos a los fertilizantes, tales como cambios en las tasas de crecimiento, madurez acelerada o retardada, tamaño de algunas partes de la planta y dureza o debilidad de la cutícula, también pueden influir indirectamente en el éxito de los insectos plaga. Por ejemplo, Adkisson (1958) reportó aproximadamente tres veces más larvas de *Anthonomus grandis* en algodón que recibió dosis altas de fertilizantes comparado con sistemas sin fertilización. Klostermeyer (1950) observó que la fertilización nitrogenada incrementó el grosor de la mazorca en maíz dulce, lo cual redujo las infestaciones por *Heliothis zea*. Hagen y Anderson (1967) observaron que la deficiencia de Zn redujo la pubescencia en las hojas del maíz, lo cual permitió un incremento de la alimentación del crisomélido *Diabrotica virgifera*.

Los efectos de las prácticas de fertilización sobre la resistencia de las plantas al ataque de insectos pueden estar mediados por cambios en los contenidos nutricionales de los cultivos (ver también la sección siguiente). Aplicando cantidades equivalentes de N (100 y 200 mg/maceta), Baker (1975) encontró que la concentración de nitratos en las hojas de espinaca fue mayor cuando las plantas recibían nitrato de amonio que las plantas tratadas con cinco diferentes tipos de fertilizantes orgánicos. En un estudio comparativo de fincas orgánicas y convencionales en el mediooeste de los Estados Unidos, Lockeretz et ál. (1981) encontraron que el maíz orgánico tenía niveles más bajos de todos los aminoácidos (excepto metionina) que el maíz de fincas convencionales. Eggert y Kahrmann (1984) también demostraron que los frijoles de fincas convencionales presentaban más proteínas que los de fincas orgánicas. Se encontró que los frijoles convencionales exhibían altos niveles de N en el tejido del peciolo. Los niveles de potasio y fósforo, sin embargo, eran más altos en los peciolos de los frijoles orgánicos que en los

convencionales. En un estudio comparativo de largo plazo de los efectos de la fertilización orgánica y sintética en el contenido nutricional de cuatro hortalizas (espinaca, papa, zanahoria y savoy), Schuphan (1974) encontró que, en comparación con cultivos convencionales, las hortalizas orgánicas contenían niveles bajos de nitratos y niveles altos de potasio, fósforo y hierro.

La investigación demuestra que la fertilidad del suelo puede influir en la habilidad de un cultivo para contrarrestar el ataque de plagas usando diferentes vías. Aunque algunos estudios parecen indicar ausencia de respuesta por insectos picadores o masticadores a la aplicación de fertilizantes (Jansson y Smilowitz 1985), otros (Meyer 2000) sugieren que la disponibilidad de nutrientes en el suelo no solo afecta la cantidad de daño causado por herbívoros, sino también la habilidad de las plantas para recuperarse de la defoliación. El estudio de Meyer (2000) describió los efectos de la fertilidad del suelo sobre el grado de defoliación, así como la compensación de las plantas de *Brassica nigra* como respuesta al daño causado por las larvas de *Pieris rapae*. En este estudio, el porcentaje de defoliación fue dos veces mayor en plantas en suelos con baja fertilización que con alta. Tanto a niveles altos como bajos de fertilidad, el número total de semillas y el promedio de producción de semillas en plantas dañadas fue equivalente a aquellas que no presentaron daño.

Efectos indirectos del N del suelo sobre el daño causado por artrópodos

El N total ha sido considerado un factor nutricional crítico que media la abundancia y el comportamiento de los insectos (Mattson 1980, Scriber 1984, Slansky y Rodriguez 1987). La mayoría de los estudios reportan incrementos dramáticos en el número de áfidos y ácaros en respuesta al incremento de las tasas de fertilización nitrogenada. De acuerdo con Van Emden (1966), el incremento en las tasas de fecundidad y desarrollo del áfido verde de *Myzus persicae* estaba altamente relacionado con el incremento en los niveles de N soluble en los tejidos de la hoja. Varios otros autores también han indicado el incremento de las poblaciones de áfidos y ácaros con la fertilización nitrogenada (Scriber 1984, Luna 1988). Los insectos herbívoros asociados a cultivos del género *Brassica* exhiben un incremento en sus poblaciones como respuesta a los incrementos en los niveles de N en el suelo (Letourneau 1988). En dos años de estudio, Brodbeck et ál. (2001) encontraron que las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* fueron significativamente más grandes en tomates que recibieron altas tasas de fertilización nitrogenada. Otras poblaciones de insectos que exhiben los mismos patrones

de incremento con la fertilización nitrogenada incluyen *Spodoptera frugiperda* y *Ostrinia nubilalis* en maíz, *H. zea* en algodón, *Pseudococcus comstocki* en manzano, y *Psylla pyricola* en pera (Luna 1988).

Como las plantas son un recurso alimenticio para los insectos herbívoros, un incremento en el contenido de nutrientes de la planta puede tornarlas más apetecibles como recurso alimenticio para las poblaciones de plagas. Las variaciones en la respuesta de los herbívoros a los nutrimentos pueden estar explicadas por diferencias en su comportamiento alimenticio (Pimentel y Warneke 1980). Por ejemplo, con el aumento de las concentraciones de N en plantas de *Larrea tridentata* se encontró un incremento de los insectos chupadores, sin embargo el número de insectos masticadores decreció. Es posible que con altos niveles de fertilización nitrogenada aumente la cantidad de compuestos secundarios que pueden afectar selectivamente a los diferentes herbívoros, en particular, inhibidores de la digestión de proteínas que tienden a acumularse en las vacuolas celulares pueden afectar negativamente a insectos herbívoros masticadores (Mattson 1980).

Tras revisar 50 años de investigación que relaciona la nutrición de los cultivos con el ataque de insectos, Scriber (1984) encontró 135 casos que mostraban un incremento en el daño y/o el crecimiento poblacional de insectos masticadores de hoja o ácaros en sistemas de cultivos fertilizados con N, y menos de 50 casos donde el daño por herbívoros se redujo. Estos estudios sugieren una hipótesis con implicaciones para el patrón de uso de fertilizantes en agricultura: las dosis altas de N pueden resultar en niveles elevados de daño por herbívoros en los cultivos. Como corolario, podría esperarse que los cultivos bajo fertilización orgánica sean menos propensos a los insectos plagas y enfermedades, dadas las menores concentraciones de N en sus tejidos. Por su parte, Letourneau (1988) preguntó si esta hipótesis "N-daño" basada en la revisión de Scriber puede extrapolarse para ser advertencia general acerca de la fertilización asociada al ataque de insectos plaga en los agroecosistemas. Letourneau revisó 100 estudios de artrópodos y encontró que dos tercios (67 de 100) de ellos reportaron un incremento en el desarrollo, supervivencia, tasa reproductiva, densidades de población o niveles de daño de las plagas como respuesta al incremento del fertilizante nitrogenado. El tercio restante de los estudios mostraron una disminución en el daño con la fertilización nitrogenada o no mostraron un cambio significativo. La autora nota también que los diseños experimentales pudieron haber afectado el tipo de respuestas observadas.

Encuestas llevadas a cabo en Patzun, Guatemala, revelaron que los agricultores indígenas entrevistados no

reconocieron los insectos herbívoros como un problema en sus milpas de maíz intercalado con frijol, habas (*Vicia fava*) y/o calabaza (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*) (Morales et ál. 2001). Los agricultores atribuyeron esta ausencia de plagas a las medidas preventivas incorporadas dentro de las prácticas agrícolas, incluyendo las técnicas de manejo orgánico del suelo. Los agricultores de Patzun mezclan las cenizas, los desechos de la cocina, los residuos de cosecha, las malezas y el estiércol para producir compost. Sin embargo, desde 1960 en adelante, los fertilizantes sintéticos fueron introducidos en la región y fueron rápidamente adoptados en el área. Hoy en día, la mayoría de los agricultores han reemplazado los fertilizantes orgánicos con urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), a pesar de que algunos reconocen las consecuencias negativas del cambio —mayores costos de producción y dependencia de insumos externos— y han observado un incremento de las plagas en sus milpas desde la introducción de los fertilizantes sintéticos.

En ese mismo estudio en Guatemala, Morales et ál. (2001) encontraron que los campos tratados con fertilizantes orgánicos (aplicados por dos años) presentaban menos áfidos (*Rhopalosiphum maidis*) que el maíz tratado con fertilizantes sintéticos. Esta diferencia fue atribuida a una alta concentración de N foliar en los campos de maíz con fertilización sintética, aunque la población de *Spodoptera frugiperda* mostró una correlación negativa débil con el incremento en los niveles de N.

Dinámica de los insectos herbívoros en sistemas con fertilización orgánica

La menor abundancia de varios insectos herbívoros en sistemas manejados con pocos insumos ha sido atribuida al bajo contenido de N de las plantas bajo manejo orgánico (Lampkin 1990). Además, los métodos agrícolas que utilizan fertilización orgánica del suelo promueven la conservación de especies de artrópodos de todos los grupos funcionales, e incrementan la abundancia de enemigos naturales en comparación con las prácticas convencionales (Moreby et ál. 1994, Basedow 1995, Drinkwater et ál. 1995, Pfiffner y Niggli 1996, Berry et ál. 2002, Hole et ál. 2005). Esto sugiere que la reducción de las poblaciones de plagas en sistemas orgánicos es una consecuencia tanto de los cambios nutricionales inducidos en el cultivo por la fertilización orgánica como del incremento de los controles naturales de plagas. Cualquiera que sea la causa, existen muchos ejemplos en los cuales se han documentado poblaciones reducidas de insectos herbívoros en sistemas de bajos insumos, con una variedad de mecanismos posibles.

En Japón, la densidad del cicadélido *Sogatella furcifera* en campos de arroz fue significativamente menor, y la tasa reproductiva de las hembras adultas y la tasa de supervivencia de los estados inmaduros fue generalmente menor en sistemas orgánicos que en sistemas convencionales. En consecuencia, la densidad de ninfas y adultos del cicadélido de las generaciones siguientes era menor en los campos de arroz orgánico (Kajimura 1995). En Inglaterra, sistemas de trigo convencional presentaron altas infestaciones del áfido *Metopolophium dirhodum* comparados con sistemas de trigo orgánico. Los sistemas de trigo con fertilización convencional también presentaron altos niveles de aminoácidos libres en las hojas durante el mes de junio, lo cual fue atribuido a la aplicación de N temprano en la estación (abril). Sin embargo, la diferencia en las infestaciones de áfidos entre los dos tipos de sistemas fue atribuida a la respuesta de aquellos a las proporciones relativas de ciertas sustancias no proteicas vs. proteicas presentes en las hojas en el momento de la colonización por los áfidos (Kowalski y Visser 1979). Los autores concluyeron que la fertilización química tornó el trigo más atractivo que su contraparte cultivada orgánicamente.

En experimentos bajo invernadero que comparaban maíz cultivado en suelos orgánicos con maíz cultivado en suelo fertilizado con químicos, se observó que cuando se liberaban las hembras del barrenador del tallo del maíz *Ostrinia nubilalis* para que ovipositaran, colocaban más huevos en las plantas fertilizadas químicamente que en las cultivadas en suelo orgánico (Phelan et ál. 1995). Empero, esta variación se manifestó solamente cuando el maíz crecía en recipientes con suelos recolectados de fincas manejadas convencionalmente. En contraste, la postura de huevos fue uniformemente baja en plantas que crecían en recipientes con suelos recolectados de fincas bajo manejo orgánico. Los resultados obtenidos en las fincas mostraron que la postura de huevos fue aproximadamente 18 veces mayor en las plantas bajo suelo manejado convencionalmente que entre las plantas bajo un régimen orgánico. Los autores sugieren que esta diferencia es evidencia de una característica biológica amortiguante que se manifiesta más comúnmente en suelos manejados orgánicamente.

Altieri et ál. (1998) condujeron una serie de experimentos comparativos durante varias estaciones de crecimiento, en los cuales el cultivo de brócoli fue sujeto a varios regímenes de fertilización (convencional versus orgánica). El objetivo fue observar los efectos de diferentes fuentes de N sobre la abundancia de las plagas *Brevicoryne brassicae* y *Phyllotreta cruciferae*. Los sistemas de monocultivo fertilizados convencionalmente desarrollaron mayores infestaciones de *P. cruciferae* y del

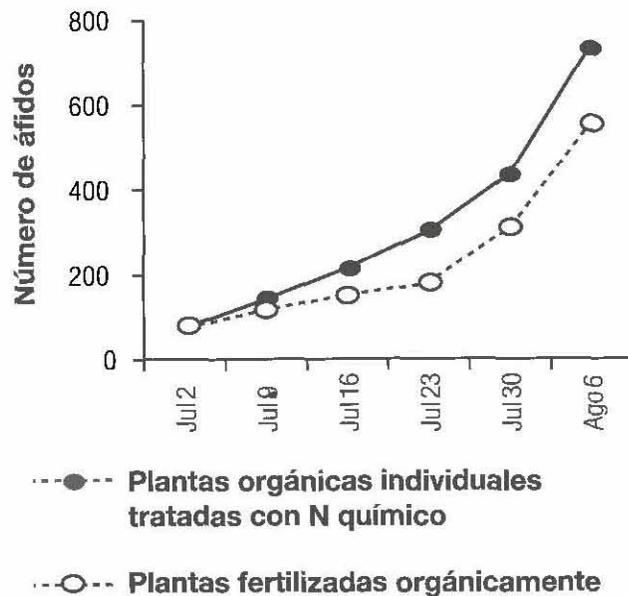


Figura 3. Respuesta de la población de áfidos al tratamiento de plantas individuales de brócoli con fertilizantes nitrogenado en un campo manejado orgánicamente en Albany, California. (Altieri, datos inéditos).

áfido de las coles que los sistemas de brócoli fertilizados orgánicamente. La reducción en las infestaciones de áfidos y de *P. cruciferae* en los sistemas fertilizados orgánicamente fue atribuida a los bajos niveles de N libre en el follaje de estas plantas. Las aplicaciones de N químico a plantas individuales de brócoli seleccionadas al azar en un campo orgánico incrementaron las poblaciones de áfidos en estas plantas pero no en las plantas vecinas, que habían sido fertilizadas orgánicamente (Figura 3). El hecho de que estos insectos sean capaces de discriminar unas pocas plantas fertilizadas químicamente en un campo orgánico apoyan la idea de que la preferencia de los insectos plaga puede ser modificada por las alteraciones en el tipo y cantidad de fertilizante usado.

En contraste, un estudio que comparó la respuesta de las plagas de *Brassica* a la fertilización orgánica con la fertilización sintética encontró altas poblaciones de *Phyllotreta* sp. en sistemas de *Brassica oleracea* fertilizados con compost al inicio de la época de siembra en comparación con sistemas con fertilización mineral o sin fertilización (Cullinery and Pimentel 1986). Sin embargo, más adelante en la estación, en los mismos lotes, los niveles poblacionales de *Phyllotreta* sp., áfidos y lepidópteros fueron menores en los lotes orgánicos. Esto sugiere que el efecto del tipo de fertilización varía con el estado de crecimiento de la planta, y que el fertilizante orgánico no necesariamente disminuye las poblaciones de plagas a lo largo de toda la estación. Por ejemplo, en una

evaluación de productores de tomate en California, a pesar de las diferencias pronunciadas en la calidad de la planta determinada por contenidos diferenciales de N en las hojas y el tallo, Letourneau et ál. (1996) no encontraron relación entre altos niveles de concentración de N en los tejidos del tomate y altos niveles de daño en el momento de la cosecha.

Conclusiones

El manejo de la fertilidad del suelo puede influenciar la calidad de las plantas, la cual a su vez puede afectar la abundancia de insectos plaga y los niveles subsecuentes de daño por herbívoros. La aplicación de enmiendas minerales en los cultivos puede influir en la oviposición, tasas de crecimiento, supervivencia y reproducción de insectos que usan estas plantas como hospederas (Jones 1976). Aunque se requiere de más investigación, las evidencias preliminares sugieren que las prácticas de fertilización pueden afectar la resistencia relativa de los cultivos agrícolas a los insectos plaga. El incremento de los niveles de N soluble en el tejido de las plantas puede reducir la resistencia a las plagas, aunque es posible que este no sea un fenómeno universal (Phelan et ál. 1995).

Los fertilizantes químicos pueden influenciar dramáticamente el balance de elementos nutricionales en las plantas, y es probable que su uso excesivo incremente los desbalances nutricionales, lo cual a su vez reduce la resistencia a insectos plaga. En contraste, las prácticas de fertilización orgánica promueven el incremento de la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana, así como una liberación gradual de nutrientes a la planta, permitiendo en teoría que las plantas deriven una nutrición más balanceada. Así, aunque la cantidad de N inmediatamente disponible para el cultivo puede ser menor bajo fertilización orgánica, el estado total de la nutrición del cultivo puede ser mejor. Las prácticas de fertilización orgánica pueden también proporcionar microelementos en ocasiones ausentes de las fincas convencionales, que dependen principalmente de fuentes artificiales de N, P y K. Una fertilización óptima, que provea un balance de elementos, puede estimular la resistencia al ataque de insectos (Luna 1988). Las fuentes orgánicas de N pueden permitir una mayor tolerancia al daño vegetativo porque la liberación de este elemento es más lenta, a lo largo de varios años.

Phelan et ál. (1995) enfatizan la necesidad de considerar otros mecanismos cuando se examinan los vínculos entre el manejo de la fertilidad y la susceptibilidad de los cultivos a los insectos plaga. Sus estudios demuestran que la preferencia de oviposición de los insectos defoliadores

puede estar mediada por diferencias en el manejo de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, los bajos niveles de la plaga ampliamente reportados en los sistemas orgánicos pueden deberse en parte a la resistencia de las plantas a las plagas mediada por diferencias bioquímicas o de nutrientes minerales en los cultivos bajo tales prácticas de manejo. Estos resultados proveen una evidencia interesante para apoyar la idea de que el manejo prolongado de la materia orgánica del suelo puede inducir una mayor resistencia de las plantas a los insectos plaga. Esta visión es corroborada por investigaciones recientes sobre la relación entre los componentes del ecosistema por encima y debajo del suelo que sugieren que la actividad biológica del suelo es probablemente más importante de lo que se suele creer para determinar la respuesta de plantas individuales a factores de estrés como la presión por plagas (Blouin et ál. 2005), y que esta respuesta al estrés está mediada por una serie de interacciones (Figura 2). Estos hallazgos están mejorando nuestro entendimiento del rol de la biodiversidad en la agricultura y de las relaciones ecológicas entre los componentes biológicos que se encuentran por encima y abajo del suelo. Tal entendimiento constituye un paso clave hacia la construcción de una estrategia innovadora de manejo ecológico de plagas que combine la diversificación de cultivos y el manejo orgánico del suelo.

Literatura citada

- Adkisson, PL. 1958. The influence of fertilizer applications on population of *Heliothis zea* and certain insect predators. *Journal of Economic Entomology* 51:757-759.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems *In* Biodiversity in Agroecosystems. Collins, WW; Qualset, CO. eds. Boca Raton, US, CRC Press. p. 69-84.
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72:203.
- Altieri, MA; Schmidt, LL; Montalba, R. 1998. Assessing the effects of agroecological soil management practices on broccoli insect pest populations. *Biodynamics* 23-26.
- Altieri, MA; Ponti, L; Nicholls, CI. 2005. Enhanced pest management through soil health: toward a blowground habitat management strategy. *Biodynamics* 253:33-40.
- Barker, A. 1975. Organic vs. inorganic nutrition and horticultural crop quality. *HortScience* 12-15.
- Basedow, T. 1995. Insect pests: their antagonists and diversity of the arthropod fauna in fields of farms managed at different intensities over a long term - a comparative survey. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 10:565-572.
- Berry, NA; Wratten, SD; McErlich, A; Frampton, C. 1996. Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and organic carrot crops in New Zealand. *New Zealand Journal of Crops and Horticultural Sciences* 24:307-313.
- Bilde, T; Axelsen, JA; Toft, S. 2000. The value of Collembola from agricultural soils as food for a generalist predator. *Journal of Applied Ecology* 37:672-683.
- Blouin, M; Zuily-Fodil, Y; Pham-Thi, A-T; Laffray, D; Reversat, G; Pando, A; Tondoh, J; Lavelle, P. 2005. Belowground organism activities affect plant aboveground phenotype, inducing plant tolerance to parasites 8:202-208.
- Brodbeck, B; Stavisky, J; Funderburk, J; Andersen, P; Olson, S. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99:165-172.
- Culliney, T; Pimentel, D. 1986. Ecological effects of organic agricultural practices in insect populations. *Agric. Ecosyst. Environ.* 253-256.
- Drinkwater, LE; Letourneau, DK; Workneh, F; van Bruggen, AHC. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agro-ecosystems in California. *Ecological Applications* 5:1098-1112.
- Eggert, FP; Kahrmann, CL. 1984. Responses of three vegetable crops to organic and inorganic nutrient sources *In* Organic farming: current technology and its role in sustainable agriculture. Madison, US, American Society of Agronomy. Pub. No. 46. p. 79-86.
- Hagen, AF; Anderson, FN. 1967. Nutrient imbalance and leaf pubescence in corn as factors influencing leaf injury by the adult western corn rootworm. *Journal of Economic Entomology* 60:1071-77.
- Hole, DG; Perkins, AJ; Wilson, JD; Alexander, IH; Grice, PV; Evans, AD. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122:113-130.
- Jansson, RK; Smilowitz, Z. 1985. Influence of nitrogen on population parameters of potato insects: Abundance, development and damage of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 14:500-506.
- Jones, FGW. 1976. Pests, resistance, and fertilizers. *In* Fertilizer use and plant health. Colloquium of the International Potash Institute (12, 1976, Bern, Suiza). Proceedings. p. 121-129.
- Kajimura, T. 1995. Effect of organic rice farming on planthoppers: Reproduction of white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae). *Res. Popul. Ecol.* 37:219-224.
- Klostermeyer, EC. 1950. Effect of soil fertility on corn earworm damage. *Journal of Economic Entomology* 43:427-429.
- Kowalski, R; Visser, PE. 1979. Nitrogen in a crop-pest interaction: cereal aphids *In* Lee, JA. ed. Nitrogen as an ecological parameter. Oxford, UK, Blackwell Scientific Pub. p. 67-74.
- Kumar, V; Mills, DJ; Anderson, JD; Mattoo, AK. 2004. An alternative agriculture system is defined by a distinct expression profile of select gene transcripts and proteins. *PNAS* 101:10535-10540.
- Lampkin, N. 1990. *Organic Farming*. Ipswich, UK, Farming Press Books. . 300-302.
- Letourneau, DK. 1988. Soil management and pest control: a critical appraisal of the concepts. *In* Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. International Science Conference of IFOAM (6, Santa Cruz, CA, US). Proceedings. p. 581-587.
- Letourneau, DK; Drinkwater, LE; Shennon, C. 1996. Effects of soil management on crop nitrogen and insect damage in organic versus conventional tomato fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* 57:174-187.
- Letourneau, DK; Goldstein, BP. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology* 38:557-450.

- Lockeretz, W; Shearer, G; Kohl, DH. 1981. Organic farming in the corn belt. *Science* 211:540-547.
- Luna, JM. 1988. Influence of soil fertility practices on agricultural pests. *In* Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. International Science Conference of IFOAM (6, Santa Cruz, CA, US). Proceedings. p. 589-600.
- Mäder, P; Fliessbach, A; Dubois, D; Gunst, L; Fried, P; Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296:1694-1697.
- Magdoff, F; van Es, H. 2000. Building soils for better crops. Washington, DC, US, SARE. p. 63-77.
- Mattson, WJ. Jr. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:119-161.
- McGuinness, H. 1993. Living soils: sustainable alternatives to chemical fertilizers for developing countries. New York, US, Consumers Policy Institute. p. 88-107.
- Meyer, GA. 2000. Interactive effects of soil fertility and herbivory on *Brassica nigra*. *Oikos* 22:433-441.
- Morales, H; Perfecto, I; Ferguson, B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 84:145-155.
- Moreby, SJ; Aebischer, NJ; Southway, SE; Sotherton, NW. 1994. A comparison of flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England. *Annals of Applied Biology* 12:13-27.
- Nicholls, CI; Altieri, MA. 2005. Designing and implementing a habitat management strategy to enhance biological pest control in agroecosystems. *Biodynamics* 251:26-36.
- Painter, RH. 1951. Insect resistance in crop plants. Lawrence, KS, University of Kansas Press. p. 123-165.
- Pfiffner, L; Niggli, U. 1996. Effects of biodynamic, organic and conventional farming on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and other epigeic arthropods in winter wheat. *Biological Agriculture and Horticulture* 12:353-364.
- Phelan, PL; Mason, JF; Stinner, BR. 1995. Soil fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on *Zea mays*: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecosyst. and Env.* 56:1-8.
- Pimentel, D; Warneke, A. 1989. Ecological effects of manure, sewage sludge and other organic wastes on arthropod populations. *Agricultural Zoology Reviews* 3:1-30.
- Schuphan, W. 1974. Nutritional value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments: results of 12 years' experiments with vegetables (1960-1972). *Qual. Plant Plant Foods Human Nutr.* 23:333-358.
- Scriber, JM. 1984. Nitrogen nutrition of plants and insect invasion *In* Hauck, RD. ed. Nitrogen in crop production. Madison, WI, US, American Society of Agronomy. p. 134-142.
- Settle, WH; Ariawan, H; Astuti, ET; Cahyana, W; Hakim, AL; Hindayana, D; Lestari, AS. 1996. Managing Tropical Rice Pests Through Conservation of Generalist Natural Enemies and Alternative Prey. *Ecology* 77:1975-1988.
- Slansky, F. 1990. Insect nutritional ecology as a basis for studying host plant resistance. *Florida Entomologist* 73:354-378.
- Slansky, F; Rodriguez, JG. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. New York, US, Wiley. p. 204-209.
- Van der Putten, WH; Vet, LEM; Harvey, JA; Wackers, FL. 2001. Linking above- and belowground multitrophic interactions of plants, herbivores, pathogens, and their antagonists. *Trends in Ecology & Evolution* 16:547-554.
- Van Emden, HF. 1966. Studies on the relations of insect and host plant. III. A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on brussels sprout plants supplied with different rates of nitrogen and potassium. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 9:444-460.
- Vestergard, M; Bjornlund, L; Christensen, S. 2004. Aphid effects on rhizosphere microorganisms and microfauna depend more on barley growth phase than on soil fertilization. *Oecologia* 141:84.
- Wardle, DA; Bardgett, RD; Klironomos, JN; Setälä, H; van der Putten, WH; Wall, DH. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304:1629-33.

Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV)

A. Abdelnour-Esquivel¹
L.C. Bermudez²
S. Alvarenga³
C. Rivera⁴

RESUMEN. Recientemente se identificó en Costa Rica una nueva enfermedad viral en chayote, denominada "virus del mosaico del chayote" (ChMV, *Chayote mosaic virus*). Además de disminuir los rendimientos, esta enfermedad causa reducciones y malformación de los frutos, lo que eventualmente podría incidir en el incremento de frutos rechazados para la exportación. La enfermedad puede ser transmitida durante la propagación vegetativa y por la semilla. El cultivo de meristemas se utiliza en muchas especies para la erradicación de virus y restaurar la sanidad de los materiales para la producción. La termo y la quimioterapia son técnicas que solas o en combinación con el cultivo de meristemas también se utilizan para este fin. El objetivo del presente estudio fue establecer una metodología que permitiera la regeneración de plantas a partir del cultivo de meristemas de chayote y evaluarla como medio para la limpieza del virus del mosaico del chayote en plantas infectadas. Para estas pruebas se utilizaron dos tamaños de explante y se evaluó el efecto de varios reguladores de crecimiento adicionados al medio de cultivo Murashigue y Skoog sobre la formación de plántulas. En los clones evaluados, la adición de 0,10 mg L⁻¹ de BA promovió el mayor porcentaje de regeneración de plántulas en los dos tipos de explantes utilizados. La termo y quimioterapia aplicadas a vitroplantas y meristemas, respectivamente, afectaron negativamente el desarrollo de los explantes y no permitieron su regeneración. Con la incubación de brotes de chayote en Ribavirina® (virazol) se logró la erradicación del virus, pero las plántulas regeneradas mostraron poco crecimiento, amarillamiento y poco o ningún desarrollo de raíces. Los resultados obtenidos en esta experiencia parecen indicar que el cultivo del domo apical de las plantas infectadas es la práctica más recomendable para lograr la regeneración de plantas libres del ChMV.

Palabras clave: Cucurbitaceae, erradicación de virus, *Tymovirus*, virazol.

ABSTRACT. Meristem culture, thermo- and chemotherapy to eradicate ChMV in chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.). Recently in Costa Rica a new viral disease was identified in chayote, the Chayote mosaic virus (ChMV). Aside from decreasing productivity, this disease causes a reduction in size and the malformation of fruits, which could eventually increase the percentage of rejected fruits. It can be transmitted during vegetative and seed propagation. Meristem culture is used in many species to eradicate virus and to restore the health of production materials. Thermo and chemotherapy are also techniques that, alone or in combination with meristem culture, are used for the same purpose. In this study we aimed to establish a methodology to allow the regeneration of chayote plants from in vitro cultures of meristems and to evaluate it as a mean to eradicate ChMV from infected plants. Two sizes of explants were evaluated, alongside the effect of several plant growth regulators on plant regeneration. The addition of 0,10 mg L⁻¹ of BA produced the highest percentage of regenerated plants. Thermo and chemotherapy applied to vitroplants and meristems, respectively, negatively affected explant development and no regeneration was obtained from the treated material. Incubation of chayote shoots in virazol allowed virus eradication but regenerated plants showed poor growth, yellowish coloration and little or no root development. We recommend the culture of the apical dome of infected plants as the best technique to regenerate chayote plants free of ChMV.

Keywords: Cucurbitaceae, *Tymovirus*, virazol, virus eradication.

¹ Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. aabdelnour@itcr.ac.cr

² Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

³ Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. salvarenga@itcr.ac.cr

⁴ Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) y Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. crivera@racsa.co.cr

Introducción

La micropropagación permite la multiplicación clonal masiva y rápida de plantas. Por lo general, el proceso se inicia con el establecimiento in vitro de brotes, nudos, segmentos de hoja o raíz y, en algunos casos, de embriones cigóticos (explantes) en condiciones asépticas de cultivo (Villalobos y Thorpe 1991). Gracias a la desinfección superficial de los explantes durante el proceso de establecimiento in vitro y al cultivo en condiciones asépticas en envases cerrados, se obtienen plantas libres de contaminantes externos que puedan causar enfermedades, pero no se asegura que las plantas se encuentren libres de agentes sistémicos como los virus, que también causan pérdida de calidad y reducciones significativas en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, entre las técnicas del cultivo de tejidos vegetales se encuentra el cultivo de meristemas, que se utiliza en muchas especies vegetales para la erradicación de virus (Ashmore 1997). Esta técnica se fundamenta en que la distribución de los virus no es uniforme y que su concentración tiende a disminuir progresivamente hacia el meristema apical del tallo, donde las células se encuentran en constante y rápida división. Otros métodos como la termo y la quimioterapia, solos o en combinación con el cultivo de meristemas, también se utilizan para el saneamiento de plantas infectadas con virus (Nacimiento et ál. 2003).

Recientemente se reconoció e identificó en plantaciones comerciales de chayote (*Sechium edule*) en Costa Rica una enfermedad viral denominada "mosaico del chayote", causada por el *Chayote mosaic virus* (ChMV). Los síntomas más frecuentemente observados en las plantas infectadas por este virus son manchas y anillos cloróticos, que a menudo se unen para formar mosaicos completos y hojas deformes. También causa reducción en el tamaño y malformación de frutos (Figura 1). El virus fue identificado como miembro del género *Tymovirus*, cuyo genoma consiste de un ARN de cadena simple, de sentido positivo. Su ámbito de hospederos se limita a unos pocos miembros de la familia Cucurbitaceae (Hord et ál. 1997, Bernal et ál. 2000). Además de ser transmitido mecánicamente, se transmite por la semilla (Macaya-Lizano 2000)¹, medio tradicional de propagación de la especie.

Esta investigación se realizó con el fin de establecer una metodología para la regeneración de plantas a partir de meristemas apicales de chayote como medio para erradicar el ChMV en plantas infectadas, así como evaluar la efectividad de la termo y la quimioterapia para el mismo fin.

Materiales y métodos

Recolección del material vegetal

El material vegetal (brotes y frutos) de chayote del tipo quelite fue recolectado de plantaciones comerciales ubicadas en la zona de Ujarrás (aproximadamente a 1000 msnm), cantón de Paraíso, provincia de Cartago, Costa Rica, que mostraban la sintomatología del virus. Estos materiales se llevaron al Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde se realizó la investigación en cultivo in vitro. Los materiales de chayote utilizados se denominaron JM1, JM2, JM3, 13, Infectado 1, Infectado 2, PS1 y PS2 para facilitar el reconocimiento de su procedencia.

Obtención del material vegetal in vitro

Los brotes de chayote del tipo quelite (JM1, JM2, Infectado 1, Infectado 2 y 13) fueron introducidos al cultivo in vitro siguiendo la metodología descrita por Abdelnour et ál. (2002). Después de una desinfección con hipoclorito de calcio (4% i.a.) durante 6 minutos, los explantes fueron enjuagados tres veces con agua destilada estéril y luego establecidos asépticamente en el medio de cultivo descrito por Murashige y Skoog (MS) (1962), con 30 g L⁻¹ de sacarosa y 2,2 g L⁻¹ de Phytigel (medio de cultivo básico). El pH se ajustó a 5,8 antes de la esterilización del medio en autoclave. Para el establecimiento inicial de los brotes el medio fue enriquecido con 0,05 mg L⁻¹ de benciladenina. Para la introducción de embriones cigóticos al cultivo in vitro, se recolectaron frutos de plantas que presentaban la sintomatología típica de infección por el ChMV y se tomaron también hojas y brotes de las plantas con síntomas para comprobar, por medio de la técnica DAS-ELISA, si éstas efectivamente estaban infectadas con el ChMV. Estas plantas fueron identificadas como PS1 y PS2. Los frutos fueron lavados con agua y jabón y las semillas se aislaron cortando el mesocarpo con un cuchillo. Para la desinfección, las semillas se incubaron en una solución de hipoclorito de calcio (6,5% i.a.) durante quince minutos. Después de tres enjuagues con agua destilada estéril y en condiciones asépticas, las semillas fueron cortadas para aislar el eje embrionario y parte de los cotiledones (Alvarenga y Morera 1992). Los embriones aislados fueron colocados en un medio MS complementado con 400 mg L⁻¹ de caseína hidrolizada. Los cultivos se colocaron en el cuarto de crecimiento a una temperatura de entre 20 y 22 °C, una intensidad lumínica de aproximadamente 2000 lux y un fotoperíodo de 16 horas.

¹Macaya Lizano, AV. 2000. San José, CR, CIBCM-Universidad de Costa Rica. (Comunicación personal).

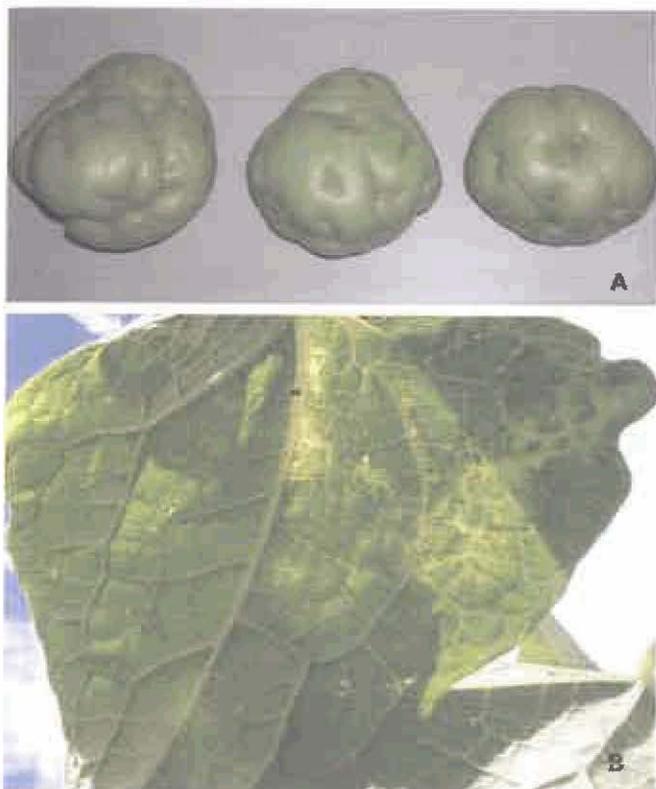


Figura 1. Expresión del Virus del Mosaico del Chayote (ChMV), (A) en frutos y (B) hojas de chayote.

Desarrollo de plántulas a partir de meristemas

Una vez obtenidas las plántulas *in vitro* a partir del material de campo, se procedió a disectar los meristemas con la ayuda de un estereoscopio (el domo con dos primordios foliares, con una longitud de 0,3 a 0,5 mm). Posteriormente fue aislado solo el domo (0,1 a 0,2 mm). Estos explantes fueron inoculados en el medio de cultivo básico enriquecido con los reguladores de crecimiento por evaluar en varias concentraciones: 0,0 a 0,10 mg L⁻¹ de benciladenina (BA), 0,01 a 0,10 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), 0,10 mg L⁻¹ de ácido giberélico (GA₃) y 0,0022 a 0,2200 mg L⁻¹ de zeatina (Zea). Cada tratamiento consistió de 20 meristemas con tres repeticiones por tratamiento.

Termoterapia

Para la termoterapia, se incubaron vitroplantas de chayote (de aproximadamente 35 días de cultivo) a 35 °C y un fotoperíodo de 12 horas luz durante un mes, antes de aislar los meristemas apicales para inducir su regeneración a plántulas.

Quimioterapia

Para evaluar el efecto de la quimioterapia sobre la erradicación del virus, se utilizaron meristemas y brotes apicales aislados de vitroplantas. Al medio de cultivo básico

se adicionó virazol (Ribavirina®, 1-β-D-ribofuranosil-1,2,4-triazole-3-carboxamida) en concentraciones de 40, 60 y 80 mg L⁻¹. Se sembraron 10 meristemas por tratamiento con tres repeticiones por tratamiento. Estos ensayos de cultivo de meristemas fueron evaluados después de 8 a 10 semanas de cultivo. Cuando se utilizaron brotes aislados de vitroplantas, el virazol se adicionó al medio de cultivo en concentraciones de 0, 10, 20 y 40 mg L⁻¹. Para los ensayos con brotes se sembraron 10 brotes por tratamiento con tres repeticiones por tratamiento y el diseño experimental consistió de 120 muestras divididas en cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se analizó un total de ochenta muestras (veinte por cada tratamiento) después de 4 semanas de cultivo. Los cultivos fueron mantenidos en condiciones de 12 horas luz y 23 ± 1 °C.

En todos los casos, la presencia del ChMV se determinó mediante la prueba inmunoenzimática ELISA (Hord et ál. 1997) en el Laboratorio de Virología del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de comparación de medias entre tratamientos (Tukey) cuando se consideró necesario.

Resultados

Desarrollo de plántulas a partir de meristemas

Cuando los meristemas aislados consistieron del domo apical más el par de primordios foliares, se observó que estos regeneraron plántulas aun en el medio sin reguladores de crecimiento (23% de explantes regenerados). Sin embargo, cuando el medio de cultivo básico fue enriquecido con BA en concentraciones de 0,05 y 0,10 mg L⁻¹, el porcentaje de explantes regenerados se incrementó considerablemente y se observó 60% y 85% de plántulas desarrolladas, respectivamente. Al combinarse el BA (0,05 mg L⁻¹ y 0,10 mg L⁻¹) con 0,10 mg L⁻¹ de GA₃, el porcentaje de regeneración de plántulas fue muy similar al observado cuando se utilizó únicamente el BA (Cuadro 1).

Los porcentajes de regeneración de plantas a partir de meristemas aislados de los diferentes materiales de chayote introducidos al cultivo *in vitro* fueron del 68% o mayores cuando se adicionó 0,01 mg L⁻¹ de BA al medio de cultivo, lo que parece indicar que de los tratamientos evaluados, este es el más recomendable para lograr el desarrollo de plántulas a partir de los meristemas.

Al analizar la presencia del ChMV en los diferentes materiales de chayote que regeneraron plántulas a partir de los meristemas se observó que todas las muestras evaluadas

Cuadro 1. Regeneración de plántulas de chayote a partir del cultivo *in vitro* del meristema apical (0,3 a 0,5 mm de longitud)

Tratamiento (mg L ⁻¹)	Plántulas desarrolladas (%)
0 BA	23 c
0,05 BA	60 b
0,10 BA	85 a
0,05 BA + 0,10 GA ₃	62 b
0,10 BA + 0,10 GA ₃	76 ab

Nota: BA = benciladenina; GA₃ = ácido giberélico. Cada experimento consistió de 20 explantes por tratamiento y cada tratamiento fue repetido tres veces. Números seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente.

dieron positivo a la presencia del virus.

Por otra parte, cuando se aislaron y cultivaron únicamente los domos apicales de las vitroplantas (0,1 a 0,2 mm, sin primordios foliares evidentes), se observó que el 86% de estos fueron capaces de regenerar plantas cuando el medio básico fue enriquecido con 0,10 mg L⁻¹ de BA. Porcentajes similares de regeneración de plantas fueron observados con la adición de Zea en concentraciones de 0,0022 mg L⁻¹ (79%), 0,022 mg L⁻¹ (87%) y 0,22 mg L⁻¹ (87%). Aun cuando no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (según prueba de Tukey, $p > 0,05$) entre los tratamientos, en cuanto al porcentaje de plantas regeneradas y el número de nudos/brote al final del período de 9 semanas de cultivo, durante las primeras dos semanas de cultivo, los explantes en las mayores concentraciones de Zea (0,022 y 0,22 mg L⁻¹) mostraron mayor diferenciación y crecimiento (2,8 y 2,5 nudos/brote, respectivamente) que los cultivados en presencia de 0,10 mg L⁻¹ de BA y 0,0022 mg L⁻¹ de Zea (2,1 y 2,0 nudos/brote, respectivamente). Todas las plántulas se mostraron vigorosas y de coloración verde oscuro.

El análisis serológico para detectar la presencia del



Figura 2. Vitroplantas de chayote (A) infectadas por el virus del mosaico de chayote (ChMV), y (B) vitroplanta sana regenerada a partir del cultivo del domo apical.

ChMV en las plántulas de chayote regeneradas a partir del cultivo del domo apical mostró porcentajes relativamente altos de plantas sanas en los diferentes materiales evaluados: 60% en 13, 60% en JM-1 y 33% en Infectado-1.

Termoterapia

Tras incubar las vitroplantas de chayote en condiciones de altas temperaturas durante un mes se observó una fuerte reducción en el crecimiento y el blanqueo de las vitroplantas, y los meristemas apicales aislados no fueron capaces de desarrollarse y murieron a los pocos días.

Quimioterapia

Todas las concentraciones de virazol evaluadas resultaron tóxicas para los meristemas de chayote (sin distinción del tamaño del explante) y no se logró la regeneración de plántulas. Sin embargo, cuando se cultivaron brotes provenientes de plantas de aproximadamente 35 días en cultivo, estos presentaron características diferentes según el tipo de tratamiento al cual fueron sometidas. Para el caso del tratamiento testigo (sin virazol), las vitroplantas presentaron un vigor aceptable, sistema radicular desarrollado y la mayoría de las plantas alcanzaron un tamaño igual o superior a 10 cm (Figura 2). En general, las vitroplantas mostraron hojas cloróticas y mosaicos, en algunas se observó necrosis y muerte de las hojas. Por otra parte, en el tratamiento con 10 mg L⁻¹ de virazol se observó que algunos brotes no lograron formar una planta completa. Aproximadamente el 50% de los brotes en este tratamiento no lograron formar raíces, el tamaño de los brotes alcanzó alrededor de 3 cm. Los síntomas de la enfermedad fueron evidentes en algunas plantas. Cuando el tratamiento consistió de 20 mg L⁻¹ del viricida se observó que la mayoría de las plantas alcanzaron una longitud entre 4 y 10 cm. Cerca del 50% de las vitroplantas en este tratamiento no desarrollaron raíces y todas mostraron hojas cloróticas (Figura 3A). Los brotes establecidos en el tratamiento que consistió de 40 mg L⁻¹ de virazol desarrollaron plántulas con hojas pequeñas, algunas con entrenudos muy cortos y la mayoría de ellas sin sistema radicular. En pocas plantas se notó la presencia de los síntomas de la enfermedad. En algunos brotes la presencia de hojas amarillentas fue evidente (Figura 3).

Con base en el análisis serológico para detectar la presencia o ausencia del ChMV en vitroplantas cultivadas durante 35 días, se determinó que el 75% de las veinte muestras del tratamiento testigo fueron positivas para el virus. Para el caso del tratamiento con 10 mg L⁻¹ de virazol, las plantas que dieron positivo representaron un 25% del total de las veinte muestras y aquellas plantas que crecieron

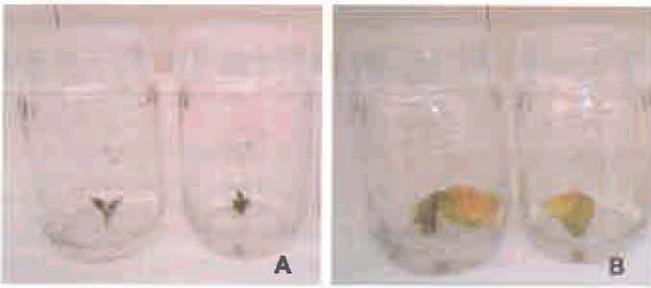


Figura 3. Brotes de chayote después de 35 días de cultivo en medio MS con (A) 20 mg L⁻¹ de virazol y (B) 40 mg L⁻¹ de virazol.

en el tratamiento con 20 mg L⁻¹ de virazol fueron positivas en un 65% del total de veinte. Por último, el tratamiento con 40 mg L⁻¹ del antiviral resultó en un 5% de plantas positivas para la presencia del virus. El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey) mostraron diferencias entre los tratamientos testigo y el ensayo con 40 mg L⁻¹ de virazol ($p = 1$). No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los demás tratamientos.

Discusión

El cultivo de meristemas consiste en utilizar como material inicial para la micropropagación el domo meristemático y el par de primordios foliares (0,2 a 0,5 mm) que lo acompañan. Existe mayor posibilidad de éxito en la erradicación de virus si se cultiva solamente el domo apical, pero la probabilidad de que este sobreviva sin los primordios es menor; por lo tanto, la composición del medio de cultivo es crítica para su desarrollo (Kyte 1987). En general, se dice que para la micropropagación el cultivo de meristemas apicales con dos o más pares de primordios foliares no requiere de sustancias de crecimiento exógenas, pero si no incluye los primordios foliares, la adición de reguladores de crecimiento es indispensable (Hurtado y Merino 1987, Malauri et ál. 1998). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Aun cuando se observó la regeneración de meristemas en el medio de cultivo básico sin reguladores del crecimiento (23%), la adición de 0,1 mg L⁻¹ resultó en un incremento significativo en la regeneración de plantas (85%). Alvarenga et ál. (1999) encontraron que la combinación 0,1 mg L⁻¹ de BA y 0,1 mg L⁻¹ de GA₃ en medio de cultivo de meristemas fue un tratamiento adecuado. En el presente estudio, esa combinación de reguladores de crecimiento también indujo un alto porcentaje de regeneración (76%), pero no se diferenció estadísticamente del primer tratamiento mencionado (0,1 mg L⁻¹). Tampoco se diferenció de los tratamientos con 0,05 mg L⁻¹ de BA ni del tratamiento con 0,05 mg L⁻¹ de BA + 0,10 mg L⁻¹ de GA₃. Debido a la presencia del ChMV en las plantas regeneradas a partir de meristemas de aproximadamente 0,3 a 0,5 mm, se procedió a

aislar y cultivar únicamente el domo apical de las vitroplantas (0,1 a 0,2 mm), ya que entre más pequeño el explante utilizado para la micropropagación, mayores son las posibilidades de erradicar el virus. Cuando se evaluó el efecto de la zeatina para acelerar el proceso de regeneración de las plantas y se comparó con el efecto del BA (0,10 mg L⁻¹) no se observaron diferencias significativas en los porcentajes de regeneración, ni en el número de nudos/planta. Debido a la diferencia en el costo de estos dos reguladores del crecimiento, el BA sería el más recomendado para utilizar en la regeneración del meristema completo (0,3 a 0,5 mm) y del domo (0,1 a 0,2 mm). Sin embargo, el aislamiento y cultivo in vitro del domo apical permitió la limpieza de ChMV. Diferencias en el tamaño de los explantes aislados y cultivados explican los resultados obtenidos. Es claro que la técnica de cultivo de meristemas ofrece la oportunidad de erradicar patógenos de materiales vegetales valiosos, pero no elimina la necesidad de analizar los materiales por la presencia del virus (Ashmore 1997).

Para el saneamiento y la erradicación de virus en cultivos agrícolas también existen otros métodos como la termo y la quimioterapia, que se utilizan solos o en combinación con el cultivo de meristemas. La termoterapia se utiliza rutinariamente en cebolla, ajo, puerro y otras liliáceas comerciales (Conci y Nome 1991), fresa (Converse y Tanne 1984), yuca (CIAT 1982), ñame (Malaurie et ál. 1998), pera (Postman 1994) y en papa y camote (Golmirzaie et ál. 1994). Sin embargo, el éxito de estos tratamientos depende de la capacidad que tenga el tejido para soportar períodos largos de alta temperatura que inactiven el virus sin afectar significativamente su crecimiento y, de acuerdo con los resultados obtenidos, este no parece ser el caso del chayote, ya que las vitroplantas incubadas a una temperatura de 30 °C durante un mes sufrieron decoloración y al ser disectado el meristema, este no fue capaz de regenerar una planta y murió después de pocos días de cultivo en las condiciones normales de regeneración de estos explantes.

Por otra parte, la mayoría de las sustancias quimioterapéuticas usadas en plantas han resultado fitotóxicas, por lo que solamente se pueden emplear dosis no tóxicas para reducir la tasa de multiplicación del virus y aumentar la efectividad de otras técnicas como el cultivo de meristemas (CIAT 1982). La acción antiviral del virazol es específica a un análogo del primer compuesto de purina, la inosina monofosfato (IMP) o ácido inosínico. El IMP constituye un punto de ramificación entre la biosíntesis de los nucleótidos de adenina y la de los de guanina (Mathews y Van Hold 1998). Por lo tanto, cuando la enzima IMP deshidrogenasa, que participa en esa ruta de ramificación, se encuentra inhibida, la ruta metabólica es bloqueada sin darse la formación de estos dos importantes nucleótidos (AMP, GMP), de forma que la replicación del ácido

nucleico se va a ver disminuida (Montgomery et ál. 1998, McLean et ál. 2004). Este nucleósido sintético (virazol), de amplia acción antiviral, se ha informado como efectivo para eliminar o disminuir la síntesis de los virus X, Y, S y M en meristemas aislados de vitroplantas de papa (Cassels y Long 1982) y del virus X de la papa en tabaco (Shepard 1977). Por otra parte, Cieslinska (2002), evaluó el empleo de virazol en brotes de pera infectados con el virus de la mancha clorótica de la hoja de la manzana (*Apple chlorotic leafspot virus*, ACLSV) y determinó una eficiencia del 78% y del 88% en la eliminación del virus con concentraciones en el medio de cultivo de 25 y 50 mg L⁻¹ respectivamente. Weiland et ál. (2004) también evaluaron el uso de virazol (20 mg L⁻¹) para la eliminación del *Grapevine fanleaf virus* (GFLV) en plantas de uva. A esta concentración, el 94% de los brotes in vitro crecieron libres de este virus, sin verse afectados el crecimiento, el enraizamiento ni el número de raíces producidas; además, no causó clorosis o necrosis apical. En chayote, los meristemas aislados de vitroplantas murieron en presencia de esta sustancia cuando se utilizaron concentraciones de 40, 60 y 80 mg L⁻¹; pero cuando las pruebas in vitro incluyeron la utilización de brotes y concentraciones de virazol de 10, 20 y 40 mg L⁻¹, se logró obtener vitroplantas libres del ChMV. Sin embargo, las plantas regeneradas presentaron un crecimiento reducido, clorosis e inhibición parcial o total del desarrollo de raíces. Estos resultados parecen confirmar el riesgo de efectos negativos de esta sustancia para algunas plantas y variedades cuando se utiliza para la limpieza de materiales (CIAT 1982). Los efectos negativos observados en el crecimiento de las plantas de chayote incubadas en este viricida parecen indicar que el cultivo del domo apical es la técnica más recomendable para la erradicación del ChMV. La adquisición de destrezas para la disección de meristemas se adquiere en poco tiempo y en nuestra experiencia, conforme el técnico adquiere esta experiencia, la uniformidad en el tamaño de los explantes disectados es mayor y por ende aumentan los porcentajes de éxito en la limpieza de los materiales.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se concluye que, para sanear materiales de chayote infectados con el virus del mosaico del chayote, el aislamiento y cultivo del domo apical bajo condiciones in vitro es una práctica efectiva. Para obtener la regeneración de estos explantes se recomienda cultivarlos en un medio MS enriquecido con 0,10 mgL⁻¹ de BA. Debido a que sólo un porcentaje de las plántulas regeneradas estarán libres del virus, es recomendable someter las plantas obtenidas a un ciclo de multiplicación, identificar la progenie de cada una de ellas y luego tomar las muestras. Una vez obtenidos

los resultados, se desecharán las positivas y se continúa la multiplicación de aquellas que resultaron negativas para la presencia del virus.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IPGRI), al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), al Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica (CONICIT) y al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) por el apoyo financiero al proyecto. Al personal del Laboratorio de Virología del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica por realizar las pruebas serológicas para la detección del ChVM.

Literatura citada

- Abdelnour, A; Ramírez, C; Engelmann, F. 2002. Micropropagación de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW.) a partir de brotes vegetativos. *Agronomía Mesoamericana* 13:147-151.
- Alvarenga, S; Flores, D; Abdelnour-Esquivel, A. 1999. Micropropagación de fenotipos seleccionados de chayote (*Sechium edule*). *Tecnología en Marcha* 13:9-15.
- Alvarenga, S; Morera, J. 1992. Micropropagación in vitro del Chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.). *Tecnología en Marcha*. 11(3):31-42.
- Ashmore, SE. 1997. Status report on the development and application of in vitro techniques for the conservation and use of plant genetic resources. *International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy*. 67 p.
- Bernal, JJ; Jiménez, I; Moreno, M; Hord, M; Rivera, C; Koenig, R; Rodríguez-Cerezo, E. 2000. Chayote mosaic virus, a new tymovirus infecting Cucurbitaceae. *Phytopathol.*: 1098-1104.
- Cassels, AC; Long, RD. 1982. The elimination of potato viruses X, Y, S and M in meristem and explants culture of potato in the presence of virazole. *Potato Res.* 25:165-173.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. El cultivo de meristemas para el saneamiento de clones de yuca: Guía de estudio. *Serie 04SC-02.05*. Cali, Colombia. 45 p.
- Cieslinska, M. 2002. Elimination of apple chlorotic leaf spot virus (acls) from pear by in vitro thermotherapy and chemotherapy. *ISHS Acta Horticulturae* 596: VIII International Symposium on Pear. Ferrara - Bologna, Italy.
- Conci, VC, Nome, SF. 1991. Virus free garlic (*Allium sativum* L.) plants by thermotherapy and meristema-tip culture. *J. Phytopathology* 132:186-192.
- Converse, RH; Tanne, E. 1984. Heat therapy and stolon apex culture to eliminate mild yellow-edge virus from Hood strawberry. *Phytopathology* 74:1315-1316.
- Golmirzaie, AM; Panta, A; Nopo, LH. 1994. The contribution of tissue culture of roots and tubers to crop improvement in National Agriculture Research Systems (NARS). In: *Advances in Tissue Culture Technology for Improved Planting Material*. (4-1994, Kingston, Jamaica). *Proc. of Biotech. Conf.* p. 98-105.
- Hord, M; Villalobos, W; Macaya-Lizano, AV; Rivera, C. 1997. Chayote mosaic, a new disease in *Sechium edule* caused by a tymovirus. *Plant Dis.* 81:374-378.
- Hurtado, DV; Merino, ME. 1987. Cultivo de Tejidos Vegetales. Editorial Trillas, México. p.133-148.
- McLean, JE; Hamaguchi, N; Belenky, P; Mortimer, SE; Stanton, M; Herstrom, L. 2004. Inosine 5'-monophosphate dehydrogenase

- binds nucleic acids *in vitro* and *in vivo*. *Biochemical Journal* 379:243-251.
- Kyte, L. 1987. *Plants from test tubes. An introduction to micropropagation*. Timber Press. Oregon, USA. p. 64-65.
- Malauri, B; Trouslot, M; Bertraud, J; Bousalem, M; Pintel, A; Dubern, J. 1998. Medium-term and long-term *in vitro* conservation and safe international exchange of yam (*Dioscoria* spp.) germplasm. *Electronic Journal of Biotechnology*, Chile 1:1-15.
- Mathews, CK; Van Holde, KE. 1998. *Bioquímica*. 2 ed. McGraw Hill Interamericana. Madrid, España. p. 1283.
- Montgomery, R; Conway, A; & Spector, A. 1998. *Bioquímica. Casos y texto*. Editorial Harcourt Brace. Madrid, España, p. 69-83.
- Murashige, T; Skoog, F. 1962. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* (Dinamarca) 15:473-497.
- Nascimento, LC; Pio-Ribeiro, G; Willadino, L; Pereira, G. 2003. Stock indexing and potato virus Y elimination from potato plants cultivated *in vitro*. *Scientia Agricola*. 60(3):525-530.
- Postman, JD. 1994. Elimination of viruses from clonal pear germplasm. *Acta Hort.* 367:72-75.
- Shepard, JF. 1977. Regeneration of plants from protoplasts of potato virus X-infected tobacco. *Virology* 78: 261-266.
- Villalobos, VM; AThorpe, A. 1991. Micropropagación: Conceptos, metodología y resultados. *In Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones*. Roca, W.M. y Mroginski, L.A. (eds.). Cali, Colombia. 970 p.
- Weiland, CM; Cantos, M; Troncoso, A; Perez-Camacho, F. 2004. Regeneration of virus-free plants by *in vitro* chemotherapy of GFLV (Grapevine Fanleaf Virus) infected explants of *Vitis Vinifera* l. cv 'Zalema'. *ISHS Acta Horticulturae* 652: I International Symposium on Grapevine Growing, Commerce and Research. Lisbon, Portugal.

Abundância estacional de *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) na região nordeste do estado de São Paulo

Vanderlei de Paula Souza¹
Francisco Jorge Cividanes²
Júlio César Galli²

RESUMEN. Abundancia estacional de *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) y *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) en la región nordeste del estado de São Paulo. El trabajo tuvo como objetivo determinar la variación poblacional y la influencia de enemigos naturales y factores meteorológicos sobre formas aladas y ápteras de *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) y *Lipaphis erysimi* (Kalt.) en col, *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, en Jaboticabal, estado de São Paulo, Brasil. El muestreo de pulgones fue efectuado con trampas amarillas con agua y búsqueda visual; la detección de los enemigos naturales fue realizada por búsqueda visual y trampas de suelo. Las formas aladas de los pulgones comenzaron a colonizar la col a mediados de mayo, cuando prevaleció una temperatura promedio de 22,6 °C, humedad relativa de 68,5% y ausencia de precipitación pluvial. La colonización de la col por áptero de *L. erysimi* se inició cuatro días después de la llegada de los individuos alados. Para *B. brassicae* y *M. persicae* ese intervalo fue de 9 días y 30 días, respectivamente. Las mayores poblaciones de los pulgones aparecieron de julio a septiembre, presentando baja actividad durante el verano y otoño. Las arañas, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Lebia concinna* Brullé y *Diaeretiella rapae* (McIntosh) fueron las enemigas naturales que tuvieron mayor potencial para controlar las poblaciones de pulgones. La humedad relativa fue el principal factor meteorológico que actuó sobre pulgones alados y ápteros, cuya densidad poblacional disminuyó con el incremento de la humedad.

Palabras clave: *Brassica oleracea*, control biológico, migración, pulgones.

ABSTRACT. Seasonal abundance of *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) and *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) in the Northeast region of the State of São Paulo. This work aimed to determine the population fluctuations and the influence of natural enemies and meteorological factors on alate and apterous *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) and *Lipaphis erysimi* (Kalt.) in kale, *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, in Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil. Alate and apterous aphids were sampled by yellow water traps and visual search, while natural enemies were checked by visual search of the aerial parts of kale and soil traps. The alate aphids began to colonize the kale crop in mid-May, when the temperature averaged 22,6 °C, relative humidity 68,5% and there was an absence of rainfall. Apterous *L. erysimi* began to colonize the kale crop four days after the arrival of the first alate individuals, while for *B. brassicae* and *M. persicae* that interval were of 9 days and 30 days, respectively. The highest populations of the aphids in the crop were observed from July to September, and they showed low activity during the summer and fall. The natural enemies that showed the greatest potential to regulate the aphid populations were spiders, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Lebia concinna* Brullé and *Diaeretiella rapae* (McIntosh). Relative humidity was the major meteorological factor to act on alate and apterous aphids, and their population density decreased with an increase in humidity.

Keywords: *Brassica oleracea*, biological control, migration, aphids.

¹ Rua Dr. Pio Duffles, 860, 14170-680, Sertãozinho, SP, Brasil. vanpsouza@ig.com.br

² Depto. de Fitossanidade, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. fjcivida@fcav.unesp.br

Introdução

A couve, *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, pertence à família das brassicáceas, que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar proeminente na olericultura do centro-sul do Brasil (Filgueira 2000). Entre as pragas que atacam essa brássica destacam-se os pulgões *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Lipaphis erysimi* (Kalt.). Esses insetos encontram-se distribuídos mundialmente podendo causar danos a inúmeras culturas, além de transmitirem vírus às plantas (Minks & Harrewijn 1987, Ellis & Singh 1993). No Brasil, são consideradas pragas importantes da couve e outras brassicáceas (Gamarrá et al. 1998, Gallo et al. 2002).

O conhecimento da flutuação populacional de insetos tem se mostrado fundamental para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (Wright & Cone 1988). De acordo com considerações de Wellings & Dixon (1987), as populações de pulgões podem flutuar e manter níveis altos de densidade ou, em alguns casos, períodos de abundância são seguidos por períodos de baixa densidade. De acordo com esses autores, a abundância de pulgões mostra-se altamente sazonal, podendo variar consideravelmente de um ano para outro. Além disso, os padrões de flutuação das populações de uma determinada espécie podem diferir entre regiões geográficas distintas, entre populações que se desenvolvem na mesma região por vários anos e entre as populações vizinhas que se desenvolvem ao mesmo tempo. Ressalta-se que estudos sobre dinâmica populacional são válidos somente para a região na qual foram desenvolvidos (Wellings et al. 1985).

As alterações que ocorrem na densidade populacional de pulgões são pouco entendidas, contudo algumas características da dinâmica desses insetos podem ser destacadas. O polimorfismo, induzido quando pulgões estão aglomerados em alta densidade, parece ser o mais provável fator regulador das suas populações (Dixon 1977). A ação de predadores e de parasitóides tem sido indicada como um importante redutor da densidade populacional de pulgões (Chen & Hopper 1997). As condições meteorológicas são consideradas as principais variáveis atuando sobre pulgões (Risch 1987).

No Brasil, não existem pesquisas sobre a dinâmica populacional de *L. erysimi*, sendo pouco freqüentes aquelas relacionadas com *M. persicae* e *B. brassicae*. Para esses pulgões, os estudos sobre levantamento populacional e influência de fatores meteorológicos sobre populações ápteras estão relacionadas principalmente com *M. persicae* nos estados de Minas Gerais e Paraná (Hohmann 1989, Santos et al. 1992, Furiatti & Almeida 1993, Pinto et al. 2000). A influência de fatores meteorológicos sobre

populações aladas de *M. persicae*, *B. brassicae* e *L. erysimi* foi avaliada em Minas Gerais (Rossi et al. 1990, Carvalho et al. 2002) e no Rio Grande do Sul (Oliveira 1971). Por outro lado, vários autores (Pereira & Smith 1976, Souza & Bueno 1992, Bueno & Souza 1993, Miranda et al. 1998, Mussury & Fernandes 2002) verificaram a ação de inimigos naturais sobre populações dos referidos pulgões em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. No estado de São Paulo, Costa (1970) estudou a migração de *M. persicae* na região de Campinas, enquanto a influência de fatores meteorológicos e de inimigos naturais sobre populações aladas e ápteras de *B. brassicae* foi avaliada em Jaboticabal (Cividanes 2002a b).

Os objetivos do presente trabalho foram determinar a flutuação populacional de formas aladas e ápteras de *M. persicae*, *B. brassicae* e *L. erysimi* em couve e avaliar a influência de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre suas populações.

Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental e no Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), município de Jaboticabal, estado de São Paulo, coordenadas geográficas latitude 21°15'22" Sul e longitude 48°18'58" Oeste.

As mudas de couve foram transplantadas em 10/05/2002. O campo experimental estava localizado em solo tipo Latossolo Vermelho-Escuro e era constituído de área plantada de 650 m² (10 x 65 m) com couve, *B. oleracea* var. *acephala*, no espaçamento 1,0 x 1,0 m. A adubação de plantio foi efetuada 7 dias antes do primeiro transplante de mudas, com 200 kg/ha de sulfato de amônio, 900 kg/ha de superfostato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio e 2 kg/ha de ácido bórico. A adubação de cobertura foi feita a cada 30 a 45 dias com 200 kg/ha de sulfato de amônio e 30 kg/ha de cloreto de potássio. Empregou-se irrigação por gotejamento, com freqüência de duas vezes por semana, sendo realizadas capinas periódicas para manter a cultura no limpo. Não houve aplicação de inseticidas durante a condução dos experimentos.

O levantamento populacional de formas ápteras e aladas dos pulgões foi iniciado no dia seguinte ao transplante das mudas para o campo. Diariamente, 30 plantas foram escolhidas ao acaso e observadas, sendo que após a constatação de ocorrência das primeiras formas aladas e ápteras de *M. persicae*, *B. brassicae* e *L. erysimi* a amostragem passou a ser semanal considerando-se apenas formas ápteras dos pulgões. Para se proceder à contagem do número de pulgões, 20 a 30

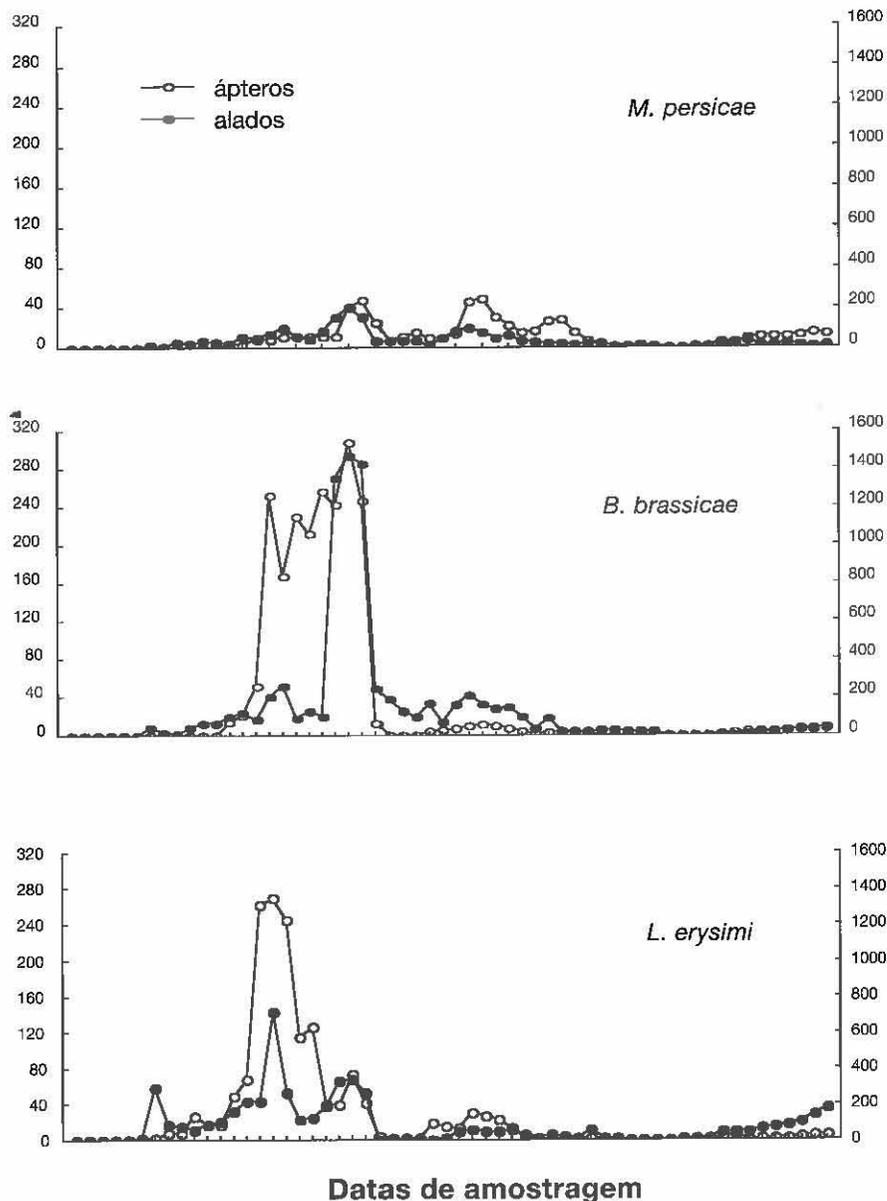


Figura 1. Abundância estacional de formas ápteras e aladas de *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis erysimi* em couve. Jaboticabal, SP – 2002/03.

plantas foram escolhidas ao acaso dependendo da intensidade de infestação, cada planta teve uma folha amostrada nas posições: apical (folha jovem e não totalmente expandida), mediana (folha adulta e totalmente expandida) e basal (folha senescente e com visível amarelecimento). De acordo com a metodologia de Sousa (1990), selecionou-se a área foliar onde ocorria a maior colônia de adultos e ninfas dentro dos limites da área circular de um vazador de metal de 3,5 cm de diâmetro, que foi considerada como unidade amostral (área = 9,62 cm²).

No levantamento populacional de formas aladas foram utilizadas quatro armadilhas do tipo bandeja amarela com água, instaladas nos pontos norte, sul, leste e oeste da área experimental. Essas armadilhas apresentavam 36 cm de

diâmetro e 15 cm de altura, construídas com bacias de plástico e apresentando dois orifícios laterais vedados com malha plástica, para evitar transbordamento nos períodos chuvosos, sendo pintadas internamente com tinta amarelo-brilhante, marca Wandalux, e externamente com tinta verde colonial acetinado, marca Suvinil. As armadilhas, presas em aros de metal, ficaram suspensas por suportes de madeira a 60 cm de altura em relação ao solo. Dentro das armadilhas foram colocados cerca de 12 litros de água, 5 ml de detergente neutro e 50 ml de formol. Semanalmente, os insetos foram retirados das armadilhas usando-se peneira e levados para o laboratório onde, sob lente de aumento, os pulgões alados foram separados e colocados em frascos de vidro etiquetados

Tabela 1. Valor médio de fatores meteorológicos registrados nos sete dias anteriores à data de início de aparecimento de formas aladas de *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis erysimi*. Jaboticabal, SP – 2002

Fatores meteorológicos	<i>M. persicae</i>	<i>B. brassicae</i>	<i>L. erysimi</i>
Umidade relativa (%)	66,5	66,5	72,6
Precipitação (mm) ¹	0,0	0,0	0,0
Temp. máxima (°C)	30,5	30,5	29,9
Temp. mínima (°C)	16,6	16,6	17,5
Temp. média (°C)	22,5	22,5	22,8

¹ Soma acumulada registrada nos sete dias anteriores ao evento mencionado.

contendo álcool 70%. Posteriormente, usando-se microscópio estereoscópico, foram identificados e contados os indivíduos de *B. brassicae*, *M. persicae* e *L. erysimi*.

O levantamento de parasitóides e artrópodes predadores na parte aérea das plantas foi realizado por procura visual, seguindo metodologia indicada por Bueno & Souza (1993). As amostragens foram semanais e efetuadas durante uma hora sobre plantas escolhidas ao acaso e vistoriadas com um mínimo de perturbação para evitar a dispersão dos insetos presentes. Os parasitóides foram capturados com o auxílio de frasco aspirador e os predadores com rede entomológica (30 cm de diâmetro), sendo posteriormente acondicionados em álcool 70%.

Os predadores que vivem no solo foram amostrados, semanalmente, por meio de quatro armadilhas de solo ("pitfall trap") localizadas no centro da cultura de couve a intervalos de um metro (Weiss et al. 1990). Como armadilhas utilizou-se copos plástico com 8 cm de diâmetro e 14 cm de altura contendo cerca de 150 ml de água com algumas gotas de detergente neutro, permanecendo 48 h no campo (Tonhasca Jr. 1993). Uma cobertura de madeira foi colocada sobre cada armadilha, com altura suficiente para permitir a captura de artrópodes e evitar a inundação da mesma pela chuva.

A influência de fatores meteorológicos e de inimigos naturais foi avaliada por meio de correlação simples. Os seguintes fatores meteorológicos foram considerados: temperaturas máxima, mínima e média (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluvial (mm), obtidos junto à Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP. Para que os dados fossem analisados, os pulgões alados foram representados pelo número total de indivíduos capturados nas 4 armadilhas, as formas ápteras pelo número médio dos indivíduos encontrados e os inimigos naturais pelo número total capturado nas datas de amostragem. Para os fatores meteorológicos temperatura e umidade relativa utilizou-se a média dos valores registrados no período de sete dias anteriores à data de amostragem dos pulgões, enquanto para precipitação pluvial considerou-se a soma de precipitação registrada no referido período.

Resultados e discussão

A maior atividade de formas aladas de *M. persicae*, *B. brassicae* e *L. erysimi* ocorreu de julho até final de novembro de 2002, com o maior pico populacional de *L. erysimi* sendo observado no final de julho e os de *M. persicae* e *B. brassicae* no início de setembro (Figura 1).

As informações sobre a atividade de vôo de pulgões obtidas capturando-se alados com armadilhas podem ser úteis para a previsão do início de aparecimento desses insetos na cultura, quando as plantas estão na fase inicial de desenvolvimento (Debaraj & Singh 1996). No presente estudo, as formas aladas dos pulgões começaram a ser observadas na couve no mês de maio, o mesmo ocorrendo com os ápteros entre meados de maio e de junho (Figura 1). Os períodos observados entre a captura de pulgões alados pelas armadilhas e o início do desenvolvimento populacional de formas ápteras na couve foram 4 dias, 9 dias e 30 dias para *L. erysimi*, *B. brassicae* e *M. persicae*, respectivamente.

As condições térmicas do mês de maio de 2002 podem ter favorecido o surgimento de formas aladas dos pulgões na couve, pois a temperatura ambiental é considerada a principal variável atuando sobre a dinâmica populacional de pulgões (Tang et al. 1999). Nas épocas em que alados das três espécies foram capturados pelas armadilhas, as condições meteorológicas foram semelhantes, predominando temperatura média de 22,6 °C, umidade relativa do ar em torno de 68,5% e ausência de precipitação pluvial (Tabela 1). Esses resultados estão próximos dos encontrados para *M. persicae* por Costa (1970) em Campinas, SP, que constatou temperatura média dos períodos das maiores migrações do pulgão entre 16 °C e 20 °C. Furiatti & Almeida (1993) observaram maior densidade populacional de formas aladas da espécie entre 18 °C a 20 °C no Paraná. Com relação a alados de *B. brassicae*, já foi constatado sua atividade de vôo ser favorecida por umidade relativa de 72,7% e baixa precipitação (Oliveira 1971, Debaraj & Singh 1996).

Dixon (1977) relatou que a superpopulação de pulgões ápteros no hospedeiro induz a formação de formas aladas. Assim, no presente estudo, um fator que pode ter contribuído para a ocorrência dos picos populacionais das

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r) entre o número médio de formas ápteras de *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis erysimi* e o total de inimigos naturais capturados no solo e na parte aérea da couve. Jaboticabal, SP – 2002/03

Local/inimigo natural	<i>M. persicae</i>	<i>B. brassicae</i>	<i>L. erysimi</i>
Parte aérea			
Predadores			
Araneae			
<i>C. inclusum</i>	0,56*	0,40*	0,25
<i>Latrodectus</i> sp.	0,45*	0,43*	0,32*
<i>L. geometricus</i>	0,19	0,52*	0,29*
<i>Oxyopes</i> sp.	0,37*	0,55*	0,46*
<i>Metepeira</i> sp.	0,32*	0,60*	0,25
Total	0,53*	0,63*	0,38*
Coccinellidae			
<i>C. sanguinea</i>	0,57*	0,66*	0,39*
Parasitóides			
<i>D. rapae</i>	0,46*	-0,05	0,25
<i>Pachyneuron</i> sp.	0,09	-0,10	0,14
<i>S. aphidivorus</i>	0,18	0,20	0,16
Solo			
Predadores			
Araneae			
<i>Corinna</i> sp.	0,02	-0,03	0,04
<i>H. adansoni</i>	0,04	-0,02	0,08
<i>Hentzia</i> sp.	-0,05	-0,04	0,19
<i>L. erythrogna</i>	0,04	0,33*	0,58*
Total	0,05	-0,00	0,32*
Carabidae			
<i>L. concinna</i>	-0,09	0,31*	0,54*
Coccinellidae			
<i>H. convergens</i>	-0,08	0,19	0,46*
<i>E. connexa</i>	-0,22	0,02	0,09
Forficulidae			
	0,10	0,04	0,09
Formicidae			
<i>Camponotus</i> sp.	0,15	0,23	0,43*
<i>Dorymyrmex</i> sp.	0,01	0,04	0,15
<i>Pheidole</i> sp.	0,18	-0,09	-0,18
Outras espécies			
	0,06	-0,09	-0,00
Total	0,06	0,02	0,12

*Significativo a 5%; $n = 58$.

Tabela 3. Coeficiente de correlação (*r*) entre o número de formas ápteras e aladas de *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae* e *Lipaphis erysimi* e fatores meteorológicos. Jaboticabal, SP – 2002/03 (*n* = 58)

Fatores meteorológicos	<i>M. persicae</i>		<i>B. brassicae</i>		<i>L. erysimi</i>	
	ápteros	alados	Ápteros	alados	ápteros	alados
Umidade relativa (%)	- 0,16	- 0,43*	- 0,42*	- 0,34*	- 0,31*	- 0,30*
Precipitação (mm)	0,16	- 0,08	- 0,16	- 0,03	- 0,24	- 0,24
Temp. máxima (°C)	0,14	- 0,02	- 0,09	- 0,06	- 0,21	- 0,35*
Temp. mínima (°C)	0,09	- 0,22	- 0,31*	- 0,22	- 0,42*	- 0,55*
Temp. média (°C)	0,03	- 0,02	- 0,10	- 0,06	- 0,11	- 0,19

formas aladas relacionou-se com a condição dos pulgões ápteros presentes na couve estarem aglomerados em alta densidade populacional. Tal fato encontra respaldo no levantamento populacional de formas aladas, que indicou um progressivo incremento na captura de alados à medida que aumentava o crescimento populacional dos pulgões ápteros na couve, com os picos populacionais de alados e ápteros ocorrendo em épocas próximas (Figura 1).

Os ápteros de *M. persicae* ocorreram em maior densidade durante o mês de setembro e do início de novembro de 2002 até o início de janeiro de 2003, apresentando picos populacionais em meados de setembro e de novembro (Figura 1). A espécie *B. brassicae* mostrou maior densidade a partir do final de julho até início de setembro de 2002, com pico populacional no início de setembro, enquanto *L. erysimi* foi mais abundante a partir do início de julho até início de setembro de 2002, com pico populacional em meados de julho. Os resultados obtidos com *B. brassicae* evidenciaram que a época de maior abundância de formas ápteras foi similar àquelas encontradas em couve nas regiões de Lavras, MG (Sousa 1990) e de Jaboticabal, SP (Cividanes 2002a).

Considerando-se a ocorrência dos pulgões ápteros durante todo o período estudado, *L. erysimi* apresentou maior densidade em julho, diminuindo e permanecendo baixa com a aproximação da primavera e posteriormente do verão (Figura 1). Fato similar foi constatado para *B. brassicae* e *M. persicae*, com a diferença que as populações dessas espécies mostraram-se mais abundantes em agosto e setembro. Assim, fica evidenciado que *L. erysimi*, *B. brassicae* e *M. persicae* apresentaram pouca atividade durante o verão e início do outono na região de Jaboticabal, estando em consonância com estudos que indicaram essas espécies adaptadas para condições climáticas em que predominam temperaturas amenas, devido apresentarem baixo limite térmico inferior de desenvolvimento (Godoy & Cividanes 2001, Cividanes 2003, Cividanes & Souza 2003).

Os inimigos naturais observados na parte aérea da couve foram: a) parasitóides: *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Braconidae), *Pachyneuron* sp.

e *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr) (Encyrtidae); b) hiperparasitóide: *Alloxysta brassicae* (Ashmead) (Eucoilidae); c) predadores: *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coccinellidae); aranhas: *Cheiracanthium inclusum* (Hentz) (Clubionidae), *Metepira* (F.O.P) (Araneidae), *Latrodectus* sp. (Walckenaer) (Theridiidae), *Oxyopes* sp. (Latreille) (Oxyopidae) e *Latrodectus geometricus* (Abalos) (Theridiidae).

No solo capturou-se os seguintes inimigos naturais: a) formigas: *Camponotus* sp., *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp.; b) aranhas: *Corinna* sp. (C.L.Koch) (Corinnidae), *Hasarius adansoni* (Audouin), *Hentzia* sp. (Marx) (Salticidae), *Lycosa erythrognatha* (Lucas) (Lycosidae); c) outros predadores: *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville) e *Eriopis connexa* (Germar) (Coccinellidae), *Lebia concinna* Brullé (Carabidae). As espécies de insetos predadores *Scarites* sp. e *Metius* sp. (Carabidae) também foram capturadas nas armadilhas de solo, mas em número muito reduzido.

De acordo com Kidd & Jarvis (1996), uma indicação do impacto de inimigos naturais sobre pragas pode ser obtida correlacionando-se o número desses insetos entre si. No presente estudo, entre os inimigos naturais encontrados na parte aérea da couve, *C. sanguinea*, *D. rapae* e a maioria das aranhas apresentaram correlação significativa e positiva com os pulgões, o mesmo ocorrendo com aranhas, *H. convergens*, *L. concinna* e *Camponotus* sp. entre os artrópodes predadores presentes no solo (Tabela 2). O fato dos coeficientes de correlação significativos terem sido positivos sugerem certo grau de especificidade do predador pela presa (Kidd & Jarvis 1996).

Destaca-se que as aranhas têm sido reconhecidas como predadoras de insetos (Nyffeler et al. 1989), podendo diminuir a densidade populacional de pulgões (Riechert & Lockley 1984, Lang et al. 1999). A preservação desses predadores em áreas agrícolas pode ser alcançada mantendo-se florestas próximas de áreas cultivadas e empregando-se inseticidas com baixo potencial de impacto em suas populações (Marc & Canard 1997). Alguns autores indicaram *C. sanguinea* e outros coccinélidos (Debaraj & Singh 1998) e carabídeos (Lövei & Sunderland 1996) como

predadores de pulgões. Quanto às formigas, ressalta-se que os estudos sobre esse grupo têm sido negligenciados pela pesquisa. O impacto que podem causar no meio ambiente é muito significativo, sendo que na maioria dos habitats elas estão entre os mais importantes predadores de insetos (Holldobler & Wilson 1990). O parasitóide *D. rapae* não apresenta especificidade para determinada espécie de pulgão (Pike et al. 1999), no entanto se correlacionou significativa e positivamente apenas com *M. persicae* ($r = 0,46$; Tabela 2). Esse resultado sugere que o parasitóide aumentou rapidamente em número em função do crescimento populacional do pulgão (Kidd & Jervis 1996).

O número de formas ápteras de *B. brassicae* e *L. erysimi* apresentaram correlação significativa e negativa com a umidade relativa ($r = -0,42$, $r = -0,31$) e a temperatura mínima ($r = -0,31$, $r = -0,42$), respectivamente, o mesmo ocorrendo com os alados das três espécies com relação à umidade relativa (Tabela 3). A população alada de *L. erysimi* também se correlacionou significativa e negativamente com as temperaturas mínima e máxima. Esses resultados sugerem que a variação da densidade populacional de formas ápteras de *B. brassicae* e *L. erysimi* foram mais afetadas adversamente pelos fatores meteorológicos que a de *M. persicae*. Além disso, a umidade relativa do ar teve função importante na mortalidade de alados das três espécies de pulgões, o mesmo ocorrendo com a ação das temperaturas máxima e mínima sobre alados de *L. erysimi*. Os resultados obtidos para formas ápteras de *B. brassicae* e *L. erysimi* estão de acordo com relatos de vários autores (Raj & Sharma 1991, Roy & Pande 1991, Dogra et al. 2001). Quanto aos alados, já foi observado que as temperaturas máxima e mínima apresentaram correlação significativa e negativa com *L. erysimi* (Prasad & Phadke 1983), o mesmo ocorrendo com *B. brassicae* com a temperatura máxima (Debaraj & Singh 1996). No Brasil, alguns autores (Oliveira 1971, Rossi et al. 1990) relataram que a umidade relativa do ar teve efeito pouco significativo na dinâmica de formas aladas de *M. persicae*, *B. brassicae* e *L. erysimi*.

Agradecimentos

Às seguintes pessoas pela identificação de artrópodes citados no trabalho: Dr. Carlos Roberto Sousa Silva, Dra. Isabela Maria P. Rinaldi, Dr. Carlos Roberto F. Brandão, Dr. Carlos Campaner, Dr. Nelson W. Perioto; ao CNPq pela bolsa concedida ao segundo autor.

Literatura citada

Bueno, VHP; Souza, BM de. 1993. Ocorrência e diversidade de insetos predadores e parasitóides na cultura de couve *Brassica oleracea* var. *acephala* em Lavras, MG, Brasil. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 22(1):5-18.

- Carvalho, LM; Bueno, VHP; Martinez, RP. 2002. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras-MG. Ciência e Agrotecnologia 26(3):523-532.
- Chen, K; Hopper, KR. 1997. *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) population dynamics and impact of natural enemies in the Montpellier region of southern France. Environmental Entomology 26(4):866-875.
- Cividanes, FJ. 2002a. Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos em uma população de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homiptera: Aphididae) em couve. Neotropical Entomology 31(2):249-255.
- _____. 2002b. Flutuação populacional de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homiptera: Aphididae). Bragantia 61(2):143-150.
- _____. 2003. Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38(5):561-566.
- _____; Souza, VP. 2003. Exigências térmicas e tabelas de vida de *Myzus persicae* (Sulzer) (Homiptera: Aphididae) em laboratório. Neotropical Entomology 32(3):413-419.
- Costa, CL. 1970. Variações sazonais da migração de *Myzus persicae* em Campinas nos anos de 1967 a 1969. Bragantia 29:347-360.
- Debaraj, Y; Singh, TK. 1996. Aerial population fluctuation of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). Annals of Agricultural Research 17(3):308-310.
- _____; Singh, TK. 1998. Studies on some aspects of prey predator interaction with reference to cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) and its predatory insects. Journal of Advanced Zoology 19(1):50-54.
- Dixon, AFG. 1977. Aphid ecology: life cycles, polymorphism, and population regulation. Annual Review of Ecology and Systematics 8:329-353.
- Dogra, I; Devi, N; Raj, D. 2001. Population build up of aphid complex (*Lipaphis erysimi* Kalt., *Brevicoryne brassicae* Linn. and *Myzus persicae* Sulzer) on rapeseed, *Brassica campestris* var. *brown sarson* vis-a-vis impact of abiotic factors. Journal of Entomological Research 25(1):21-25.
- Ellis, PR; Singh, R. 1993. A review of the host plants of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera, Aphididae). International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palaearctic Regional Section Bulletin 16:192-201.
- Filgueira, FAR. 2000. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV. 402 p.
- Furiatti, RS; Almeida, AA. 1993. Flutuação populacional dos afídeos *Myzus persicae* (Sulzer, 1778) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Homoptera: Aphididae) e sua relação com a temperatura. Revista Brasileira de Entomologia 37(4):821-826.
- Gallo, D; Nakano, O; Silveira Neto, S; Carvalho, RPL; Baptista, GC; Berti Filho, E; Parra, JRP; Zucchi, RA; Alves, SB; Vendramim, JD; Marchini, LC; Lopes, JRS; Omoto, C. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba, BR, FEALQ. 920 p.
- Gamarra, DC; Bueno, VHP; Moraes, JC; Auad, AM. 1998. Influência de tricomas glandulares de *Solanum berthaultii* na predação de *Scymnus (Pullus) argentificus* (Weise) (Coleoptera: Coccinellidae) em *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 27(1):59-65.
- Godoy, KB; Cividanes, FJ. 2001. Exigências térmicas e previsão de picos populacionais de *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera:

- Aphididae). *Neotropical Entomology* 30(3):369-371.
- Holldobler, B; Wilson, EO. 1990. The ants. Cambridge, US, Harvard University Press. 732 p.
- Hohmann, CL. 1989. Levantamento dos artrópodos associados a cultura da batata no município de Irati, Paraná. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 8(supl.):53-60.
- Kidd, NAC; Jervis, MA. 1996. Population dynamics. In Jervis, M; Kidd, N. eds. *Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation*. London, UK, Chapman & Hall. p. 293-374.
- Lang, A; Filser, J; Henschel, JR. 1999. Predation by ground beetles and wolf spiders on herbivorous insects in a maize crop. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72:189-199.
- Lövei, GL; Sunderland, KD. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* 41:231-256.
- Marc, P; Canard, A. 1997. Maintain spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62(2-3):229-235.
- Minks, AK; Harrewijn, P. 1987. Aphids: their biology, natural enemies, and control. New York, US, Elsevier. 450 p.
- Miranda, MMM; Picanço, M; Matioli, AL; Pallini Filho, A. 1998. Distribuição na planta e controle biológico natural de pulgões (Homoptera, Aphididae) em tomateiros. *Revista Brasileira de Entomologia* 42(1-2):13-16.
- Mussury, RM; Fernandes, WD. 2002. Occurrence of *Diaretiella rapae* (McIntosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitising *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L. 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45(1):41-46.
- Nyffeler, M; Dean, DA; Sterling, WL. 1989. Prey selection and predatory importance of orb-weaving spiders (Araneae: Araneidae, Uloboridae) in Texas cotton. *Environmental Entomology* 18(3):373-380.
- Oliveira, AM. 1971. Observações sobre a influência de fatores climáticos nas populações de afídeos em batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 6:163-172.
- Pereira, AC; Smith, JG. 1976. Observações sobre afídeos e seus predadores em couve-flor. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 5(1):29-33.
- Pike, KS; Stary, P; Miller, T; Allison, D; Graf, G; Boydston, L; Miller, R; Gillespie, R. 1999. Host range and habitats of the aphid parasitoid *Diaretiella rapae* (Hymenoptera: Aphididae) in Washington State. *Environmental Entomology* 28(1):61-71.
- Pinto, RM; Bueno, VHP; Santa-Cecília, LVC. 2000. Flutuação populacional de afídeos (Hemiptera: Aphididae) associados a cultura da batata *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno em Alfenas, Sul de Minas Gerais. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(4):649-657.
- Prasad, SK; Phadke, KG. 1983. Catches of alate *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) on adhesive traps and relationship with aphids on yellow sarson (*Brassica campestris* Linn.) and weather variables. *Journal of Entomological Research* 7(1):25-29.
- Raj, D; Sharma, GD. 1991. Population build-up of aphid complex (*Lipaphis erysimi* Kalt. and *Brevicoryne brassicae* Linn.) on rapeseed at Palampur, Himachal Pradesh (India). *Journal of Entomological Research* 15(2):93-98.
- Riechert, SE; Lockley, T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology* 29:299-320.
- Risch, SJ. 1987. Agricultural ecology and insect outbreaks. In Barbosa, P; Schultz, JC. eds. *Insect outbreaks*. San Diego, US, Academic Press. p. 217-233.
- Rossi, MM; Matioli, JC; Carvalho, CF. 1990. Efeitos de fatores climáticos sobre algumas espécies de pulgões (Homoptera: Aphididae) na cultura da batata, em Lavras-MG. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 19(1):75-86.
- Roy, DC; Pande, YD. 1991. Biology and seasonal incidence of *Lipaphis erysimi* Kalt. (Aphididae: Homoptera) on cabbage in Tripura. *Bioed* 2(1):37-42.
- Santos, BB; Cosmo, PC; Polack, SW. 1992. Insetos associados à cultura da alface em Campo Largo, Paraná, Brasil. *Revista de Agricultura* 67(1):83-88.
- Sousa, BM de. 1990. Efeitos de fatores climáticos e de inimigos naturais sobre *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Homoptera: Aphididae) em couve *Brassica oleracea* var. *acephala* (DC.) (Catparales: Brassicaceae). Tesis M. Sc. en Entomología. Minas Gerais, BR, Escola Superior de Agricultura de Lavras. 131 p.
- _____; Bueno, VHP. 1992. Parasitóides e hiperparasitóides de múmias de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Homoptera - Aphididae). *Revista de Agricultura* 67(1):55-62.
- Tang, YQ; Lapointe, SL; Brown, LG; Hunter, WB. 1999. Effects of host plant and temperature on the biology of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 28(5):895-900.
- Tonhasca Jr, A. 1993. Effects of agroecosystem diversification on natural enemies of soybean herbivores. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 69(1):83-90.
- Weiss, MJ; Balsbaugh Jr, EU; French, EW; Hoag, BK. 1990. Influence of tillage management and cropping system on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna in the Northern Great Plains. *Environmental Entomology* 19(5):1388-1391.
- Wellings, PW; Dixon, AFG. 1987. The role of weather and natural enemies in determining aphid outbreaks. In Barbosa, P; Schultz, JC. eds. *Insect outbreaks*. San Diego, US, Academic Press. p. 313-346.
- _____; Chambers, RJ; Dixon, AFG; Aikman, DP. 1985. Sycamore aphids numbers and population density. 1. Some patterns. *Journal of Animal Ecology* 54(2):411-424.
- Wright, LC; Cone, WW. 1988. Population dynamics of *Brachycorynella asparagi* (Homoptera: Aphididae) on undisturbed asparagus in Washington state. *Environmental Entomology* 17(5):878-886.

Efecto de la rotación con leguminosas sobre la productividad del cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) y cultivos intercalados en Tabasco, México

Rubén García De la Cruz¹
Roberto García Espinosa²
María del Pilar Rodríguez Guzmán²
Héctor González Hernández²
David J. Palma López¹

RESUMEN. Los agroecosistemas que se establecen en las regiones tropicales suelen tener una productividad limitada si se comparan con la productividad original de los ecosistemas que sustituyeron. Sin embargo, se ha señalado la ocurrencia de sobreproductividad transgresiva con el uso de sistemas de policultivos. Para definir la posibilidad de sobreproductividad en sistemas de rotación con leguminosas y piña sola o en asociación con cultivos anuales, se estableció un experimento en Huimanguillo, Tabasco, México. El diseño usado fue de parcelas divididas, con cuatro repeticiones, en donde las parcelas grandes fueron *Mucuna deeringiana*, *Canavalia ensiformis* y sin rotación (testigo). Las parcelas chicas fueron los cultivos intercalados, que se establecieron en las calles anchas de las filas dobles de piña. El trabajo se desarrolló en tres fases: siembra de leguminosas, siembra de piña y siembra de cultivos intercalados: maíz y frijol negro asociados, maíz solo, y chile habanero solo. Los rendimientos de los cultivos intercalados obtenidos después de las rotaciones fueron altos en comparación con los de las parcelas sin rotación. En el caso de la rotación con *Mucuna*, el rendimiento de maíz solo fue de 3750 kg ha⁻¹, y asociado con frijol fue de 3875 kg ha⁻¹; para frijol fue de 634 kg ha⁻¹; y para chile habanero fue de 7551,8 kg ha⁻¹. La mayor productividad se obtiene con la rotación con leguminosas, y la aparente estabilidad se alcanza en corto tiempo. El potencial productivo de sistemas como este implica beneficios económicos hasta ocho veces mayores al simple monocultivo de piña.

Palabras clave: agroecosistemas, sobreproductividad, sobreproductividad transgresiva, estabilidad, *Mucuna deeringiana*, *Canavalia ensiformis*, policultivos.

ABSTRACT. Effects on pineapple productivity of rotating legumes and interspaced crops in Tabasco, Mexico. Agroecosystems established in tropical regions tend to have a rather limited productivity when compared to the original ecosystem's productivity. However, transgressive overyielding has been reported for mixed cropping systems in certain crop combinations. To define the possibility of transgressive overyielding in legume rotation systems followed by pineapple, alone or intercropped, an experiment was established in Huimanguillo, Tabasco, Mexico. A split-plot design was used, where the large plots were rotations with *Mucuna deeringiana*, *Canavalia ensiformis* and without rotation. The small plots were planted with corn alone or associated with beans, and Habanero hot pepper in the middle of pineapple rows. Yields of intercrops were high after legume rotations compared to without rotation. After *Mucuna*, corn yielded 3750 kg ha⁻¹; corn associated with beans yielded 3875 kg ha⁻¹; beans yielded 634 kg ha⁻¹ and Habanero pepper yielded 7551.8 kg ha⁻¹. The highest productivity was obtained with the legume rotation and apparent stability was achieved under a rather brief rotation time. Pineapple rotation-multicrop systems, particularly with *Mucuna*, represent a technically viable and economically profitable strategy.

Keywords: agroecosystems, transgressive overyielding, stability, pineapple, *Mucuna deeringiana*, *Canavalia ensiformis*, intercropping.

¹ Campus-Tabasco, Colegio de Postgraduados, 86500. H. Cárdenas, Tabasco. México. rubeng@colpos.mx

² Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillos, Edo de México, México. Tel. (95)95 20200 X 1661, rogar@colpos.mx

Introducción

En la mayoría de las regiones tropicales del mundo, la producción de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) se hace en monocultivo, provocando un desbalance del agroecosistema en grandes áreas tecnificadas, caracterizadas por la pérdida de suelo y la acelerada tasa de descomposición de la materia orgánica, ya que las tierras suelen ser rentadas (Rebolledo et ál. 1998). A largo plazo, esto resulta en la pérdida de la productividad del agroecosistema y en la necesidad de abandonar la tierra. Para lograr sistemas sustentables de producción, es necesario definir estrategias que permitan mantener el nivel de productividad en el largo plazo y el punto de partida debería ser el reconocimiento de agroecosistemas sustentables donde, por su buen balance, no ocurra pérdida violenta de la productividad.

Entre los escasos ejemplos de agroecosistemas sustentables en las regiones tropicales, se encuentran algunos esquemas de policultivo y rotación de cultivo para los cuales se ha documentado “sobreproducción transgresiva” para ciertas combinaciones de cultivos, que se explica en razón del uso independiente del nicho ecológico, o del establecimiento de una interacción de protooperación entre especies cultivadas. Vandermeer (1989) menciona que en esta interacción de protooperación destaca el efecto “facilitador” que ejerce una especie al favorecer en gran medida a otra u otras especies, anulando o superando la competencia entre ellas. Al respecto, se ha demostrado que el uso de ciertas leguminosas en rotación con maíz (*Zea mays*) en las regiones cálidas húmedas de México mejora significativamente su productividad. La estabilidad de este sistema se atribuye, entre otras razones, al abundante aporte de materia orgánica y de nitrógeno fijado a través de la simbiosis bacteriana con la raíz de las leguminosas; a la mejor nutrición del maíz por la rápida colonización de sus raíces con las micorrizas y por la reducción en la incidencia y daños a las raíces por fitopatógenos del suelo. Al parecer, la rotación con leguminosas hace posible que el productor eleve y mantenga altos rendimientos, logrando su permanencia en las mismas áreas de cultivo (García et ál. 1994).

Los objetivos de este trabajo fueron (a) definir si la rotación con leguminosas tropicales (siembra previa al cultivo de la piña) podría permitir y facilitar el establecimiento de cultivos anuales intercalados con este cultivo; y (b) realizar un análisis beneficio-costos del sistema leguminosas-piña en comparación con el sistema convencional de producción en monocultivo.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló entre mayo de 2000 y mayo de 2001, en el rancho “Agrícola San Pablo SPR de RL”, ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México; a

los 17°38'N y 93°29'O, con un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano; a 11 msnm; suelos franco arcillo arenosos y profundos, con buen drenaje y alto grado de intemperización, de media a baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases, pH ácido y deficiencia de fósforo, lo que los convierte en suelos restrictivos para muchos cultivos, sobre todo los anuales.

Se estableció un experimento de rotación leguminosas-piña y esta última, intercalada o no, con distintos arreglos de cultivos anuales. Se utilizó un diseño de parcelas divididas, con cuatro repeticiones, en donde cada parcela grande (24 × 20 m) fue sembrada con las leguminosas *Mucuna deeringiana* o *Canavalia ensiformis* (solas) y sin leguminosas (testigo). Las parcelas chicas fueron los cultivos intercalados, establecidos en medio de las filas dobles de piña (un total de 4 filas dobles con un área de 4 × 4 m). El trabajo se desarrolló en tres fases:

1) Siembra de leguminosas, para lo cual se depositaron de dos a tres semillas por golpe, utilizando macana, con distancia entre plantas de 40 cm y 50 cm entre hileras. La siembra de leguminosas se realizó el 26 de mayo de 2000, al inicio del período de lluvias. Las leguminosas fueron podadas con machete el 16 de septiembre del mismo año.

2) Siembra de piña cv. Cayena Lisa Regional, usando propágulos conocidos como “clavos”. Esto se llevó a cabo entre el 16 y 18 de septiembre del 2000. La distancia empleada para la piña fue de 40 cm entre plantas en doble fila, donde la distancia entre surcos fue de 50 cm y la distancia entre cada fila doble fue de 1 m. Cabe destacar que el material vegetativo sembrado no recibió tratamiento con plaguicidas.

3) Siembra de cultivos intercalados siete meses después de la siembra de las leguminosas y tres meses después de la siembra de piña (16 de diciembre del 2000). La siembra de maíz y frijol fue directa y la del chile habanero fue por trasplante. Se usó maíz y frijol negro asociados; maíz (solo), y chile habanero (solo).

No se realizó ninguna aplicación de fertilizante a lo largo del ciclo de los cultivos. En todos los cultivos se evaluaron parámetros de vigor como altura de la planta, diámetro del tallo y rendimiento (este último no se evaluó para piña, donde solo se realizó una estimación visual). A la piña, además, se tomó por muestreo el peso fresco de raíz y, por diferencia con el peso de raíz lavada, el peso de suelo adherido a la raíz (rizosfera). Las evaluaciones se realizaron a partir de la siembra de piña en septiembre de 2000 hasta mayo de 2001, con una periodicidad mensual, por lo que para los cultivos intercalados solo hubo tres evaluaciones. La primera fecha de muestreo fue el 28 de diciembre (3

meses después del corte de leguminosas), la segunda el 30 de enero y la tercera el 28 de febrero de 2001. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey, mediante el paquete SAS versión 6.12. También se calculó la relación beneficio-costos para los tres grandes agroecosistemas investigados, empleando el criterio propuesto por Gittinger (1983), en el que la relación beneficio-costos es el cociente que resulta de dividir el total de los beneficios entre el total de los costos, entendiéndose como beneficios la cantidad en que los ingresos totales de una empresa exceden sus costos totales y contribuyen al logro de un objetivo, y los costos como bienes y servicios que reducen el ingreso del agricultor.

Resultados y discusión

Productividad y estabilidad de los agroecosistemas

Los parámetros de vigor de las plantas de piña (Cuadro 1) bajo el sistema de rotación con la leguminosa *M. deeringiana* fueron más altos, y las diferencias entre tratamientos resultaron altamente significativas ($p \leq 0,0001$) respecto a la rotación con *C. ensiformis* y el testigo, sin diferencias significativas entre estos dos últimos.

En las tres fechas de muestreo, la altura de la piña (Figura 1) fue mayor ($p \leq 0,001$) bajo la rotación con *M. deeringiana*. Lo mismo ocurrió con el peso de raíces, ya que en cada fecha de muestreo fue mayor en la rotación con *M. deeringiana*, en comparación con el testigo y la rotación con *C. ensiformis* (Figura 2). En contraste, no hubo diferencias significativas en cuanto a los parámetros de vigor de piña en los sistemas con cultivos intercalados, por lo que el efecto se debe únicamente a las rotaciones (parcelas grandes).

Las diferencias entre rotaciones (con solo cuatro meses) y con el testigo sobre los parámetros de vigor de la piña indican un efecto benéfico de la rotación con *M. deeringiana*, mientras que, aparentemente, ocurre un efecto negativo con la rotación con *C. ensiformis* al compararla con el testigo (sin rotación), principalmente respecto a altura y diámetro de tallo. Estas diferencias

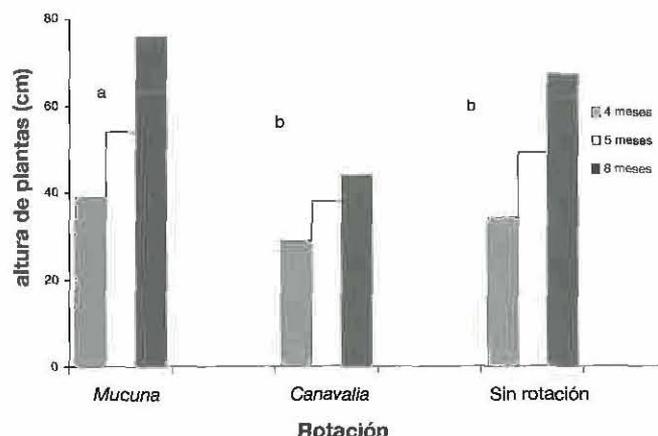


Figura 1. Altura de plantas de piña en tres fechas de muestreo, después de la rotación con leguminosas (letras iguales entre sistemas indican que no existe diferencia estadística significativa).

podrían atribuirse a algún efecto alelopático o a que *C. ensiformis* estimula algún componente de la microflora del suelo perjudicial al sistema de raíces de la piña (algún patosistema exacerbado, ver Maciel y García 1986).

Mención especial merece la notable diferencia en el peso del suelo adherido a la raíz de piña en la rotación con *M. deeringiana* (Cuadro 1), donde la raíz de piña presentó un promedio superior a los 23 g por muestra, mientras que sin rotación o con rotación de *C. ensiformis*, el peso fue de aproximadamente 7 g. Aunque no fue el objetivo de este trabajo ahondar sobre las interacciones microbianas de la raíz y el suelo, es claro que la rotación indujo un fuerte efecto de rizosfera que propició la retención en torno a la raíz (que en la piña es raíz desnuda) de una gran cantidad de suelo, probablemente debido a la gran actividad de endomicorizas, en un efecto que amerita ser estudiado a fondo y que no se observó en la rotación con *C. canavalia* y, desde luego, tampoco en el testigo sin rotación. El efecto de rizosfera observado podría explicar las diferencias, favorables a la rotación con *M. deeringiana*, de todos los parámetros de vigor de la piña y, al parecer, es un fenómeno nunca antes reportado en la literatura científica.

Cuadro 1. Valor promedio de los parámetros evaluados en las plantas de piña en cada agroecosistema, nueve meses después de la siembra

Parámetros de piña	Rotación con <i>Mucuna deeringiana</i>				Rotación con <i>Canavalia ensiformis</i>				Sin rotación (testigo)			
	Maíz	Frijol-maíz	Chile	Sin cultivo intercalado	Maíz	Frijol-maíz	Chile	Sin cultivo intercalado	Maíz	Frijol-maíz	Chile	Sin cultivo intercalado
Altura (cm)	77	78	76	75	44	45	44	43	73	66	67	63
Diámetro del tallo	7,1	7,3	7,2	7,1	5,2	5,3	5,0	5,1	6,1	6,4	6,7	6,6
Peso de raíz (g)	15,83	15,84	15,82	15,83	10,5	10,6	10,4	10,5	10,16	10,16	10,15	10,15
Suelo de rizosfera (g)	23,67	23,68	23,64	23,66	7,0	6,6	7,1	7,2	7,14	7,14	7,12	7,13

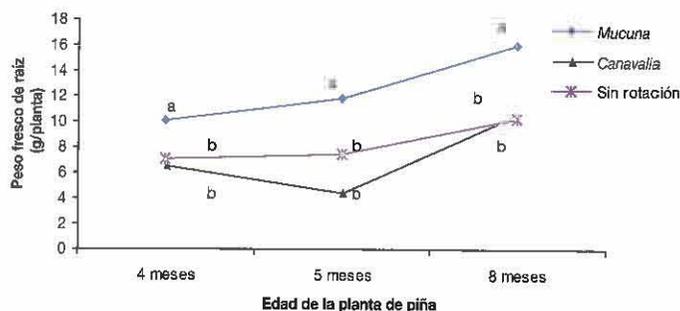


Figura 2. Peso de raíz de piña en tres fechas de muestreo, después de la rotación con leguminosas (letras iguales por fecha indican que no existe diferencia estadística significativa).

El efecto benéfico de las rotaciones fue muy claro sobre los cultivos intercalados, ya que en el testigo (sin rotación) la producción fue nula (Cuadro 2, Fig. 3). Aunque se sabe que normalmente en este tipo de suelos en la región los cultivos anuales no son posibles, sorprendieron los rendimientos obtenidos pues superaron por mucho a la media de los rendimientos estatales.

Cabe destacar que la siembra de los cultivos intercalados no pareció afectar los parámetros de vigor de la piña, sobre todo en la rotación con *M. deeringiana*, por lo que el uso de estas leguminosas en rotación, particularmente con *M. deeringiana*, acrecienta el potencial de productividad del agroecosistema. De esta manera, la rotación con leguminosas hace posible que el productor eleve y mantenga constantes los rendimientos, sin necesidad de abandonar temporalmente la tierra (Quiroga et ál. 1992).

La estabilidad resultante en el agroecosistema parece depender de aspectos biológicos del suelo, fenómeno en el que se ha involucrado la reducción al daño radical por fitopatógenos (García et ál. 1994). También parece importante que en los agroecosistemas ensayados, donde se usa el cultivo previo de leguminosas (rotación), la siembra de cultivos intercalados resulta en una productividad acrecentada comparada con la productividad del testigo (sin rotación), en lo que pudiera interpretarse como una sobreproducción transgresiva, ya que el cultivo principal

(la piña) no es afectado en su desarrollo. De acuerdo con Vandermeer (1989), en agroecosistemas con policultivos puede ocurrir este tipo de sobreproductividad y, según Trenbath (1970), este puede ser un fenómeno en el que la protooperación entre especies cultivadas sustituye la competencia entre especies. En ciertas combinaciones de cultivos puede observarse el fenómeno al que Vandermeer denomina "facilitación", el cual significa que una especie facilita el mejor desarrollo de otra u otras especies. En este trabajo se evidencia que el cultivo previo (rotación) con leguminosas tropicales, principalmente con *M. deeringiana*, facilita un mejor desarrollo de los cultivos intercalados con la piña, a tal grado que solo donde se practicaron rotaciones fue posible obtener cosecha de los cultivos intercalados (Cuadro 2, Fig. 3). La reducción de la competencia, la protooperación que se establece entre especies cultivadas en rotación o en cultivos múltiples resultante en la facilitación, puede ser explicada para agroecosistemas tropicales, al menos en parte, por la reducción del impacto dañino del patosistema edáfico, que de acuerdo con Summer et ál. (1981) se observa en policultivos, ya que las plantas generalmente muestran mejor salud y vigor por la gran diversidad de raíces en el suelo. Es importante comentar también que el método de cultivo practicado en este trabajo corresponde a la llamada "labranza cero", no hubo roturación del suelo, situación que según Summer et ál. (1981) resulta en un bajo impacto del patosistema edáfico en las regiones tropicales.

Relación costo-beneficio de los agroecosistemas estudiados

El difícil proceso de comercialización que sufren los productores de piña para colocar su producto reduce el margen de rentabilidad. De acuerdo con Rebolledo et ál. (1998), tomando en cuenta la información financiera de la rentabilidad del cultivo en los últimos cinco años, para la cosecha de 1997 estimaron un costo de producción por tonelada de fruta fresca de \$750. Con base en un costo

Cuadro 2. Rendimiento (kg ha^{-1}) de cultivos intercalados en piña, obtenidos en cada agroecosistema

Rendimiento de los cultivos intercalados con piña	<i>Mucuna deeringiana</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	Sin rotación
Maíz solo	3750	3750	0
Maíz ⁽²⁾ -frijol	3875	3812	0
Frijol ⁽³⁾ -maíz	634	475	0
Chile habanero	7552	7055	0

Notas: ⁽²⁾ Se refiere únicamente al rendimiento de maíz cuando fue asociado con frijol; ⁽³⁾ se refiere únicamente al rendimiento de frijol cuando fue asociado con maíz.

Cuadro 3. Costos de producción y beneficios (US\$) estimados por agroecosistema, en comparación con el monocultivo piña regional

Agroecosistema	Costo de producción total/ ha	Valor de la producción total/ ha ^a	Ganancia total estimada	Relación beneficio-costo
<i>Mucuna deeringiana</i>				
Piña- maíz (sólo)	1778,4	6570,0	4791,6	3,7
Piña- maíz-frijol	1787,1	7229,0	5441,9	4,0
Piña- chile habanero	2007,9	17147,2	15.139,6	8,5
Piña sola	1765,5	5820,0	4054,5	3,3
<i>Canavalia ensiformis</i>				
Piña- maíz (sólo)	1869,3	6570,0	4700,7	3,5
Piña- Maiz-frijol	1886,3	7058,2	5171,9	3,7
Piña-chile habanero	2106,9	16.402,5	14.295,6	7,8
Piña sola	1864,3	5820,0	3955,7	3,1
Testigo				
Piña- maíz (sólo)	1628,4	2871,2 ^b	1242,8	1,7
Piña- maíz-frijol	1645,2	2871,2 ^b	1266,0	1,7
Piña-chile habanero	1866,0	2871,2 ^b	1005,2	1,50
Piña sola	1623,5	2871,2 ^b	1247,7	1,7
Monocultivo comercial ^c	4672,2	5820,0	1163,6	1,2

^a El valor de la producción se estimó con base en rendimientos de piña de 75 ton/ha, y rendimiento de cultivos intercalados según el valor estimado de cada cultivo; ^b no hubo rendimiento de intercalados y el rendimiento de piña es la mitad de lo esperado en las rotaciones y el monocultivo regional; ^c Información proporcionada por el Ing. Víctor Vásquez Pichardo (2001, Agrícola San Pablo SPR de R.L, Huimanguillo, Tabasco, comunicación personal).

total de producción por hectárea de \$40.000, el costo se recupera con 53 toneladas. Por fortuna, la producción que se alcanza mediante el empleo de un sistema tecnológico mecanizado es de 70 toneladas, por lo que queda un margen de ganancia de 17 t ha⁻¹.

Los costos de producción de piña en la región son muy elevados, ya que de acuerdo con la información proporcionada por el Sr. Víctor Vásquez Pichardo, productor colaborador en esta investigación (uno de los mayores productores de piña en la región), el costo de producción por hectárea para el año 2000 fue de alrededor de \$46.722 por ciclo productivo (comunicación personal).

Frente a estos costos, los agroecosistemas ensayados prometen arribar a un sistema de cultivo de piña estable (sustentable) y convertirse en una alternativa muy rentable para los agricultores, con rendimientos de piña estimados en 75 t ha⁻¹, con excepción del testigo experimental, donde se espera una producción máxima de 37,5 t ha⁻¹, debido principalmente a la invasión masiva de malezas (gramíneas). Considerando que el valor comercial normal del cultivo de piña para las cosechas de enero en la región es de \$58.200 (Rebolledo et ál. 1998), la estimación de las ganancias y de la relación beneficio/costo (Cuadro 3) fue obtenida con base en la estimación de precios de los diferentes cultivos intercalados (ASERCA 2002). Para el caso del maíz, fue de \$2000 por tonelada; para frijol negro de \$10.000 por

tonelada; y para chile habanero de \$15.000 por tonelada.

En el agroecosistema sin rotación, la relación beneficio-costo fue muy cercana a la que muestra la producción comercial; es decir, cuesta menos, pero produce menos, también. Por otro lado, contamina menos, al eliminar el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos. En cambio, las rotaciones con cultivos intercalados pueden elevar la relación beneficio-costo hasta 8,5, como es el caso del sistema *M. deeringiana*-piña-chile habanero. La rentabilidad y la sustentabilidad de los sistemas que emplean rotaciones con leguminosas, particularmente *M. deeringiana*, es evidente y crea una estrategia viable y económicamente rentable para los productores de piña del trópico húmedo.

La rotación con la leguminosa *M. Deeringiana*, aunque breve, tuvo un efecto notable en los parámetros de vigor de la piña, con un atractivo fenómeno de adhesión de partículas de suelo al sistema de raíces que amerita ser investigado.

La siembra de los cultivos intercalados no pareció afectar los parámetros de vigor de la piña, sobre todo en la rotación con *M. deeringiana*, por lo que el uso de esta leguminosa en rotación acrecienta el potencial de productividad del agroecosistema.

Cuando en el agroecosistema se incluyen rotaciones con leguminosas, particularmente *M. deeringiana*, emerge una aparente estabilidad en el agroecosistema que resulta



Figura 3. Efecto benéfico del cultivo previo de *Mucuna deeringiana* sobre el cultivo intercalado de maíz; (a) parcela de maíz después de *M. deeringiana*; (b) maíz sin rotación previa.

en su productividad sostenida. Esta propiedad desde luego está ausente cuando la piña se siembra en monocultivo, y esta propiedad emergente permite lo que normalmente en la región parece imposible en este agroecosistema: obtener cosechas de otros cultivos además de la piña, lo que genera una alternativa apreciable para el ingreso familiar.

Literatura citada

- ASERCA. 2001. Apoyos y Servicios a la Comercialización de Productos Agrícolas (en línea). Organismo dependiente de la SAGARPA. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/aserca>
- García E, R; Quiroga M, R; Granados A, N. 1994. Agroecosistemas de productividad sostenida de maíz, en las regiones cálidas húmedas de México. In Thurston, Smith, Abawi, Kearl. eds. Tapado: los sistemas de siembra con cobertura. CATIE y CIIFAD. p. 97-108.
- Gittinger, JP. 1983. Análisis económico de proyectos agrícolas. 2 ed. Madrid, ES, Tecnos. 532 p.
- Maciel I, D; García E, R. 1986. Efecto de la siembra previa de tres leguminosas tropicales sobre el cultivo del maíz y sus fitopatógenos del suelo. Revista Mexicana de Fitopatología 4:98-108.
- Quiroga M, RR; García E, R; Zavaleta M, E; Rodríguez G, P. 1992. Impacto reducido del patosistema edáfico del maíz (*Zea mays* L.) en el sistema de rotación maíz-calabaza-frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum* Bort.) en Tabasco, México. Revista Mexicana de Fitopatología 10:103-115.
- Rebolledo M, A; Uriza E, D; Rebolledo M, L. 1998. Tecnología para la producción de piña en México. México, INIFAP. 159 p. (Folleto Técnico no. 20).
- Stewart, BA, Robinson, CA. 1996. Are agroecosystems sustainable in semiarid regions? Training workshop on sustainable agroecosystems and environmental issues. Canyon, TX, US, West Texas and W. University. s.p.
- Summer, DR; Douppnik, B Jr, Boosalis, MG. 1981. Effects of Reduced Tillage and Multiple Cropping on Plant Diseases. Annual Review of Phytopathology 19:167-187.
- Trenbath, BR. 1970. Biomass productivity of mixture. Agricultural Research. University of Adelaide. Adelaide South Australia. ADV, Agron. 26:177-210.
- Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press. 273 p.

El efecto de prácticas agronómicas sobre el nivel poblacional de áfidos y virosis en *Carica papaya* L.

Wilfredo Robles¹
Alberto Pantoja²
Edwin Abreu³
Jorge Peña⁴
Juan Ortiz⁵
Maria de L. Lugo⁶
Mildred Cortés⁷
Raul Macchiavelli⁸

RESUMEN. Se completaron estudios de campo en las Estaciones Experimentales de la Universidad de Puerto Rico en Isabela y Corozal con el fin de estudiar el efecto de plástico reflector, plástico negro, cobertores verdes (malezas y *Wedelia trilobata*) y suelo descubierto (testigo) sobre el nivel poblacional de áfidos y la presencia de síntomas visuales de virosis en papaya. En ambos experimentos se utilizó la variedad cultivada PR 6-65, en un arreglo completamente aleatorizado, con cinco repeticiones. La presencia de síntomas virales fue determinada cada 15 días mediante inspección visual. La abundancia relativa de áfidos alados fue determinada semanalmente. Se calculó el promedio de áfidos por día por tratamiento. En Isabela, el uso de plástico reflectivo y negro redujo la densidad relativa de áfidos y retrasó la aparición de síntomas virales. En ambas localidades, los mejores rendimientos fueron asociados a las parcelas con uso de plástico cobertor. El uso del cobertor verde, *W. trilobata*, no afectó la abundancia relativa de áfidos. Se observó un mayor número de áfidos en parcelas con malezas. Se concluye que el uso de cobertor plástico es efectivo contra la aparición de áfidos y síntomas virales en papaya.

Palabras clave: papaya, *Carica*, áfidos, virosis, cobertor, *mulch*.

ABSTRACT. Effects of cultural practices on the incidence of alate aphids and virosis on *Carica papaya* L. Trials were conducted at the Agricultural Experimental Station of the University of Puerto Rico at Isabela and Corozal to evaluate the effect of reflective plastic mulch, black plastic mulch, green cover crop (weeds and *Wedelia trilobata*) and bare ground on the incidence of alate aphids and visual symptoms of viral diseases. In both experiments the PR 6-65 variety was used in a completely randomized design with 5 repetitions. The presence of viral symptoms was determined visually every 15 days. The relative abundance of aphids was determined weekly and the total mean number of aphids per day calculated for each treatment. In Isabela, the use of plastic mulch (reflective and black) reduced aphid population density and delayed the appearance of viral symptoms. In both localities, the best yields were related to the use of plastic mulch. The cover crop, *W. trilobata*, did not affect aphid density, whereas, aphid relative density increased on weedy plots. We concluded that the utilization of plastic mulch is an effective practice against aphids and viral diseases in papaya.

Keywords: papaya, *Carica*, aphids, virosis, mulch.

¹ Departamento de Protección de Cultivos, Univ. de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico, P.O. Box 9030, Mayagüez, PR 00680.

² USDA-ARS, P.O. Box 757200, Fairbanks, Alaska 99775, EUA.

³ Estación Experimental Agrícola, 2090 Av. Militar, Isabela, Puerto Rico 00662.

⁴ University of Florida, TREC, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031, EUA.

⁵ Estación Experimental Agrícola, HC-02 Box 10322, Corozal, Puerto Rico 00783.

⁶ Estación Experimental Agrícola, P.O. Box 1306, Gurabo, Puerto Rico 00778.

⁷ Estación Experimental Agrícola, 1193 Guadaluca, San Juan, Puerto Rico 00926.

⁸ Universidad de Puerto Rico, P. O. Box 9030, Mayagüez, Puerto Rico 00681.

Introducción

La papaya, *Carica papaya* L., se cultiva extensamente en los trópicos y subtropicos cálidos, siendo utilizada como fruta fresca y elaborada (Pantoja et ál. 2002). La producción de papaya se limita severamente por enfermedades virales transmitidas en forma no persistente por áfidos (Higa y Namba 1971). La virosis causada por el virus del anillado de la papaya (PRSV, siglas en inglés de *Papaya ringspot virus*) es el principal limitante en la producción de papaya en Puerto Rico, Florida, Hawai, el Caribe, África, Australia y Guam (Namba y Kawanishi 1966, Shaefers 1969, McMillan 1993, Abreu 1994, Zimmerman 1994, Davis y Ying 1999, Medina y Franqui 1999, Hernández 2001, Pantoja et ál. 2002). Entre los daños causados por virosis están la interrupción del flujo de látex, torcimiento de las hojas, detenimiento en el desarrollo de la planta y reducción en el tamaño, cantidad y calidad de las frutas (Cook 1931, Adsuar 1947).

El control de áfidos en papaya es difícil, ya que las especies reportadas en la literatura no colonizan el cultivo (Martorell 1976, Abreu 1994, Pantoja et ál. 2002). En Puerto Rico, la presencia de diez especies de áfidos asociados al cultivo de la papaya dificulta la toma de decisiones de control, porque las especies no pueden ser distinguidas fácilmente y se desconoce la capacidad vectora de algunas de ellas (Pantoja et ál. 2002, 2005).

All (1999) recomienda el uso de cobertores plásticos reflectivos para el manejo de áfidos vectores de enfermedades virales en vegetales y ornamentales. En Puerto Rico, el uso de cobertores plásticos para el manejo de áfidos y enfermedades virales en el cultivo de papaya no se ha documentado. Este estudio pretende (i) determinar la influencia del uso de cobertores verdes y plásticos sobre el nivel poblacional de áfidos y (ii) relacionar la densidad relativa de áfidos con los síntomas de virosis en el cultivo.

Materiales y métodos

Se establecieron siembras de papaya (variedad cultivada PR-6-65) en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Corozal e Isabela para el año 2000 y 2001. Estas localidades son tradicionalmente áreas de alta producción de papaya en la isla. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones por tratamiento, con una distancia de siembra de 3,0 metros entre hilera y 1,2 metros entre planta. Como unidad experimental se utilizó una parcela (72,0 m²) compuesta de veinte plantas sembradas en una hilera, para un total de 100 plantas por tratamiento. El programa de manejo agronómico utilizado fue el establecido en el Conjunto Tecnológico para la Producción de Papaya (Estación Experimental Agrícola

1987). Los tratamientos evaluados en la siembra de Corozal fueron: (i) uso de plástico plateado reflectivo; (ii) uso de plástico plateado reflectivo acompañado de cobertor vivo *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. (Compositae); (iii) uso de cobertor vivo solamente (*W. trilobata*); y (iv) testigo (terreno sin malezas y sin plástico). En Isabela se evaluaron los siguientes tratamientos: (i) uso de plástico plateado reflectivo; (ii) uso de plástico opaco; (iii) malezas de diferentes especies predominantes en el área; y (iv) testigo (terreno sin malezas y sin plástico). Ambas localidades contaron con riego por goteo. *Wedelia* fue seleccionada por sus propiedades repelentes contra otros homópteros, como la mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae), cuando se usa como cobertor verde (Bastidas 1999).

Para determinar la abundancia relativa de los áfidos alados se realizaron muestreos semanales mediante el uso de una trampa con agua, según describen Villanueva y Peña (1991). Cada semana, se capturaron áfidos durante 3 días consecutivos y fueron transportados al laboratorio y conservados en alcohol al 70%. Los datos de áfidos alados recolectados se agruparon según su réplica y tratamiento, y se calculó el número de áfidos alados por día (AAD) por tratamiento. La incidencia de árboles con síntomas visuales de virosis (SVV) se evaluó dos veces al mes mediante evaluación visual de síntomas virales en la planta, según describe Adsuar (1947). En cada muestreo se anotó el número de plantas con SVV en cada parcela y se calculó el promedio de días para alcanzar el 100% de SVV en la parcela.

El rendimiento se calculó con base en el peso de frutas mercadeables cosechadas siguiendo la descripción del Conjunto Tecnológico para la Producción de Papaya (Estación Experimental Agrícola 1987). Los datos de rendimiento, AAD y días a la aparición de SVV fueron analizados utilizando el programa SAS (SAS 2000) y las medias separadas utilizando la prueba de LSD al 5% de probabilidad.

Resultados y discusión

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el número de AAD entre tratamientos en Isabela (Cuadro 1, Figura 1), pero no en Corozal (Cuadro 2, Figura 2). En Isabela, los dos tratamientos con plástico presentaron el menor número de AAD comparados con las parcelas donde no se controlaron las malezas (Cuadro 1, Figura 1). El testigo presentó un valor de 0,19 AAD, siendo estadísticamente similar al uso de plásticos y al tratamiento sin control de malezas. El nivel poblacional de AAD en parcelas con malezas puede atribuirse a la disponibilidad de hospederos alternos para los áfidos.

Cuadro 1. Promedio de áfidos alados/día bajo cuatro tratamientos en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, Puerto Rico (2000-2001)

Tratamiento	Áfidos alados/día	Días para 100% virosis	kg/ha
Testigo	0,19 ab	93 a	4637 a
Malezas	0,26 a	97 a	3990 a
Plástico reflectivo	0,13 b	112 b	9185 a
Plástico opaco	0,14 b	115 b	7626 a

Nota: medias con igual letra en igual columna no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$) según la prueba LSD.

La importancia de la presencia de malezas sobre la llegada y permanencia de áfidos alados en la papaya fue documentada por Villanueva y Peña (1991). El bajo nivel poblacional de áfidos en parcelas con plástico en Isabela puede atribuirse al efecto repelente del cobertor plástico contra áfidos. Los resultados de este estudio coinciden con reportes de cucurbitáceas realizados por Larios y Orozco (1997) y en papaya por Villanueva y Ortega (1993), donde las poblaciones de áfidos son menores con la utilización de cobertores con respecto al testigo. En México, el uso de barreras vegetales (*Zea mays*, *Hibiscus sabdariffa*) en combinación con aspersiones con citronila, plantas sanas al trasplante, aspersiones de extractos acuosos de nim y la eliminación semanal de plantas enfermas alarga el período de cosecha de la fruta (Hernández et ál. 2000). En general, las poblaciones de AAD en la Estación Experimental de Isabela se mantuvieron bajas, con un valor máximo de 0,68 AAD (Figura 1). En Corozal, las poblaciones alcanzaron densidades promedio de 16 AAD (Figura 2).

En Isabela se observó una reducción significativa ($P < 0,05$) en la incidencia de SVV y un retraso en los días transcurridos antes de la aparición de síntomas en parcelas

con cobertor plástico, con relación a las parcelas con presencia de malezas y el testigo (Figura 3). Este efecto es notable hasta los 90 días después del trasplante (DDT), cuando el porcentaje de árboles con SVV es similar entre los tratamientos. Las parcelas con cobertor plástico alcanzaron un 32% de incidencia de SVV en relación con las parcelas con malezas y el testigo. El aumento del porcentaje de árboles con SVV coincide con un aumento en la densidad insectil (Figura 1). El retraso detectado en los días transcurridos antes de la aparición de SVV se puede atribuir a la efectividad de los cobertores plásticos para afectar la población de áfidos durante los primeros 90 días después de la siembra (Figura 2). No queda claro por qué el porcentaje de árboles con SVV es menor en Corozal a pesar de haberse registrado allí el mayor nivel poblacional de áfidos por día (Cuadro 1, Figura 1); sin embargo, nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Ramírez (1997), donde el porcentaje de árboles con síntomas de virosis en Corozal fue más bajo con relación a Isabela.

Las diferencias observadas entre Corozal e Isabela en el porcentaje de árboles con SVV podrían estar influenciadas por una siembra de papaya abandonada y completamente

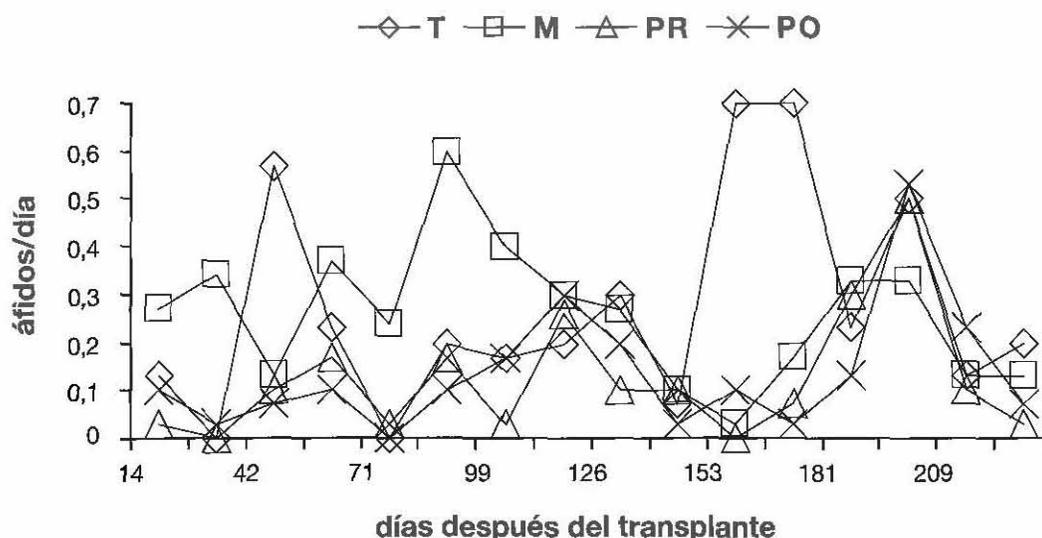


Figura 1. Promedio de áfidos alados capturados por día bajo cuatro tratamientos en la Estación Experimental Agrícola Isabela, Puerto Rico (2000- 2001).

Cuadro 2. Promedio de áfidos alados/día bajo cuatro tratamientos en la Estación Experimental Agrícola de Corozal, Puerto Rico (2000-2001)

Tratamiento	Áfidos alados/día	kg/ha
Testigo	1,78 a	8690 b
<i>Wedelia trilobata</i>	2,36 a	214 c
Plástico	2,47 a	13.239 a
Plástico + <i>W. trilobata</i>	2,36 a	3160 c

Nota: medias con igual letra en igual columna no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$) según la prueba LSD.

infestada con virosis localizada a una distancia de 100 metros del predio experimental de Isabela y la ausencia de fuentes de inóculo en Corozal, donde solo un árbol presentó síntomas de virosis. La disponibilidad de inóculo es un factor determinante en la incidencia de virosis en campos de papaya (Arenas et ál. 1992). Además, los cultivos que predominaron en Corozal durante el estudio fueron farináceos y cítricos, los cuales no son hospederos de virus de la papaya. En Isabela se cultivan diferentes especies de cucurbitáceas y papaya, las cuales sí son hospederas del virus (Plant Viruses Online 2004).

El rendimiento presentó una alta variabilidad entre plantas, parcelas y localidades. La gran variabilidad en rendimiento puede estar influenciada por la variabilidad genética del material utilizado (PR-6-65). En el campo se observaron diferentes formas y tamaño de frutos, lo que sugiere una baja uniformidad genética de este material. Dado que la aparición de SVV fue documentada por medios visuales solamente, no es posible establecer la relación entre el número de árboles con SVV y las pérdidas en rendimiento. Se requieren estudios adicionales, donde se mida la incidencia viral por medios serológicos para

correlacionarlos con la dinámica poblacional de los vectores y las pérdidas en rendimiento.

La presencia de *W. trilobata* como cultivo acompañante no afectó el nivel poblacional de áfidos relacionados al cultivo de papaya, pero los rendimientos en parcelas con *W. trilobata* fueron significativamente ($P < 0,05$) menores que en parcelas sin el cultivo acompañante (Cuadro 2). Este resultado contrasta con lo obtenido en el cultivo de tomate, donde el uso de *W. trilobata* redujo las poblaciones de la mosca blanca, *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homóptera: Aleyrodidae) pero no el rendimiento de tomate (Bástidas 1999).

Las parcelas con plástico presentaron el mayor rendimiento, con 13.239 kg ha⁻¹ de fruta mercadeable. El testigo obtuvo un rendimiento intermedio de 8690 kg ha⁻¹. Las parcelas con *W. trilobata* y plástico + *W. trilobata* arrojaron rendimientos de 214 y 3160 kg ha⁻¹, respectivamente. Al comparar los resultados de rendimiento con la utilización de plástico se observa que Corozal (13.239 kg ha⁻¹) es superior a Isabela (9185 kg ha⁻¹). Estos resultados sugieren que la alta incidencia de árboles con SVV detectada en Isabela es un factor determinante y limitante en el rendimiento de

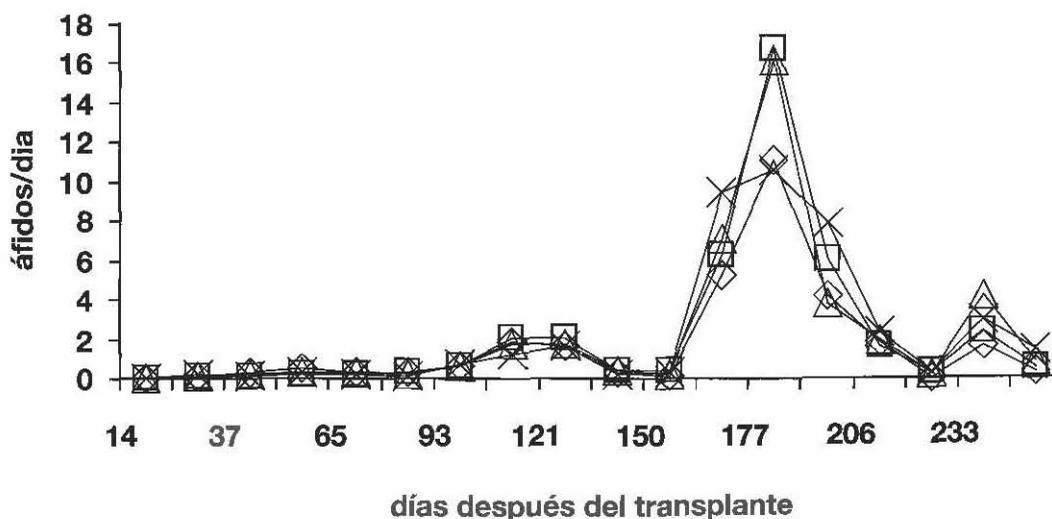


Figura 2. Promedio de áfidos alados capturados por día bajo cuatro tratamientos en la Estación Experimental Agrícola de Corozal, Puerto Rico (2000- 2001).

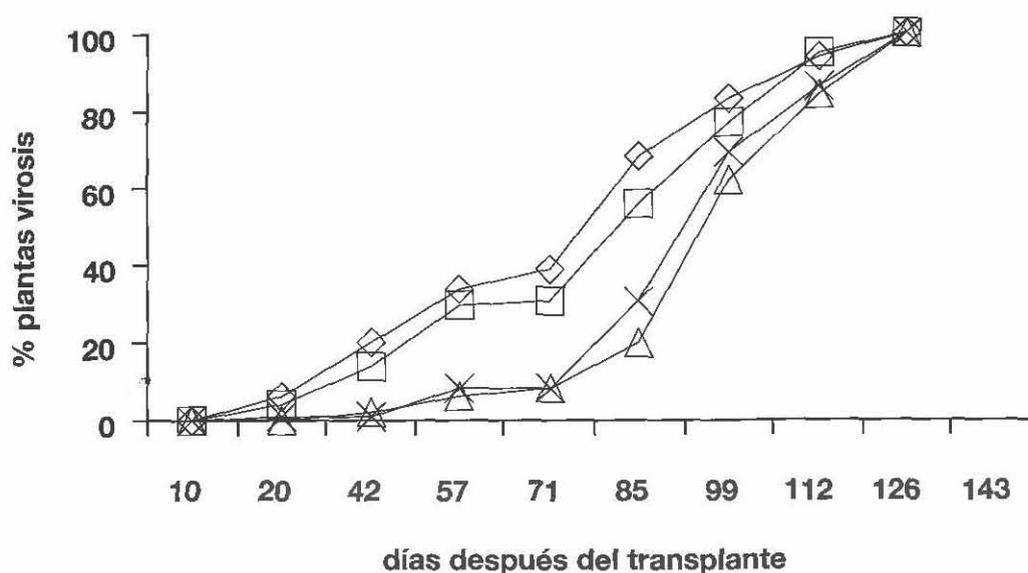


Figura 3. Porcentaje de plantas con síntomas visuales de virosis bajo cuatro tratamientos en la Estación Experimental Agrícola Isabela, Puerto Rico (2000-2001).

la papaya. El porcentaje de árboles con SVV en Isabela fue mayor con relación a Corozal, aun con la utilización de cobertores plásticos. El retraso en la aparición o la baja incidencia de árboles con SVV promueve a que la planta desarrolle un mayor número de frutos y por consiguiente se obtiene un mayor rendimiento (Hernández 2001). El mayor rendimiento obtenido en las parcelas con cobertores plásticos con relación al testigo coincide con lo reportado para los cultivos de sandía y pimiento (Hochmuth y Hochmuth 1994). La conservación de humedad y nutrientes en el suelo con la utilización de cobertores plásticos se refleja en aumentos en el rendimiento (Halsey 1985). Las parcelas con malezas reflejaron rendimientos inferiores; esto sugiere que la interferencia o competencia de las malezas con el cultivo de papaya puede afectar el rendimiento.

Los resultados de este estudio serán de valor en la formulación de programas de manejo integrado de malezas en papaya. El uso de cobertores plásticos parece ser una práctica recomendable para el manejo de los áfidos en la papaya. Se requieren sin embargo estudios económicos para determinar la viabilidad económica del uso de plásticos cobertores con relación al beneficio de la reducción en la virosis. Dadas las diferencias en densidad insectil entre Isabela y Corozal, se deben llevar a cabo más estudios epidemiológicos en Isabela, donde existe una alta presión viral.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el programa Tropical Subtropical Agricultural Research Program (TSTAR) Project #93.

Se agradece la ayuda técnica de la administración y obreros de las Estaciones Experimentales de Isabela y Corozal. Los autores agradecen los comentarios técnicos de Rita E. Duncan, Universidad de Florida, Homestead, y Rosa A. Franqui, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, a una versión previa de este manuscrito.

Literatura citada

- Abreu, E. 1994. Insectos de la papaya y prácticas de control. In Foro: Cultivo, Producción y Manejo de Papaya (Estación Experimental Agrícola de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, 1994). Memorias. Aguadilla, Puerto Rico. p. 58-62.
- Adsuar, J. 1947. Studies on virus diseases of papaya (*Carica papaya*) in Puerto Rico I Transmission of papaya mosaic. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 31(3):248-256.
- All, J. 1999. Cultural approaches to managing arthropod pests. In Ruberson, JR. ed. Handbook of Pest Management. New York, US, Marcel Dekker. p. 395-415.
- Arenas, L; Ávila, C; Cárdenas, E; Etchéveres, J; Flores, C; García, E; González, V; Matheis, L; Mora, A; Mora, G; Nieto, D; Riestra, D; Téliz, D; Velásquez, J; Villanueva, J. 1992. La virosis del papayo en Veracruz: etiología y control. Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz (5, 1992). Resultados y Avances de Investigación. Veracruz, MX. p. 62-71.
- Bastidas, H. 1999. Biocontrol de *Bemisia argentifolii* (Homóptera: Aleyrodidae) en el cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum*. Tesis de Maestría. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 53 p.
- Cook, MT. 1931. New virus diseases of plants in Porto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 15:193-195.
- Davis, MJ; Ying, Z. 1999. Genetic diversity of the papaya ringspot virus in Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society* 112:194-196.
- Estación Experimental Agrícola (EEA). 1987. Conjunto Tecnológico para la producción de papaya. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. 16 p.

- Halsey, LA. 1885. Cost comparison of conventional and direct seeded plastic mulch watermelons in north Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society* 98:278-281.
- Hernández, E. 2001. Comportamiento del virus de la mancha anular del papayo, bajo tres sistemas de manejo en el cv. "Maradol Roja", en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Tesis Maestría, Veracruz, MX, Colegio de Postgraduados. 93 p.
- _____; Riestra, D; García, E; Ortega, LD; Mosqueda, R. 2000. Respuesta del virus de la mancha anular del papayo (PRSV) en tres sistemas de manejo. *Manejo Integrado de Plagas* 58:21-28.
- Higa, SY; Namba, R. 1971. Vectors of the papaya mosaic virus in Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 21:93-96.
- Hochmuth, HF; Hochmuth, G. 1994. Response of pepper and watermelon to paper and polyethylene mulches in two spring seasons in north Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society* 107:102-105.
- Larios, J; Orozco M. 1997. Effect of polyethylene mulch color on aphid populations, soil temperature, fruit quality, and yield of watermelon under tropical conditions. *Journal of Crop and Horticultural Science* 25(4):369-374.
- Martorell, LF. 1976. Annotated Food Plants Catalog of the Insects of Puerto Rico. Rio Piedras, Puerto Rico, University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station. 303 p.
- McMillan, RT. 1993. Reoccurrence of papaya mosaic potexvirus in Florida. *Proceedings Florida State Horticultural Society* 106:146-147.
- Medina, S; Franqui, RA. 1999. La Entomología Económica en Puerto Rico. Insectos y Ácaros de los Frutales en Puerto Rico VI: Plagas de la papaya, *Carica papaya* L. *Agrotemas de Puerto Rico* 10(4):20-22.
- Namba, R; Kawanishi, CY. 1966. Transmission of papaya mosaic virus by the green peach aphid. *Journal of Economic Entomology* 59:669-671.
- Pantoja, A; Follet, P; Villanueva, JA. 2002. Pests of Papaya. In Peña, J; Sharp, J; Wysoki, M. eds. *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies, and Control*. Londres, UK, CAB International. p. 131-156.
- Pantoja, A; Peña, J; Robles, W; Abreu, E; Halbert, S; Lourdes Lugo, M de; Hernández, E; Ortiz, J. 2005. Aphids associated with papaya plants in Puerto Rico and Florida. *J. Agric. University of Puerto Rico* 90: 99-107.
- Plant Viruses Online. 2000. Disponible en <http://image.fs.vidaho.edu/vide/sppindex.htm>
- Ramírez, L. M. 1997. Identificación del insecto vector y transmisión del cogollo racimoso de la papaya. Tesis de Maestría. Mayagüez, Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico. 48 p.
- SAS. 2000. SAS Institute. Cary, NC, US.
- Shaefers, GA. 1969. Aphid vectors of the papaya mosaic viruses in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 53:1-13.
- Villanueva, JA; Ortega, LD. 1993. Cintas reflejantes contra áfidos alados vectores del virus de la mancha anular, en manejo integrado de papayo. Congreso Nacional de Horticultura (5, Veracruz, 1993). Programa Científico y Memoria. Veracruz, MX. p. 104.
- _____; Peña, R. 1991. Áfidos (Homoptera:Aphididae) colectados en "trampas amarillas de agua" en la planicie costera de Veracruz, México. *Agrociencia, Serie Protección Vegetal* 2(1):7-20.
- Zimmerman, TW. 1994. Papaya ringspot virus: A Scourge to papaya production. In Foro: Cultivo, Producción y Manejo de Papaya. Estación Experimental Agrícola de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, 1994, Aguadilla, Puerto Rico. p. 38-4.

Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional

Rogério Antônio Silva¹
Paulo Rebelles Reis¹
Brigida Souza²
César Freire Carvalho²
Geraldo Andrade Carvalho²
Luciano Veiga Cosme²

RESUMO. Com o objetivo de conhecer a dinâmica temporal de *Chrysoperla externa* (Hagen) em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional, experimentos foram conduzidos nas fazendas Cachoeira e Taquari, município de Santo Antônio do Amparo, MG. Foram realizadas amostragens mensais, em dez plantas de café em cada sistema de cultivo, em uma área de aproximadamente um hectare, de abril de 2001 a setembro de 2003. Um maior número de ervas infestadas em cafeeiros conduzidos em sistema orgânico, possivelmente beneficiados pelo maior número de insetos foi capturado em cafeeiros em relação ao convencional, que serviram como abrigo e fonte de alimento. Houve um aumento no número de insetos coletados a partir do mês de maio, com pico populacional em setembro, em ambos os sistemas de cultivo. A partir desse mês e com o início do período chuvoso, a densidade populacional de *C. externa* declinou, registrando-se uma baixa ocorrência nos meses de novembro a março, sendo dezembro e janeiro os meses críticos. Foi observada uma correlação negativa entre a densidade populacional desse crisopídeo, temperatura e precipitação pluvial, nos dois sistemas de cultivo de café. Com redução na precipitação pluvial e da temperatura do ar, ocorreu um aumento no número de adultos, revelando que essas condições climáticas propiciam o aumento populacional desse predador no agroecosistema cafeeiro.

Palavras chave: *Coffea arabica*, crisopídeo, temperatura, precipitação pluvial.

RESUMEN. Fluctuación poblacional de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) en cafetales manejados en sistema orgánico y convencional. Con el objetivo de conocer la dinámica temporal de *Chrysoperla externa* (Hagen) en cafetales conducidos en sistemas orgánico y convencional, se llevaron a cabo experimentos en las haciendas Cachoeira y Taquari, Municipio de Santo Antonio de Amparo, MG, Brasil. Se hicieron muestreos mensuales en diez plantas de café en cada sistema de cultivo, en un área de aproximadamente una hectárea, desde abril de 2001 hasta septiembre de 2003. Se capturó un mayor número de insectos en cafetales manejados en sistema orgánico, probablemente beneficiados por un mayor número de malas hierbas en ese sistema con relación al convencional, que habrían servido como refugio y fuente de alimento. Hubo un aumento en el número de insectos recolectados a partir del mes de mayo, con un pico poblacional en septiembre, en ambos sistemas. A partir de ese mes y con el inicio del período lluvioso, la densidad poblacional de *C. externa* se redujo, registrándose una baja presencia en los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los más críticos. Se observó una correlación negativa entre la densidad poblacional de esa crisopa, temperatura y precipitación pluvial, en los dos sistemas de cultivo de café. Con la reducción en la precipitación y la temperatura del aire, ocurrió un aumento en el número de adultos, revelando que esas condiciones climáticas propician el aumento poblacional de ese depredador en el agroecosistema cafeeiro.

Palabras clave: *Coffea arabica*, crisopa, temperatura, precipitación.

ABSTRACT. Population dynamics of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) adults (Neuroptera: Chrysopidae) in organic and conventional coffee systems. With the objective of studying the temporal dynamics of *Chrysoperla*

externa (Hagen) in organic and conventional coffee systems, trials were conducted in the Cachoeira and Taquaril farms, in Santo Antônio do Amparo county, MG, Brazil. Samplings were carried out fortnightly, on ten coffee plants in each cropping system, in an area of about one hectare, from April 2001 to September 2003. A greater number of insects were captured on coffee plants in the organic system, possibly benefited by the greater availability of food and shelter for adults compared to the conventional one. An increased number of insects were collected starting from May, with a population peak in September in both cropping systems. From this month on and with the outset of the rainy season, the population of *C. externa* came into decline, recording a low occurrence from November to March, with December and January the moist critical months. A negative correlation was observed between the population of this green lacewing and temperature and rainfall in both organic and conventional cropping systems. With the outset of the dry season and with milder temperatures, an increase in the number of adults was observed, revealing that those climate conditions enable the population increase of this predator in the coffee agro-ecosystem.

Keywords: *Coffea arabica*, green lacewing, temperature, pluvial precipitation.

Introdução

A cafeicultura brasileira tem grande importância econômica e social. Contudo, o uso de novas técnicas de cultivo e condições climáticas favoráveis têm provocado o surgimento de vários insetos e ácaros-praga, acarretando perdas na quantidade e, principalmente, na qualidade do café produzido. Os problemas têm sido agravados pelo uso contínuo de produtos fitossanitários que, muitas vezes, causam desequilíbrios ecológicos pela eliminação dos insetos benéficos, ressurgência e surtos populacionais de pragas, além dos riscos aos aplicadores e consumidores e ao meio ambiente (Robbs & Bittencourt 1998, Guedes & Fragoso 1999).

Nesse contexto, ressurgiram os sistemas orgânicos de cultivo, que visam à produção de alimentos com o menor risco possível de causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Esse método incorpora como princípios básicos, a não utilização de grande parte dos chamados insumos modernos, elaborados industrialmente, sejam eles os fertilizantes ou os produtos fitossanitários. A adoção dessa prática de cultivo busca a sustentabilidade do agronegócio, com base em práticas racionais em relação à vegetação e fauna nativa, solo, topografia, fontes de água, chuvas, temperaturas durante o ano e as inter-relações desses fatores bióticos e abióticos.

Entre os organismos benéficos que compõem a entomofauna dos agroecossistemas cafeeiros, os predadores da família Chrysopidae têm sido registrados como agentes dotados de alta voracidade e capacidade de busca de suas presas (Gravena 1992, Albuquerque et al. 1994). Entretanto, sua presença está condicionada a muitos fatores bióticos, como fonte de alimentos para adultos, e abióticos, como condições climáticas favoráveis (Souza & Carvalho 2002). Os adultos de espécies do gênero *Chrysoperla* Steinmann 1964 não apresentam hábitos predatórios, alimentando-

se de pólen, néctar e "honeydew" (Sheldon & MacLeod 1971). São insetos que, na fase de larva, se caracterizam por apresentar alto potencial biótico e por se alimentarem de vários tipos de presas, como pulgões, cochonilhas, ovos, lagartas, pupas de lepidópteros e ácaros.

Na região Neotropical, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) é uma espécie comum em diversos agroecossistemas, porém, poucas são as informações sobre seus aspectos ecológicos. Durante quatro anos consecutivos, Souza & Carvalho (2002) estudaram a dinâmica de populações dessa espécie em cultivos de citros em Lavras, MG, observando uma elevada correlação com os fatores climáticos. O presente trabalho objetivou avaliar a dinâmica temporal desse crisopídeo em lavouras cafeeiros conduzidas nos sistemas de cultivo orgânico e convencional, no município de Santo Antônio do Amparo, MG, Brasil.

Material e métodos

Caracterização da área experimental

Os ensaios foram conduzidos em dois talhões de cafeeiros com aproximadamente um hectare cada, em plantio adensado, espaçamento de 2,0 m × 1,0 m, cultivar Acaiaí/IAC-474-19 com cinco anos de idade, sendo um na Fazenda Cachoeira, em cultura conduzida no sistema orgânico e o outro na Fazenda Taquaril, que utiliza o sistema convencional. Ambas as propriedades estão situadas no município de Santo Antônio do Amparo, centro-sul do estado de Minas Gerais, Brasil, a uma altitude média de 1.000 m, coordenadas geográficas de 20°56' de latitude Sul e 44°55' de longitude Oeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1959). O clima da região, conforme classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Cwa, correspondendo ao tropical e subtropical chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. As precipitações médias anuais são de 1.400 a 1.700 mm (Antunes 1986).

No sistema orgânico não houve aplicação de adubos químicos. A adubação foi realizada à base de compostagem de materiais orgânicos, como casca de café, esterco de curral, chorume, capim picado, mamona picada e triturada e micronutrientes na forma de sais. O controle das ervas infestantes foi realizado por meio de roçada e enleiramento na linha de cultivo. Para o combate das doenças fúngicas, como a ferrugem, foram utilizados fungicidas recomendados pelas certificadoras, como a “calda viçosa” ou soluções de micronutrientes.

Para o sistema convencional, foram utilizadas as práticas normalmente recomendadas, como a adubação com produtos minerais; para o controle das ervas infestantes foram realizadas capinas nas linhas de plantio e aplicações de herbicidas nas entrelinhas. No combate à ferrugem foram utilizados produtos cúpricos e no controle de artrópodes-praga empregaram-se os compostos imidacloprid e endosulfan.

Amostragem

As amostragens de adultos de crisopídeos foram realizadas, mensalmente, no período da manhã, entre abril de 2001 e setembro de 2003, em dez plantas escolhidas ao acaso em cada talhão, as quais tiveram os ramos levemente agitados com as mãos para provocar o deslocamento dos insetos que durante o dia ficam abrigados sob as folhas. Ao abandonarem as plantas, os adultos foram capturados com uma rede entomológica de 30 cm de diâmetro, conforme proposto por Souza & Carvalho (2002).

Todo material amostrado foi levado ao Laboratório de Taxonomia de Insetos do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, para triagem e identificação específica.

Os registros diários da temperatura média do ar e precipitação pluviométrica foram obtidos em uma mini-estação climatológica instalada na Fazenda Cachoeira, distanciada a três quilômetros da Fazenda Taquaril.

O delineamento foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida no tempo, em que o total de adultos coletados no mês, em cada sistema de cultivo, representava uma repetição, perfazendo um total de dois tratamentos e 30 repetições.

Os dados referentes ao número de adultos de *C. externa* coletados mensalmente foram transformados para $\sqrt{x+1}$ e submetidos à análise pelo teste *F* ($P < 0,01$). A influência da temperatura e da precipitação pluviométrica sobre a densidade populacional e sazonalidade de adultos foi analisada por meio de correlação entre a média mensal da temperatura do ar, a precipitação total em cada mês e o número total de insetos capturados no mesmo período.

Resultados e discussão

Flutuação populacional

A ocorrência de *C. externa* em cafeeiros no município de Santo Antônio do Amparo foi observada ao longo de quase todo o período estudado, apresentando flutuações sazonais características (Figuras 1 e 2). Ocorreram diferenças significativas no número de insetos coletados em função do sistema de cultivo.

O número de adultos coletados em lavouras conduzidas no sistema orgânico foi significativamente superior em relação ao sistema convencional (Tabela 1). Essa constatação provavelmente pode estar associada à maior disponibilidade de alimentos, como pólen e néctar produzidos pelas ervas infestantes presentes em maior número no sistema orgânico, como: capim-marmelada [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch], predominante entre as gramíneas e, ainda, capim-colchão [*Digitaria horizontalis* Willd) e capim-pé-de-galinha [*Eleusine indica* (L.) Gaertn], no período das águas, além das ervas de folhas largas, como o picão-preto (*Bidens pilosa* L.), as guaxumas (*Sida* spp.), o caruru (*Amarantus viridis* L. e *A. spinosus* L.) e a beldroega (*Portulaca oleracea* L.), observadas no período seco. Ao contrário do sistema orgânico, no convencional as ervas foram eliminadas, muitas vezes, antes de florescerem. As referidas espécies de ervas daninhas também foram constatadas por Alcântara & Ferreira (2000) em lavouras cafeeiras no município de São Sebastião do Paraíso, região Sul do Estado de Minas Gerais.

No talhão conduzido no sistema convencional, safra 2001-2002, foi necessário realizar uma aplicação com

Tabela 1. Número médio (\pm EP) de adultos de *Chrysoperla externa* capturados com rede entomológica em 10 cafeeiros, no período de abril de 2001 a setembro de 2003, conduzidos nos sistemas orgânico e convencional. Santo Antônio do Amparo, MG

Sistemas de cultivo	Número de adultos coletados
Orgânico	9,4 \pm 1,24
Convencional	5,1 \pm 0,81
Teste <i>F</i>	8,386**
CV (%)	36,45

o inseticida endossulfan, no mês de dezembro de 2001 e outra com imidacloprid, via solo, em abril de 2002, para o controle da broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera: Scolytidae) e do bicho-mineiro-do-cafeieiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Menèville & Perrotet 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), respectivamente.

Provavelmente, a densidade populacional de *C. externa* foi pouco afetada pelos tratamentos fitossanitários devido ao número reduzido de aplicações, bem como pela forma de aplicação do imidacloprid ter sido via solo, não afetando o adulto do predador, apesar desse composto ser tóxico em aplicação tópica para *C. externa*, nessa fase do desenvolvimento, conforme constatado por Bueno (2001), em ensaios conduzidos em laboratório.

A maior densidade populacional de *C. externa* foi observada no período de abril-maio a outubro-novembro de cada ano, em ambos os sistemas de cultivo, assemelhando-se aos resultados de Souza & Carvalho (2002). Estes autores constataram, em uma lavoura de citros no município de Lavras, um aumento no número de adultos desse crisopídeo, capturados a partir do mês de maio, atingindo o pico populacional em setembro.

Influência dos fatores climáticos

As populações de *C. externa*, nos dois sistemas de cultivo do café, reagiram sensivelmente às variações climáticas ao longo do período avaliado. Foi observada uma correlação negativa entre a precipitação pluviométrica e temperatura média mensal e a densidade populacional desse crisopídeo, ocorrendo uma redução no número de

insetos com o aumento na precipitação e temperatura. Nos períodos mais secos do ano e com temperaturas mais amenas, de abril-maio a outubro-novembro, foram encontradas as maiores populações, assemelhando-se aos resultados de Souza & Carvalho (2002) que constataram em pomares de citros, que os períodos mais secos e mais frios favoreceram o aumento populacional de *C. externa*. Os resultados obtidos também são semelhantes aos relatos de Marín & Monserrat (1991), que verificaram a influência das condições climáticas, especialmente a umidade relativa do ar e a temperatura, sobre a densidade populacional de insetos da ordem Neuroptera.

Precipitação pluvial

As populações de adultos de *C. externa* foram afetadas negativamente pela precipitação pluvial ao longo dos anos, independentemente do sistema de cultivo do café (Figura 1). Os coeficientes de correlação, $r = -0,40$ e $r = -0,36$, obtidos pelos dados de precipitação e o número de adultos coletados nos sistemas orgânico e convencional, respectivamente, revelaram que o aumento na pluviosidade acarretou na diminuição no número de adultos dessa espécie e que, em períodos mais secos, há um aumento na densidade de suas populações. Essas constatações foram coincidentes com aquelas de Souza & Carvalho (2002) que observaram um decréscimo significativo no número de adultos de *C. externa* com o aumento da pluviosidade em pomares de citros, no município de Lavras.

O impacto das chuvas sobre os ovos e as larvas desse predador, ou mesmo sobre suas presas, como

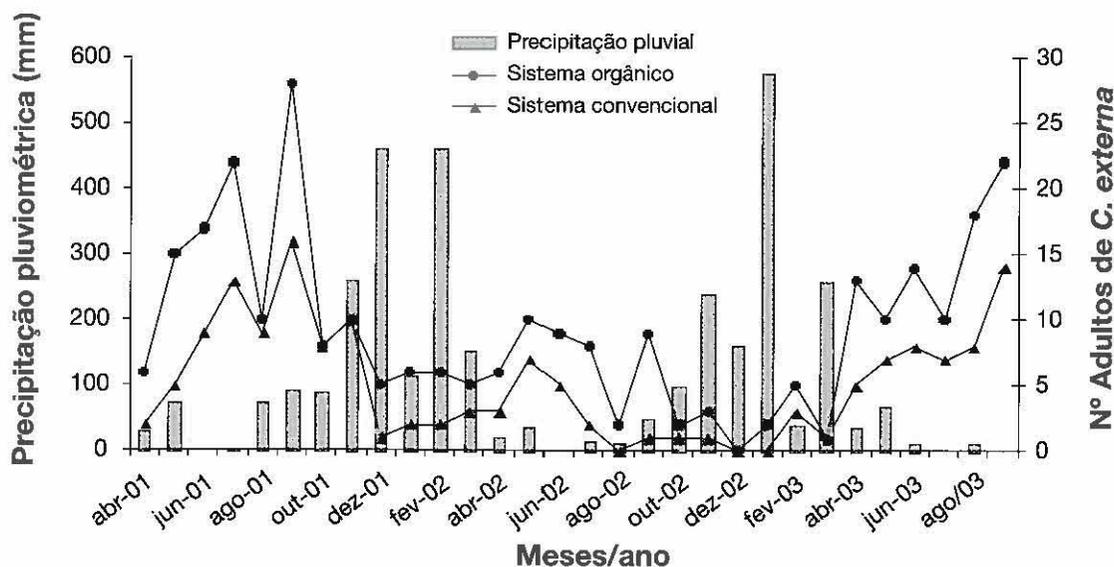


Figura 1. Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* no período de abril de 2001 a setembro de 2003, em cafeeiros conduzidos no sistema orgânico e convencional, em função da precipitação pluvial. Santo Antônio do Amparo, MG.

pulgões, cochonilhas, lagartas e ácaros, podem também influenciar negativamente a futura população de adultos no agroecossistema cafeeiro.

Temperatura

A temperatura também influenciou de modo significativo a flutuação populacional de *C. externa* nos dois sistemas de cultivo (Figura 2). Os coeficientes de correlação, $r = -0,62$ e $r = -0,55$, obtidos pela análise da temperatura média e o número de adultos coletados no sistema orgânico e convencional, respectivamente, revelaram que, em temperaturas mais amenas, há um aumento no número de adultos. Esses resultados assemelham-se àqueles obtidos por Souza & Carvalho (2002) que, ao avaliarem a flutuação populacional desse crisopídeo em pomar de citros, constataram um coeficiente de correlação de $-0,52$ para temperatura média, demonstrando que uma redução nesse fator pode acarretar um aumento significativo no número de adultos de *C. externa*.

Assemelham-se, ainda, aos resultados obtidos por Lara et al. (1977), que constataram uma correlação negativa entre a temperatura mínima e a flutuação populacional de *Chrysopa* sp. (= *Chrysoperla*), verificando-se um aumento no número de insetos sob condições de temperaturas mais baixas, ocorridas nos meses de julho a setembro de 1974, em Jaboticabal, SP.

Os resultados obtidos nesse trabalho sugerem uma possível associação entre *C. externa* e artrópodes-praga do cafeeiro, como o ácaro da mancha-anular *Brevipalpus*

phoenicis (Geijskes 1939) (Acari: Tenuipalpidae), visto que as maiores populações desse ácaro, em cafeeiros no Sul de Minas Gerais, também ocorrem no período mais seco do ano e com temperaturas mais amenas, de fevereiro-março a outubro-novembro (Reis et al. 2000).

O pico populacional desse crisopídeo também é coincidente com o do bicho-mineiro do cafeeiro, *L. coffeella*, e do ácaro-vermelho do cafeeiro, *Oligonychus ilicis* (McGregor 1917) (Acari: Tetranychidae) que, no estado de Minas Gerais, apresentam as maiores populações nos períodos secos do ano (Reis & Souza 1986). Também devem ser considerados os resultados de Ecole et al. (2002) que observaram, em laboratório, larvas de terceiro instar de *C. externa* predando lagartas do bicho-mineiro na fase de pré-pupa, ocasião em que deixam as minas para construção dos casulos e também aqueles de D'Antonio et al. (1981), que verificaram larvas desse crisopídeo predando ovos do ácaro-vermelho *O. ilicis*.

Conclusões

O predador *C. externa* ocorre durante o ano todo em cafeeiros cultivados em sistemas orgânico e convencional, no município de Santo Antônio do Amparo, MG.

Cafeeiros cultivados em sistema orgânico apresentam maiores populações de *C. externa* que aqueles cultivados em sistema convencional.

As maiores populações de adultos de *C. externa* são observadas no mês de setembro e as menores nos meses

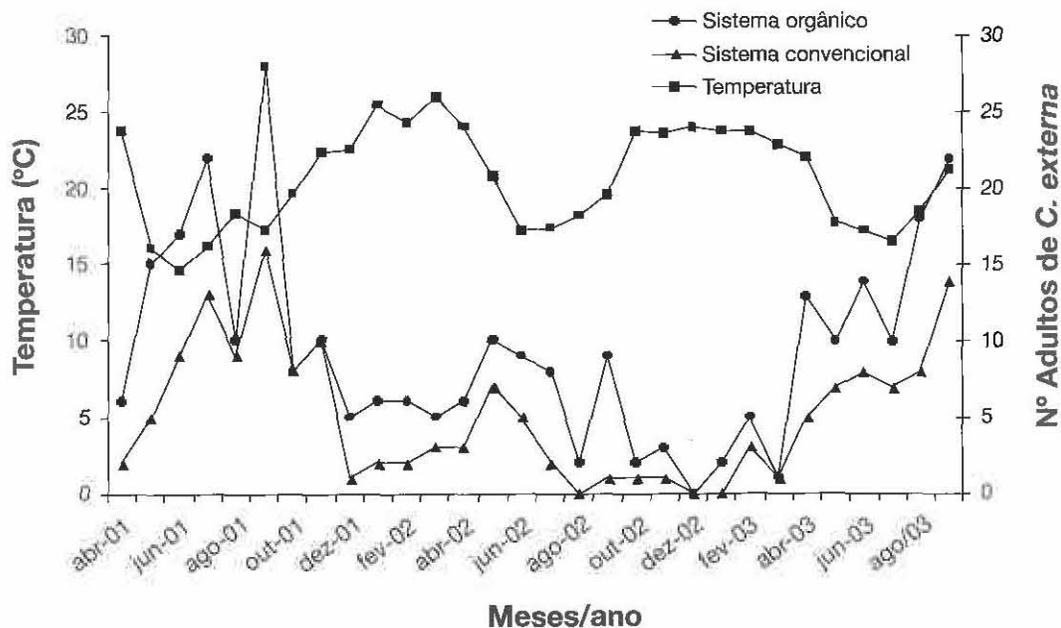


Figura 2. Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* no período de abril de 2001 a setembro de 2003, em cafeeiros conduzidos no sistema orgânico e convencional, em função da temperatura do ar. Santo Antônio do Amparo, MG.

de dezembro e janeiro, independentemente do sistema de cultivo do cafeeiro.

A densidade populacional de *C. externa* é influenciada pelas condições climáticas, sendo afetada negativamente pelo aumento da precipitação pluvial e elevação da temperatura, nos dois sistemas de cultivo do cafeeiro.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor, e à Universidade Federal de Lavras – UFLA e EPAMIG-CTSM/ EcoCentro pelos suportes laboratoriais.

Literatura citada

Albuquerque, GS; Tauber, CA; Tauber, MJ. 1994. *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae): Life history and potential for biological control in Central and South America. *Biological Control* 4(1):8-13.

Alcântara, EN; Ferreira, MM. 2000. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas sobre a produção de cafeeiros instalados em latossolo roxo distrófico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras 24(1):54-61.

Antunes, FZ. 1986. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 12(138):9-13.

Aun, V. 1986. Aspectos da biologia de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Tese Mestrado, São Paulo, BR, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 65 p.

Bueno, AF. 2001. Seletividade de inseticidas e acaricidas utilizados na cultura dos citros para *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em condições de laboratório. Tese Mestrado, São Paulo, BR, Universidade Estadual de São Paulo. 88 p.

D'Antonio, AM; Paula, V de; Guimarães, PM. 1981. Efeito de inseticidas sobre adultos de *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae). Observações de predações sobre algumas pragas. *In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras* (9). Resumos. Rio de Janeiro, BR, IBC/GERCA. p. 426-428.

Ecole, CC; Silva, RA; Louzada, JNC; Moraes, JC; Barbosa, LR; Ambrogi, BG. 2002. Predação de ovos, larvas e pupas do bicho-mineiro, *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Mén. & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) por *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras 26(2):318-324.

Gravena, S. 1992. Manejo ecológico de pragas do cafeeiro. Jaboticabal: FUNEP, 30 p.

Guedes, RNC; Fragoso, DB. 1999. Resistência a inseticidas: Bases gerais, situação e reflexões sobre o fenômeno em insetos-pragas do cafeeiro. *In Encontro Sobre Produção de Café Com Qualidade* (1). Viçosa. p. 99-120.

Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. 1959. Enciclopédia dos municípios brasileiros 27:172-175.

Lara, FM; Bortoli, SA De; Oliveira, EA. 1977. Flutuações populacionais de alguns insetos associados ao *Citrus* sp. e suas correlações com fatores meteorológicos. *Científica* 5(2):134-143.

Marín, F; Monserrat, VJ. 1991. The communit of Neuropteroidea from iberian southern beechwoods. *In Polgár, L; Chambers, RJ; Dixon, AFG; Hodek, I. eds. Behaviour and impact of aphidophaga. The Hague, NE, SPB Academic.* p. 187-198.

Reis, PR; Souza, JC. 1986. Influência das condições do tempo sobre a população de insetos e ácaros. *Informe Agropecuário* 12(138):25-30.

_____; Souza, JC; Pedro Neto, M; Teodoro, AV. 2000. Flutuação populacional do ácaro da mancha-anular do cafeeiro e seus inimigos naturais. *In Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil* (1). Resumos expandidos. Poços de Caldas – MG. Brasília: Embrapa Café 2. p. 1210-1212.

Robbs, CF; Bittencourt, AM. Controle biológico de insetos. 1998. *Biotecnologia Ciência e desenvolvimento* 2(6):10-12.

Sheldon, JK; Macleod, EG. 1971. Studies on the biology of the Chrysopidae. II. The feeding behavior of the adult of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera). *Psyche* 78(1/2):107-121.

Souza, B; Carvalho, CF. 2002. Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in southern Brazil. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 48(Suppl. 2):301-310.

Efecto de subcultivos sucesivos de *Beauveria bassiana* sobre sus características y actividad contra *Premnotrypes vorax*

Magda X. García¹
Laura F. Villamizar¹
Lissette A. Torres¹
Alba M. Cotes¹

RESUMEN. Se seleccionó el aislamiento Bv025 de *Beauveria bassiana* por presentar en un trabajo previo un porcentaje de control del 100% sobre adultos de gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* bajo en condiciones de laboratorio. Dado que posteriormente este aislamiento presentó cambios en sus características microbiológicas y de actividad entomopatogénica, los cuales podrían atribuirse al efecto de la composición de medios de cultivo, condiciones de crecimiento, sistema de conservación y subcultivos sucesivos en medio semisintético, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de subcultivos sucesivos del aislamiento en medio agar papa sacarosa sobre las características macroscópicas, germinación, velocidad de crecimiento y actividad entomopatogénica del microorganismo. Los resultados mostraron un efecto de los subcultivos sucesivos sobre las características macroscópicas de las colonias y sobre la actividad entomopatogénica, pero no sobre la viabilidad del hongo. Esto se evidenció por un aumento del crecimiento vegetativo, así como por una disminución en la esporulación y en la actividad entomopatogénica a mayor número de subcultivos, mientras que la viabilidad de las conidias no fue afectada. Las conidias provenientes del tercer subcultivo presentaron la mayor actividad entomopatogénica, con un porcentaje de mortalidad del 96%, sugiriendo que dicho subcultivo es el adecuado para realizar las producciones masivas de conidias, con miras al desarrollo de un bioplaguicida seguro, eficaz y confiable.

Palabras clave: características microbiológicas, subcultivos sucesivos, esporulación, viabilidad.

ABSTRACT. Effects of successive *Beauveria bassiana* cultures on its characteristics and activity against *Premnotrypes vorax*. The *Beauveria bassiana* isolate Bv025 was selected due to its high biocontrolling activity against the Andean weevil *Premnotrypes vorax* in previous research. However, this strain presented variability in its physiological and entomopathogenic characteristics in different evaluations; the changes are commonly attributed to the effect of culture media composition, growth conditions, conservation systems and successive subcultures on semisynthetic media. We studied the effect of successive subcultures of this fungus on potato sucrose agar on conidia production, germination, and growth rate and biocontrolling activity. The greatest growth rate (5.88 mm day⁻¹) was obtained with the third subculture. Abundant vegetative growth with less sporulation was obtained when the fungus was subcultivated more than four times, while conidia viability was not affected, remaining at over 95% in all treatments.

Keywords: microbiological characteristics, successive subcultures, sporulation, viability.

Introducción

Entre los problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de la papa se encuentra el gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae), considerado una de las plagas más importantes, no sólo por su amplia distribución, sino por su persistencia y por la dificultad de ejercer un control eficiente y económico (Herrera et ál. 2000).

Entre los métodos empleados para el control de esta plaga, el uso de hongos entomopatógenos ha mostrado un alto potencial, destacándose los géneros *Beauveria* y *Metarhizium* (Torres 1998). Con microorganismos de este tipo es posible el desarrollo de bioplaguicidas, para lo cual es necesario tener en cuenta sus características microbiológicas, sus requerimientos nutricionales y su susceptibilidad a condiciones ambientales, factores

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica. Centro de Biotecnología y Bioindustrias. Colombia. mgarcia@corpoica.org.co, lvillamizar@corpoica.org.co, lissettetorres@yahoo.es, acotes@corpoica.org.co

que pueden afectar su actividad entomopatogénica (Samsinakova y Kalalova 1981).

Diferentes estudios han demostrado el efecto del medio de cultivo sobre algunas características microbiológicas de los hongos entomopatógenos. Se ha encontrado que existe una tendencia de los microorganismos a perder su capacidad de germinación, de crecimiento, de formación de apresorios, de producción de enzimas y de infectar insectos. Además, se ha demostrado que los subcultivos sucesivos sobre los medios de cultivo, sus constituyentes, el pH, la temperatura, la humedad relativa y el pase del patógeno sobre insectos no específicos, causan una pérdida gradual de sus características, repercutiendo en su patogenicidad y virulencia (Lezama 1994).

En trabajos realizados en el Laboratorio de Control Biológico de Corpoica, Colombia, se seleccionó el aislamiento de *B. bassiana* Bv025 por presentar un porcentaje de control del 100% sobre adultos de gusano blanco de la papa, luego de 24 días de haber sido inoculado sobre el insecto bajo condiciones de laboratorio (Torres y Cotes 1999). Posteriormente se desarrollaron preformulados granulados a partir de esta cepa. Todos ellos causaron mortalidades acumuladas superiores al 89% en condiciones de casa de malla, después de 20 días de haber sido aplicado el tratamiento en el suelo (Valencia 2000).

Otros trabajos desarrollados en el Laboratorio de Control Biológico con dicha cepa han producido resultados variables e inconsistentes en cuanto a los porcentajes de mortalidad del insecto; además, se han observado cambios en la morfología del microorganismo y en su capacidad de esporular y germinar. Por esta razón surgió la necesidad de determinar las posibles causas que han dado origen a un descenso en la actividad biocontroladora de *B. bassiana* Bv025 sobre el gusano blanco de la papa.

Materiales y métodos

Microorganismo y medios de cultivo

Se empleó el aislamiento de *B. bassiana* codificado como Bv025, el cual fue originalmente aislado de un adulto de gusano blanco de la papa *P. vorax* proveniente del Municipio de Motavita (Boyacá, Colombia). Esta cepa ha sido conservada en el Banco de Germoplasma de Microorganismos con Potencial en Control Biológico de Corpoica, refrigerada a 5 °C en viales con medio agar papa sacarosa recubiertos con aceite mineral.

Recuperación y reactivación de la cepa

Para la recuperación de la cepa se emplearon cajas de Petri con medio PSA, en las cuales se sembró el hongo a partir de material proveniente del banco de germoplasma y se incubó durante 10 días a 25 °C.

La reactivación de la cepa de *B. bassiana* Bv025 se realizó sobre un grupo de insectos adultos de *P. vorax* recolectados en el campo, los cuales se desinfectaron e inocularon con el microorganismo siguiendo la metodología citada por Torres (1998).

Subcultivos sucesivos en medio semisintético

Luego de la recuperación y reactivación del microorganismo, se realizó un cultivo en caja de Petri que contenía medio agar papa sacarosa (PSA) y, a partir de este, se realizaron subcultivos sucesivos en este mismo medio cada ocho días hasta llegar al subcultivo número 13. El hongo creció durante 8 días a 24 °C con luz constante. Cada semana se realizó un subcultivo a partir del insecto y a partir de éste se generó una nueva serie de subcultivos sucesivos, de manera tal que la serie de subcultivos generada cada semana fue codificada con letras hasta llegar a la letra M en la semana

Cuadro 1. Cronograma desarrollado para la elaboración de los subcultivos de *Beauveria bassiana* Bv025 sobre medio semisintético

Semana	Subcultivo												
1	Subcultivo en caja a partir del material del banco de germoplasma												
2	Reactivación en insecto												
3	1A												
4	2A	1B											
5	3A	2B	1C										
6	4A	3B	2C	1D									
7	5A	4B	3C	2D	1E								
8	6A	5B	4C	3D	2E	1F							
9	7A	6B	5C	4D	3E	2F	1G						
10	8A	7B	6C	5D	4E	3F	2G	1H					
11	9A	8B	7C	6D	5E	4F	3G	2H	1I				
12	10A	9B	8C	7D	6E	5F	4G	3H	2I	1J			
13	11A	10B	9C	8D	7E	6F	5G	4H	3I	2J	1K		
14	12A	11B	10C	9D	8E	7F	6G	5H	4I	3J	2K	1L	
15	13A	12B	11C	10D	9E	8F	7G	6H	5I	4J	3K	2L	1M

15. Siguiendo esta metodología se contó en la misma semana con los subcultivos 2, 3, 4, 7, 10 y 13 sobre medio semisintético, todos con ocho días de edad (Cuadro 1).

Porcentaje de germinación

Se evaluó el porcentaje de germinación de las conidias de los subcultivos número 2, 3, 4, 7, 10 y 13. Para ello, se tomó una muestra de 0,05 g de conidias del hongo y se colocó en tubos con 9 mL de Tween® 80 al 0,1%. Luego de homogeneizar las muestras se sembraron 0,1 mL en tres cajas de Petri con agar extracto de malta, consistiendo cada una en una unidad experimental. Las cajas se incubaron a 25 °C durante 20 horas. Se contaron las conidias germinadas y sin germinar en 10 campos ópticos por cada unidad experimental (caja de Petri), mediante observación al microscopio. Con estos resultados se calculó el porcentaje de germinación utilizando la fórmula germinación (%) = conidias germinadas \times 100/conidias no germinadas + conidias germinadas.

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento, y los resultados fueron analizados con el programa Statistic mediante un análisis de varianza ANAVA ($P = 0,05$).

Tasa de crecimiento diametral y características morfológicas

A partir de los pases 1, 2, 3, 6, 9 y 12 se realizó el subcultivo siguiente sobre medio semisintético. Para tal fin, se cortaron con un sacabocados de 0,5 cm de diámetro fragmentos de medio colonizado por el hongo de ocho días de edad, los cuales se ubicaron individualmente en el centro de tres cajas de Petri con medio agar papa sacarosa. El crecimiento diametral de la colonia fue medido a los 5, 8 y 10 días después de haberse realizado la inoculación. Conjuntamente con la evaluación del crecimiento diametral, se observaron las características morfológicas macroscópicas de las colonias formadas. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento y los resultados fueron analizados con el programa Statistic mediante un análisis de varianza ANAVA ($P = 0,05$) y una prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis ($P = 0,05$).

Evaluación de la virulencia de diferentes subcultivos del aislamiento Bv025 de *B. bassiana* sobre *P. vorax*

Los adultos de *P. vorax* previamente desinfectados se sumergieron durante un minuto y medio en una suspensión de conidias correspondiente a cada uno de los tratamientos por evaluar ajustada a una concentración de 1×10^8 conidias mL⁻¹, utilizando las conidias provenientes de los subcultivos número 2, 3, 4, 7, 10 y 13 crecidos en medio

semisintético. Cada tratamiento contó con tres unidades experimentales, cada una de ellas de diez adultos inoculados y ubicados conjuntamente en una caja de Petri estéril con una servilleta húmeda y foliolos de *Solanum tuberosum* para su alimentación. Las hojas y las servilletas fueron renovadas cada vez que se evaluó el ensayo, es decir, en los días 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12 y 15. Las cajas se mantuvieron en condiciones de laboratorio, a una temperatura ambiente promedio de 18 °C. Los insectos que murieron se ubicaron en cámaras húmedas para corroborar que su muerte hubiese sido ocasionada por el hongo en estudio. Se determinó el porcentaje de eficacia de cada uno de los tratamientos mediante la fórmula de Schneider-Orelli (Zar 1999). El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento, y los resultados se analizaron con el Programa Statistic mediante un análisis de varianza ANAVA y a una prueba de comparación de medias de Tukey ($P = 0,05$).

Resultados y discusión

Germinación de conidias

Las conidias de todos los tratamientos superaron el 95% de germinación a las 20 horas de incubación, resultados que indicaron que las conidias provenientes de todos los subcultivos presentaron una alta capacidad de germinación, la cual no se vio influenciada por los subcultivos sucesivos en medio semisintético. Este valor de germinación es adecuado considerando que se ha establecido como un parámetro de calidad de bioplaguicidas una germinación superior al 90% a las 24 horas de incubación (Velez et ál. 1997).

El análisis de varianza ($P > 0,05$) no detectó diferencias significativas entre los porcentajes de germinación de las conidias de los diferentes tratamientos, lo que significa que el comportamiento de los porcentajes de germinación obtenidos en el presente estudio podría deberse a que las conidias de Bv025 provenientes de todos los subcultivos evaluados tenían la misma edad cuando se evaluó este parámetro, considerando que la edad de las células ha demostrado ser un factor determinante en la capacidad de desarrollo de las mismas, como informan Dillon y Charnley (1990). Adicionalmente, la germinación de las conidias de todos los tratamientos se produjo de manera sincronizada, posiblemente porque todos las conidias eran jóvenes y de la misma edad (8 días), no habiéndose generado estados de latencia en los propágulos del microorganismo (Milner et ál. 1991).

Milner et ál. 1991 demostraron que la germinación de las conidias también se puede ver influenciada por otros factores, como la composición del medio de cultivo en el cual se evalúa dicho parámetro, fenómeno que no se

evidenció en el presente estudio, dado que la germinación de las conidias de todos los tratamientos fue evaluada en medio agar extracto de malta, razón por la que no se presentaron diferencias entre las germinaciones de las conidias de todos los subcultivos. El medio semisintético empleado para evaluar la germinación probablemente proporcionó al hongo todos los requerimientos nutricionales para germinar, debido a que sus componentes principales son sacarosa y peptona, fuentes de carbono y nitrógeno adecuadas para este microorganismo que no tiene requerimientos complejos, como demostraron Smith y Grula (1980).

Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio fueron reportados por Brownbridge et ál. (2001), quienes evaluaron el efecto de los subcultivos sucesivos uno, cinco, diez y quince sobre la germinación de un aislamiento de *B. bassiana*, encontrando una germinación de conidias superior al 95% en todos los casos luego de 16 horas de incubación, permitiendo concluir que los subcultivos sucesivos de este aislamiento no afectaron su germinación.

Características morfológicas

El crecimiento del aislamiento Bv025 de *B. bassiana* en los subcultivos dos y tres fue plano, con poco crecimiento micelial y abundante esporulación de apariencia pulverulenta y de color crema (*Atlas de los colores: N00 - C00 - A20*; Kupperts 1996) (Figura 1). El crecimiento de estas colonias fue circular, regular y con bordes definidos.

Al avanzar en el número de subcultivos se observó un cambio de estas características: el crecimiento de las colonias fue elevado sobre la superficie del medio, con apariencia algodonosa y abundante crecimiento micelial de color blanco (*Atlas de los colores: N00 - C00 - A00*; Kupperts 1996). La



Figura 1. Características de las colonias de los subcultivos 2, 3, 4, 7, 10 y 13 del aislamiento de *Beauveria bassiana* Bv025 en medio semisintético (foto: Arias).

esporulación en estos últimos subcultivos fue menor a la encontrada en los subcultivos dos y tres y las colonias nunca presentaron apariencia pulverulenta (Figura 1).

Los resultados obtenidos indican que los subcultivos sucesivos de este aislamiento afectaron sus características morfológicas cuando el hongo fue cultivado consecutivamente en medio semisintético, fenómeno que podría estar relacionado con el origen multiespórico de cada subcultivo, considerando que cada espora posee varios núcleos con información genética diferente (Estrada et ál. 1997), lo cual podría haber generado la variabilidad.

El efecto de los subcultivos sucesivos ha sido reportado para hongos como *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii*, para los cuales se ha concluido que a medida que se avanza en los subcultivos sucesivos, disminuye la esporulación y aumenta la producción de micelio estéril (Hall 1980). Sin embargo, al hacer pases sobre insectos hospederos, el hongo puede recuperar sus características morfológicas iniciales, como observó Hall (1976) para *V. lecanii*.

En contraste con los resultados obtenidos en el presente trabajo, Brownbridge et ál. (2001) no encontraron diferencias en la apariencia de las colonias de un aislamiento de *B. bassiana* luego de ser subcultivado sucesivamente durante 15 veces, lo que sugiere que la estabilidad morfológica del microorganismo con respecto a los subcultivos sucesivos depende de las características propias de cada aislamiento.

Ya que en el presente estudio el aislamiento de *B. bassiana* Bv025 presentó cambios en sus características morfológicas iniciales a medida que se avanzó en los cultivos sucesivos, sería recomendable evaluar el efecto de los pases del hongo en su hospedero sobre la morfología de las colonias del microorganismo.

Tasa de crecimiento diametral

Los subcultivos sucesivos afectaron la tasa de crecimiento diametral del aislamiento Bv025, obteniéndose los mayores diámetros de colonia con los primeros subcultivos. Este parámetro disminuyó a medida que se avanzó en los subcultivos sucesivos. En el tercer subcultivo se observaron los mayores diámetros de colonia en todos los tiempos evaluados, los cuales correspondieron a valores de 32,7 mm, 47,3 mm y 66 mm en los días 5, 8 y 10 de inoculación, respectivamente, sugiriendo que durante este subcultivo el hongo presentó una mayor tasa de crecimiento. Al realizar un análisis de regresión que correlacionó los datos de diámetro de la colonia contra los diferentes tiempos de evaluación, se calculó la velocidad de crecimiento expresada como la pendiente de la recta obtenida. Todas las líneas presentaron un coeficiente de correlación superior a 0,90, resultado que

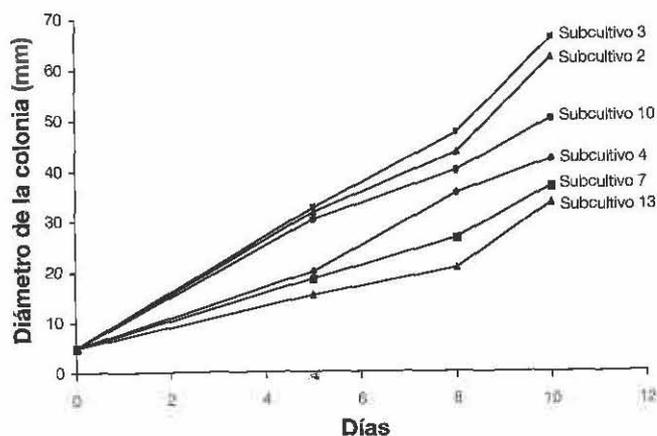


Figura 2. Tasa de crecimiento diametral de los subcultivos 2, 3, 4, 7, 10 y 13 del aislamiento de *Beauveria bassiana* Bv025 en medio semisintético.

indica que la correlación de los datos de diámetro y tiempo tienen una *tendencia lineal* y se ajustaron a la ecuación de una línea recta. La mayor tasa de crecimiento se obtuvo con el pase número 3 con un valor de $5,88 \text{ mm día}^{-1}$ (Figura 2, Cuadro 2). Estos resultados indican que los tratamientos que presentaron el mayor y más rápido crecimiento corresponden a los pases 2 y 3, permitiendo recomendarlos para realizar la producción masiva de *B. bassiana* con miras a la manufactura eficiente de un bioplaguicida a escala industrial.

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$) no detectó diferencias entre la tasa de crecimiento diametral correspondiente a los subcultivos 2, 3, 4, 7, y 10, ni tampoco entre las velocidades de crecimiento de los pases 2, 4, 7, 10 y 13, pero sí entre la del pase 3 y 13 (Cuadro 2). A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, se observó una *tendencia numérica* hacia la disminución de la tasa de crecimiento a medida que se avanzó con el número de subcultivos sucesivos, fenómeno que podría atribuirse al silenciamiento de genes que codifican para proteínas como nanoproteínas, quitina y glucano sintetizadas implicadas en el proceso de crecimiento hifal como consecuencia de las *transferencias seriadas* (Fall 2003). Este efecto fue determinado para *Blastomyces dermatitidis* después de haber sido subcultivado en un rango de 8 a 49 años (Ferreti y Morales 2001). Las mutaciones generadas como consecuencia de los subcultivos también han sido reportadas para hongos como *Neurospora crassa*, ubicándose principalmente en el ADN mitocondrial (Sandrock et ál. 1998) y originando una pérdida de genes como *NhKINI*, que codifica para la proteína Kinesina, implicada en la elongación apical de las hifas. En este estudio los autores observaron que con la pérdida de este gen la tasa de crecimiento disminuyó en un 50%, concluyendo que esta proteína es fundamental para el desarrollo fisiológico de *N. crassa*.

El origen multiespórico del aislamiento Bv025 pudo haber dado lugar a un cultivo heterogéneo, en el que pueden ocurrir variaciones celulares que implican cambios en las propiedades físicas, fisiológicas y bioquímicas de los microorganismos según reportaron Estrada et ál. 1997. Este tipo de variaciones pudieron haber ocurrido a través de los subcultivos sucesivos, generando variaciones en las características de crecimiento del microorganismo.

Evaluación de la virulencia de diferentes subcultivos del aislamiento de Bv025 sobre *P. vorax*

Los subcultivos sucesivos del microorganismo afectaron su patogenicidad a medida que se avanzó en ellos. A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre los pases 2, 3, 4, 7 y 10, ni entre los pases 2, 4, 7, 10 y 13 según los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ($P > 0,05$), se observó una *tendencia numérica* a un mayor porcentaje de eficacia con las conidias de los primeros pases, el cual fue disminuyendo a medida que se avanzaba en las transferencias seriadas (Fig. 3). Se observó que los mayores porcentajes de eficacia se obtuvieron con las conidias del pase número 3, con un 96,4%, seguido por los obtenidos con el subcultivo 2, con un 92,8%. A partir de estos tratamientos el porcentaje de eficacia del microorganismo disminuyó a medida que se avanzó en el número de transferencias, obteniéndose el menor porcentaje de control con las conidias provenientes del subcultivo 13, con un valor del 57,1%

El mayor porcentaje de eficacia fue obtenido con las conidias del subcultivo 3, los cuales no presentaron diferencias estadísticas con el porcentaje de eficacia de las conidias provenientes de los pases 2, 4, 7 y 10, pero sí con los resultados obtenidos con las conidias del subcultivo 13, tratamiento con el cual se alcanzaron los menores porcentajes de eficacia para el control del gusano blanco de la papa.

La variación observada en los porcentajes de mortalidad a través de los subcultivos pudo deberse a que

Cuadro 2. Velocidad de crecimiento de los subcultivos 2, 3, 4, 7, 10 y 13 del aislamiento de *B. bassiana* Bv025 en medio semisintético (PSA)

Tratamiento	Velocidad de crecimiento mm.día^{-1}
Subcultivo 3	5,88 a
Subcultivo 2	5,43 ab
Subcultivo 10	4,42 ab
Subcultivo 4	3,77 ab
Subcultivo 7	3,05 ab
Subcultivo 13	2,60 b

Nota: los resultados seguidos por la misma letra no presentaron diferencias significativas según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis ($P = 0,05$).

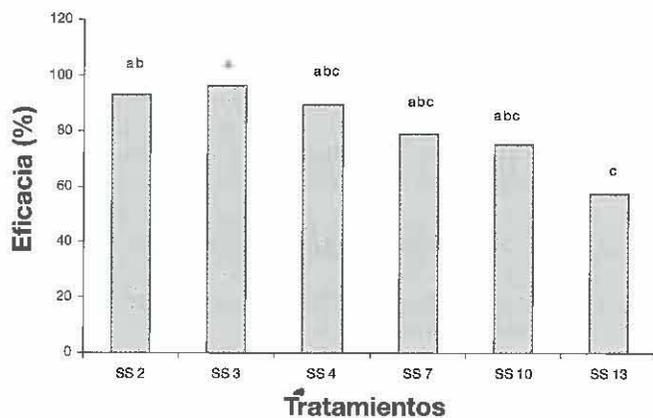


Figura 3. Virulencia de *Beauveria bassiana* Bv025 provenientes de los subcultivos 2, 3, 4, 7, 10 y 13 en medio semisintético sobre adultos de *Premnotrypes vorax*. Los resultados acompañados de la misma letra no presentaron diferencias estadísticas según la comparación de medias de Tukey ($P > 0,05$).

se trabajó con cultivos multiespóricos, es decir provenientes del cultivo de varias esporas, cada una con un contenido genético diferente, debido al fenómeno de heterocariosis (varios núcleos) que presenta este microorganismo (Estrada et ál. 1997). Giraldo et ál. (2001) demostraron que se obtenían niveles más altos y constantes de patogenicidad al realizar cultivos monoespóricos de *M. anisopliae* sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* en comparación con los multiespóricos.

La virulencia de los hongos entomopatógenos está determinada por diferentes factores que dependen del material genético, como la producción de enzimas y toxinas (Estrada et ál. 1997). Por tal razón, una posible causa de la disminución de la patogenicidad del aislamiento Bv025 a medida que se avanzó en los subcultivos sucesivos podría ser el silenciamiento de genes determinantes en el desarrollo de las diferentes etapas del mecanismo de infección, como aquellos que codifican para enzimas como la N-acetil glucosaminidasa y quimolastasa proteasa PR1 (Clarkson y Charnley 1996). Este efecto fue reportado por Bosa (2001), quien encontró una pérdida de la actividad biocontroladora de *Serratia marscecens* contra la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora*, a medida que se avanzaba en los subcultivos sucesivos. Dicha pérdida estuvo correlacionada con la disminución en la actividad de las enzimas mencionadas anteriormente.

Al igual que en este trabajo, algunos autores han reportado una pérdida de la patogenicidad de los microorganismos debido al efecto de los subcultivos sucesivos. Morrow et ál. (1989) observaron que la virulencia de *N. rileyi* sobre larvas de primer instar de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) se mantuvo alta hasta el quinto subcultivo, llegando a una pérdida total de

la patogenicidad en el pase número 16. Esta atenuación en la virulencia fue asociada con una pérdida de la capacidad de formar cuerpos hifales, tal vez inducida por subcultivos sucesivos del hongo. Este efecto también ha sido observado en *B. bassiana* luego de ser cultivado siete veces en sustrato de arroz, observándose una reducción del 93 al 37% en la virulencia del microorganismo sobre *H. hampei*, razón por la cual los autores recomiendan realizar cultivos del hongo sobre adultos de broca de café (Cenicafé 1993).

Ignoffo et ál. (1982) reportaron resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, ya que tras evaluar el efecto de los subcultivos sucesivos sobre las características de un aislamiento de *N. rileyi*, determinaron que su actividad biocontroladora de larvas de *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae), se mantuvo estable hasta el subcultivo 12 tanto en medio de cultivo semisintético como en insectos hospederos, presentando una disminución de la actividad a partir de este subcultivo y obteniéndose el menor porcentaje de mortalidad en el pase 15.

En otro trabajo realizado por Hall (1980), se observaron cambios fisiológicos y morfológicos pero no atenuación de la virulencia de *V. lecanii* sobre el áfido *Macrosiphoniella sanborni* (Homoptera: Aphididae) luego de 98 subcultivos sucesivos del hongo en diferentes medios. La patogenicidad del microorganismo permaneció estable luego de sus subcultivos sobre medio semisintético y sobre áfidos, a pesar de lo reportado por otros autores, quienes han observado un aumento en la virulencia de los microorganismos entomopatógenos luego de su crecimiento sobre sus insectos hospederos. Brownbridge et ál. (2001) tampoco encontraron un efecto de los subcultivos sucesivos en la virulencia de *B. bassiana* luego de ser evaluados los pases 1, 5, 10 y 15 sobre ninfas de *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae), fenómeno que fue atribuido a que los factores genéticos que controlan la patogenicidad en el hongo son bastante estables para la cepa evaluada.

Como se puede observar, no es posible generalizar una conclusión referente al efecto de los subcultivos sucesivos en la virulencia y las características morfológicas y fisiológicas de estos microorganismos, ya que dicho efecto depende de las características genéticas propias de cada aislamiento, como reportaron Ignoffo et ál. (1982) y Daust y Roberts (1983), quienes afirman que la actividad insecticida de algunos aislamientos depende principalmente de las características genéticas de cada cepa, el origen geográfico, el hospedero de origen, su capacidad de esporulación, su actividad enzimática y la viabilidad de las conidias. Brownbridge et ál. (2001) atribuyen el efecto diferencial de los subcultivos sucesivos en los microorganismos a una

variación inter e intraespecífica de la estabilidad genética de características como la patogenicidad, a diferencias en las metodologías usadas, a atenuaciones ocurridas al azar (mutaciones) o al efecto de las condiciones de cultivo.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que los subcultivos sucesivos de este aislamiento afectaron sus características morfológicas, fisiológicas y su patogenicidad. Los mejores resultados se obtuvieron con las conidias provenientes de los subcultivos dos y tres, en los cuales se observó la mayor velocidad de crecimiento y actividad biocontroladora del gusano blanco de la papa, permitiendo sugerir el uso de estos subcultivos en procesos de producción masiva del aislamiento Bv025 con miras a la manufactura eficiente y rentable de bioplaguicidas de alta calidad.

Agradecimientos

A Pronatta por el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo y a los investigadores del Laboratorio de Control Biológico de Corpoica por sus orientaciones y aportes científicos para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Literatura citada

- Bosa, C. 2001. Efecto de la composición del medio de cultivo, los pases sucesivos y la actividad enzimática de *Serratia marcescens* sobre su actividad biocontroladora hacia *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). Tesis de maestría en Ciencias Agrarias. Bogotá, CO, Universidad Nacional de Colombia. 130 p.
- Brownbridge, M; Costa, S; Jaronski, S. 2001. Effects of *in vitro* passage of *Beauveria bassiana* on virulence to *Bemisia argentifolii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 77:280-283.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé. 1993. Pérdida de virulencia del hongo *Beauveria bassiana* cultivado sucesivamente en sustrato de arroz. *Brocarta* 14:2.
- Clarkson, J; Charnleey, B. 1996. New insight into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects. *Trends in Microbiology* 4:197-201.
- Daust, R; Roberts, D. 1983. Studies on the prolonged storage of *Metarhizium anisopliae* conidia: effects of growth substrate conidia survival and virulence against mosquitoes. *Journal of Invertebrate Pathology* 41:161-170.
- Dillon, R; Charnley, A. 1990. Initiation of germination in conidia of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*. *Mycological Research* 94:299-304.
- Estrada, V; Vélez, A; López, J. 1997. Estandarización de una metodología para obtener cultivos monospóricos del hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 48:59-65.
- Fall 2003. *Mycology. Fungal Growth* (en línea). Consultado 20 septiembre 2003. Disponible en <http://www.towson.edu/~wubah/mycology/Growth.htm>.
- Ferreti, R; Morales, C. 2001. Viability, morphological characteristics and dimorphic ability of fungi preserved by different methods. *Review of Iberoamerican Mycology* 18:191-196.
- Giraldo, E; López, Y; Delgado, F; Vélez, P. 2001. Actividad lipolítica y proteolítica de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y su relación con la patogenicidad sobre *Hypothenemus hampei*. *Revista Colombiana de Entomología* 27:61-65.
- Hall, R. 1976. *Verticillium lecanii* on the aphid *Macrosiphoniella saborni*. *Journal of Invertebrate Pathology* 28:389-391.
- _____. 1980. Effect of subculturing on agar and passaging through an insect host on pathogenicity morphology, and growth rate of *Verticillium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 36:216-222.
- Herrera, C; Fierro, L; Moreno, J. 2000. Manejo Integrado del Cultivo de la Papa. Manual Técnico. Tibaitatá, CO, Produmendios, Corpoica C.I. 117 p.
- Ignoffo, C; McIntosh, A; Garcia, C; Kroha, M; Johnson, J. 1982. Effects of successive *in vitro* and *in vivo* passages on the virulence of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. *Entomophaga* 27:371-378.
- Kuppers, H. 1996. *Atlas de los colores*. Barcelona, ES, Editorial Blume. 69 p.
- Lezama, R. 1994. Patogenicidad de hongos parásitos de insectos. Primer Seminario de Patología. FCBA. Colombia, Universidad de Colima. p. 47-82.
- Milner, R; Huppertz, R; Swaris, S. 1991. A new method for assessment of germination of *Metarhizium* conidia. *Journal of Invertebrate Pathology* 57:121-123.
- Morrow, B; Boucias, D; Heath, M. 1989. Loss of virulence in an isolate of an entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*, after serial *in vitro* passage. *Journal Economic Entomology* 82:404-407.
- Sandrock, T; Wu, Q; Turgeon, B; Yoder, O; Wirsal, S; Aist, J. 1998. A fungal kinesin required for organelle motility, hyphal growth, and morphogenesis. *Mol Biol Cell* 9:89-101.
- Samsinakova, A; Kalalova, S. 1981. Mass production of *Beauveria bassiana* for regulation of *Leptinotarsa decemlineate* populations. *Journal of Invertebrate Pathology* 38:169-174.
- Smith, R; Grula, E. 1981. Nutritional requirements for conidia germination and hyphal growth of *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology* 37:222-230.
- Torres, L. 1998. Evaluación de la actividad biocontroladora de cepas nativas de hongos entomopatógenos contra el gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) mediante su utilización individual o combinada. Trabajo de pregrado. Bogotá, CO, Universidad Javeriana. p. 68.
- _____; Cotes, A. 1999. Evaluación de la actividad biocontroladora de cepas nativas de hongos entomopatógenos contra el gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache) mediante su utilización individual o combinada. *Revista Colombiana de Entomología* 25:121-129.
- Valencia, C. 2000. Control de calidad físico, biológico y microbiológico de preformulados a base del hongo *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Trabajo de pregrado. Bogotá, CO, Universidad Javeriana. 33 p.
- Vélez, P; Posada, FJ; Marín, P; Bustillo, AE; González, MT; Osorio, E. 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Colombia, Cenicafé, Boletín Técnico no. 17. 37 p.
- Zar, J. 1999. *Bioestatistical analysis*. 4 ed. Nueva Jersey, US, Prentice-Hall. 663 p.

Inmersión y riego con vermicompost líquido de secciones de cormos del clon Dominico-Harton (*Musa AAB*)

Omar Tremont¹
José P. Mogollón¹
Gustavo Martínez²

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inmersión y riego con vermicompost líquido sobre el crecimiento de plántulas a partir de secciones del clon Dominico-Hartón (*Musa AAB*). El ensayo se realizó en condiciones de vivero durante seis semanas, utilizando un diseño completamente aleatorio con un arreglo de tratamientos factorial. Se evaluaron tres niveles de inmersión (sin inmersión, inmersas en agua por una hora e inmersas en vermicompost al 100%) y tres niveles de riego aplicado en promedio cada tres días (con agua, vermicompost al 1% y vermicompost al 5%). Las secciones inmersas en vermicompost brotaron y produjeron hojas en menor tiempo; además, presentaron tendencias a una mayor altura que las secciones inmersas en agua. No se registraron diferencias en el número de hojas. Concluimos que la inmersión y riego de las secciones con vermicompost favorece el desarrollo de las plántulas, las cuales reúnen condiciones para ser transplantadas al campo a la sexta semana de ser sembradas las secciones.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, agricultura orgánica, musáceas.

ABSTRACT. *Immersion and irrigation with liquid vermicompost of sections of the clone Dominico-Harton (Musa AAB).* We evaluated the effect of the immersion and irrigation with liquid vermicompost on the growth of seedlings from sections of the clone Dominico-Harton (*Musa AAB*). The trial was carried out in breeding ground conditions during six weeks, using a completely randomized design with a factorial arrangement. Three immersion levels were evaluated (without immersion, immersion in water for one hour and in vermicompost) and three levels of irrigation applied on average every third day (with water, vermicompost at 1% and vermicompost at 5%). The sections immersed in vermicompost sprouted and produced leaves in a shorter time, and reached a greater height than the sections immersed in water. We did not register differences in the number of leaves. We conclude that the immersion and irrigation of the sections with vermicompost favors seedling development, which is ready for transplant to the field six weeks after sowing the sections.

Keywords: *Eisenia foetida*, organic agriculture, musaceas.

Introducción

En Venezuela, los productores de musáceas comúnmente utilizan "semillas" (hijos) provenientes del deshije para el establecimiento de nuevas plantaciones. Los hijos por lo general son de diferentes tamaños, lo cual se manifiesta en plantaciones dispares, con problemas de sombra y dificultades de manejo que afectan finalmente la producción (Tremont et ál. 2002, Martínez et ál. 2004).

La división de los hijos de musáceas es una opción que permite obtener hasta cinco plantas de un hijo; es decir, puede quintuplicar el material de siembra. La técnica

se basa en la división del hijo en tantas secciones como yemas se identifiquen en el cormo (Martínez et ál. 2004).

El abono de lombriz es un fertilizante bio-orgánico de estructura coloidal, producto de la digestión, que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro (Landgraf et ál. 1999). Se le conoce como vermicompost, y se ha señalado en la literatura como un abono rico en auxinas, ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales estimulan los procesos biológicos de la planta (Muñoz da Silva et ál. 2000, Atiyeh et ál. 2002, Pasqualoto et ál. 2002).

¹ Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Complejo Académico El Hatillo, Interc municipal Coro - La Vela. Coro, estado Falcón, Venezuela. Apartado Postal 4101. otremont@unefm.edu.ve

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, CENIAP, Maracay, Venezuela.

Cuadro 1. Características químicas y físicas del vermicompost líquido

Ca ⁺⁺ (meq/l)	6
Mg ⁺⁺ (meq/l)	21
Na ⁺ (meq/l)	136,5
K ⁺ (meq/l)	45
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	56
CO ₃ ⁼ (meq/l)	4
pH	9,1
MO (%)	0,11
N (%)	0,005
P (ppm)	6
Densidad (g/cm ³)	1,01

Fuente: Laboratorio de Servicios de Suelos y Agua de la UNEFM, Programa de Ingeniería Agronómica.

A los ácidos húmicos se le atribuyen efectos sobre las células vegetales, semejantes a los inducidos por las auxinas (Muñoz da Silva et ál. 2000). Estas últimas se reportan como importantes en tres aspectos del crecimiento de la planta: a) en la regulación de la elongación celular; b) como promotor de la división celular; y c) por su influencia en la embriogénesis y la actividad meristemática de las raíces (Dharmasiri et ál. 2005). Uno de los mecanismos por los cuales las auxinas y ácidos húmicos pueden estimular el crecimiento de la planta consiste en inducir un incremento en la cantidad de la H-ATPeasa de la membrana plasmática, lo cual acidifica la pared celular, debilitándola, seguido por la elongación celular (Frias et ál. 1996, Muñoz da Silva et ál. 2000, Dharmasiri et ál. 2005).

En este sentido y en el marco de una agricultura amigable con el ambiente, además de eficiente, este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la inmersión y riego con vermicompost líquido sobre el crecimiento de plántulas obtenidas a partir de secciones del clon Dominico-Hartón.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el "umbráculo" del complejo Docente "El Hatillo", Coro Estado Falcón-Venezuela, durante el período de abril-mayo del 2003. Se ejecutó en dos fases continuas: la primera para evaluar el efecto de la inmersión sobre la brotación y desarrollo de las yemas vegetativas a la tercera semana después de la siembra de las secciones, y la segunda consistió en evaluar, a partir de la tercera semana después de la siembra, diferentes concentraciones de vermicompost en el riego de las secciones.

En la primera fase del diseño experimental se evaluaron tres niveles de inmersión (secciones: sin inmersión, inmersas en agua por una hora e inmersas en vermicompost al 100% por una hora) con tres repeticiones cada una, en un diseño completamente aleatorio. En esta fase, cada repetición

consistió de cinco bolsas de polietileno de 5 kg con una mezcla de arena de río y vermicompost sólido (3:1). En cada bolsa se sembró una sección de cormo, obtenida por medio de la técnica de división de cormos (Martínez et ál. 2004).

En la segunda fase se evaluó sobre el mismo material experimental la aplicación de tres niveles de riego (con agua, vermicompost al 1% y vermicompost al 5%), convirtiéndose el ensayo en un arreglo de tratamiento factorial, con un diseño completamente aleatorio, siendo ahora las unidades experimentales cada bolsa de polietileno. El riego se aplicó con una frecuencia promedio de cada tres días, con aproximadamente 350 ml por bolsa de polietileno en cada riego. El vermicompost líquido fue suministrado por la Unidad de Reciclaje de Desechos Orgánicos (UREDO) de la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" (UNEFM), elaborado a partir de residuos de origen vegetal y estiércol de caprino (Cuadro1).

Las variables evaluadas durante la primera fase fueron (i) brotación de la yema apical por encima de la superficie del sustrato, a la tercera semana después de la siembra; y (ii) de las secciones brotadas, la proporción de ellas que tenían hojas expandidas. En la segunda fase se evaluó semanalmente la altura medida desde la base de la planta hasta la base de la hoja más apical expandida. También fue evaluado semanalmente el número de hojas de cada planta. Para estimar el efecto de los factores sobre la altura, se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey. Para las variables número de hojas, brotación y brotes con hojas se utilizó la prueba de rango de Kruskal-Wallis. Se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 1.1.

Resultados

Brotación y brotes con hojas de las secciones

A la tercera semana después de la siembra se observó la brotación de las yemas sobre la superficie del suelo en más del 50% del total de las secciones. No se evidenciaron diferencias significativas entre los tipos de inmersión ($p = 0,35$, Kruskal-Wallis); sin embargo, las secciones inmersas en vermicompost tendieron a una mayor brotación (Figura 1). En cuanto al porcentaje de las secciones brotadas con hojas formadas, no hubo diferencias significativas ($p = 0,19$, Kruskal-Wallis); sin embargo, las secciones inmersas en vermicompost tendieron a un mayor porcentaje de brotes con hojas, cercano al 50%, en comparación con las sin inmersión, con un valor promedio menor al 20% (Figura 1b).

Altura de las plántulas

No se evidenció dependencia entre los tipos de inmersión y de riego ($p = 0,25$; $0,14$; $0,23$, para la semana 4, 5 y 6,

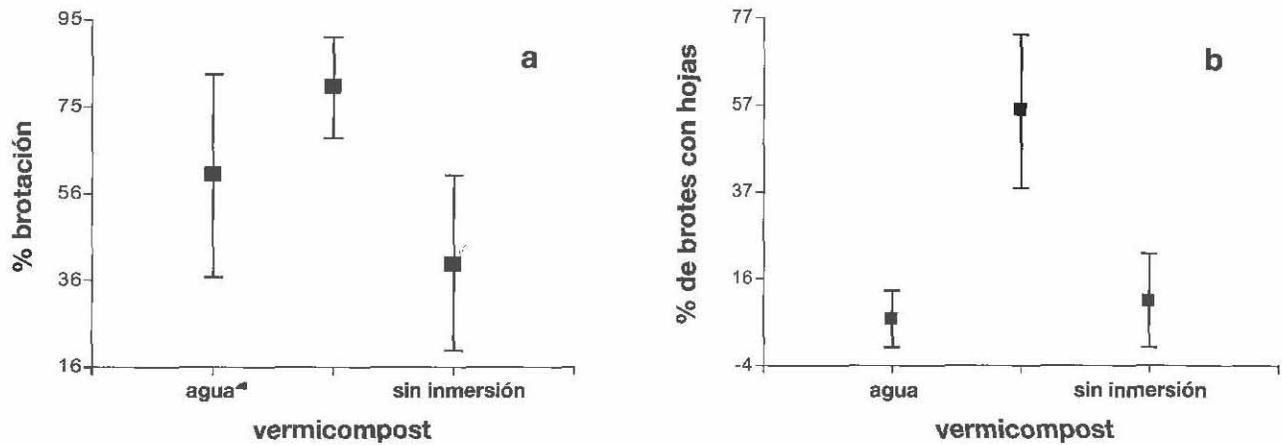


Figura 1. (a) Porcentaje de secciones del plátano Dominico-Hartón brotadas (% brotación) a la tercera semana después de la siembra. **(b)** Porcentaje de las secciones brotadas con hojas. ■ = valor promedio; las líneas representan el error estándar.

respectivamente). Se registraron diferencias significativas en la altura para la semana 5 por efecto de la inmersión, registrándose la mayor altura en las secciones inmersas en vermicompost, diferentes significativamente de las secciones inmersas en agua (Figura 2a). En esta misma semana, las secciones sin inmersión no se diferenciaron estadísticamente de los tipos de inmersión mencionados. Aunque en el resto de las semanas no se registraron diferencias significativas, se observó la misma tendencia de la semana 5 para las semanas 4 y 6 (Figura 2).

En cuanto al factor riego (Figura 2b), se registraron diferencias significativas solo en la semana 4, no así en las semanas 5 y 6 ($p = 0,03; 0,09$ y $0,47$, respectivamente). En la semana 4, el riego con vermicompost al 5% registró la mayor altura, igual al riego con vermicompost al 1%, pero

diferentes de las secciones regadas con agua, siendo la misma tendencia para el resto de las semanas.

Número de hojas

No se registraron diferencias significativas en el número de hojas en los factores evaluados. El valor de la mediana fue de 2, 3 y 4 hojas para las semanas 4, 5 y 6, respectivamente, lo cual indica que para las condiciones en las cuales realizamos el ensayo la tasa de emisión de hojas fue de una hoja semanal.

Discusión

Nuestros resultados evidencian el efecto positivo de la inmersión sobre el clon Dominico-Hartón al inducir en menor tiempo la brotación, formación hojas y mayor altura

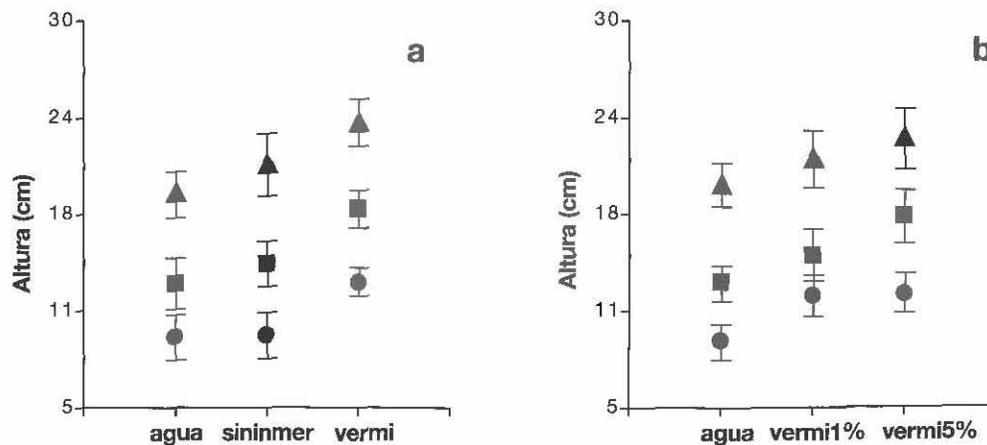


Figura 2. Valores medios de altura (cm) de plántulas de plátano en las diferentes semanas de evaluación para cada nivel de inmersión **(a)** y riego **(b)**. ● = semana 4; ■ = semana 5; ▲ = semana 6. La línea representa el error estándar de la media.

Cuadro 2. Valores de altura (cm) para cada nivel de inmersión durante las tres semana de la evaluación

Inmersión	Media	s_x	C.V.
Semana 4			
Agua	9,6	1,4	45,3
Sin inmersión	9,7	1,5	38,5
Vermicompost	13,1	0,9	24,3
Semana 5			
Agua	13,0	1,7	50,0
Sin inmersión	14,3	1,5	33,9
Vermicompost	17,9	1,2	24,8
Semana 6			
Agua	18,8	1,5	31,9
Sin inmersión	20,7	2,0	33,5
Vermicompost	23,4	1,6	25,0

de los brotes, en comparación al resto de tratamientos. Estos resultados coinciden con lo obtenidos por Tremont et ál. (2002) y Martínez et ál. (2000a, 2000b) con otros clones de musáceas. En cuanto a la altura, la variabilidad en cada semana fue menor en el factor inmersión, particularmente en las secciones inmersas con vermicompost al 100% (Cuadro 2). El coeficiente de variación estuvo alrededor del 25% para las secciones inmersas en vermicompost durante las tres semanas de medición y por encima de 33% tanto en las secciones inmersas en agua como en las que fueron sembradas sin inmersión. Esto es favorable debido a que con el vermicompost, en comparación con el resto de tratamientos, se obtienen además de plantas de mayor altura, plantas más homogéneas, siendo la homogeneidad fenológica del cultivo una cualidad importante para el manejo agronómico de plantaciones.

En las secciones de cormos inmersas en vermicompost, el desarrollo de raíces secundarias a la tercera semana de la siembra fue mayor que en las secciones inmersas en agua y sin inmersión. Esto permite plantear dos posibles mecanismos de acción del vermicompost: (i) aporte de nutrientes en forma inorgánica que por difusión entran al tejido de la planta, estimulando el crecimiento temprano de las raíces e independizando nutritiva y energéticamente la yema apical de la sección del cormo; y (ii) la existencia de sustancias promotoras del crecimiento que podrían acelerar el proceso de elongación, tanto de las raíces principales y secundarias. Estos dos mecanismos podrían estar ocurriendo en forma no excluyente.

Con relación a estos dos posibles mecanismos de acción, Skjemstad et ál. (1998) señalan que este tipo de abono orgánico representa una fuente de nutrientes fácilmente mineralizables, y altamente solubles. Durante

el vermicompostaje las lombrices digieren los residuos orgánicos, excretándolo en formas orgánicas más disponibles para las raíces, con altas concentraciones de nitrato, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Landgraf et ál. 1999).

También se ha reportado que el vermicompost puede estimular el crecimiento vegetal, a través de la liberación de moléculas bioactivas con actividades parecidas a las auxinas (Pasqualoto et ál. 2002, Pasqualoto y Rocha 2004). Entre estas se reportan aminas y sustancias húmicas como los grupos carboxílicos (COOH), hidroxilos (OH) y carbonilos, entre otros compuestos que pueden variar según la naturaleza de los materiales orgánicos ingeridos por las lombrices (Landgraf et ál. 1999).

Conclusiones

La utilización del vermicompost líquido en las secciones de cormos representa una técnica favorable para la adecuación de plántulas del clon *Dominico-Hartón*. Favorece la brotación de las yemas en menor tiempo y en forma más homogénea en comparación con secciones de cormos no tratadas con vermicompost. A partir de estos resultados, recomendamos el tratamiento de inmersión y riego de las secciones de cormos de musáceas con vermicompost líquido, con el cual se pueden obtener a partir de la sexta semana de sembradas en vivero y usando la técnica de división de cormos plantas con un desarrollo fenológico favorable para su establecimiento en el campo.

Por otra parte, es importante ampliar los resultados de este trabajo de investigación evaluando el uso de vermicompost líquido a nivel de campo, aplicándolo como abono foliar, siendo necesario estudiar con especial énfasis el efecto de la naturaleza de los materiales orgánicos usados en el vermicompostaje y las forma de aplicación de los mismos (dosis y frecuencia).

Agradecimientos

A los estudiantes del Programa de Agronomía, Carlos Castillo, Liseth García, Jorge Gerardo, Rossana Guardia, Johanna Moriillo y Bianca Vargas, por su valiosa colaboración en la instalación y toma de datos para este proyecto. Igualmente valioso fue el aporte de Leoner Medina y equipo de la UREDO-UNEFM por su oportuno suministro del vermicompost.

Literatura citada

- Atiyeh, R; Lee, S; Edwards, CA; Arancon, N; Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technol.* 84:7-14.
- Dharmasiri, N; Dharmasiri, S; Estelle, M. 2005. The F-box protein TIR1 is an auxin Receptor. *Nature* 435:441-445.
- Frías, I; Caldeira, M; Pérez-Castieira, J; Navarro-Avió, J; Culiaiez-Macia, F; Kuppinger, O; Stransky, H; Pagés, M; Hager, A; Serrano, R. 1996. A Major isoform of the Maize Plasma Membrane H⁺-ATPase: Characterization and Induction by Auxin in Coleoptiles. *The Plant Cell* 8:1533-1544.
- Landgraf, M; Alves, MR; da Silva, S; Rezende, M. 1999. Characterization of humic acids from vermicompost of cattle manure composting for 3 and 6 months. *Quim. Nova* 22:483-486.
- Martínez, G; Tremont, O; Hernández, J. 2004. Manual Técnico para la Propagación de Musáceas. *Revista Digital CENIAP HOY*, Vol 4, Maracay, Aragua, Venezuela. www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n4/texto/gmartinez.htm (9/12/04).
- Martínez, G; Tremont, O; Manzanilla, E; Parga, J. 2000a. Efecto del Humus Líquido de la Lombriz roja Californiana (*Eisenia fetida*) sobre cormos de banano "Pineo Gigante" (*Musa AAA*). *Tropical Fruits News Letter-Inter American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA)* 2001:11-18.
- Martínez, G; Tremont, O; Manzanilla, E; Parga, J. 2000b. Efecto del Humus Líquido de la Lombriz roja Californiana (*Eisenia fetida*) sobre la tasa de crecimiento en musáceas. *Infomusa* 9(1):36.
- Muñoz da Silva, R; Jablonski, A; Siewerdt, L; Silveira, P. 2000. Desenvolvimento das Raízes do Azevém Cultivado em Solução Nutritiva Completa, Adicionada de Substâncias Húmicas, sob Condições de Casa de Vegetação. *Rev. bras. zootec.* 29(6):1623-1631.
- Pasqualoto, L; Rocha, A. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. *Pesq. Agropec. Bras.* 39:233-240.
- Pasqualoto, L; Lopes, F; Okorokova-Façanha, A; Rocha, A. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology* 130:1951-1957.
- Skjemstad, J; Janik, L; Taylor, J. 1998. Non-living soil organic matter: what do we know about it? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38:667-680.
- Tremont, O; Martínez, G; Pargas, R; Manzanilla, E; García, J. 2002. Uso de humus líquido de lombriz (*Eisenia foetida*) como pretratamiento de siembra de plátano en Amazonas. *Tropical Fruits Newsletter American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA)* 42/43:17-20.

Depredación de *Hypothenemus hampei* por hormigas durante el secado solar del café

Moisés Vélez¹
Alex E. Bustillo²
Francisco J. Posada³

RESUMEN. Se evaluó la capacidad depredadora del complejo de hormigas frecuentes en las fincas en los secadores solares parabólicos de café (SSPC) en la subestación experimental La Catalina de Cenicafe en Pereira, Colombia. Se identificaron las hormigas presentes y se evaluó su depredación sobre la broca. Se aprovecharon 18 SSPC de 8 m², utilizados en evaluaciones de control de escape de broca en la zona del beneficio. Los tratamientos fueron SSPC con extremos y bordes laterales cubiertos con tul; SSPC con extremos cubiertos con plástico y bordes laterales cubiertos de tul; y un testigo, SSPC con extremos y bordes laterales descubiertos. En cada SSPC se colocaron canastillas con 500 g de café brocado artificialmente, a las cuales las hormigas tenían acceso, y el testigo se rodeó de grasa para evitar su ingreso. Las especies identificadas como *Solenopsis geminata*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp. y *Mycocepurus smithii* depredaron en los tratamientos durante los seis días de evaluación entre 14.627 y 13.048 estados biológicos vivos de broca. Esto correspondió al 92,1% y el 82,2% del total de brocas que abandonaron los granos durante el secado y que quedan en el piso. Del total de estados depredados, el 97% correspondió a adultos, lo que indica que estas especies de hormigas son importantes en el control de la broca durante el proceso de secado del café.

Palabras clave: control biológico, café, secador solar parabólico, broca del café, hormigas depredadoras.

ABSTRACT. Predation of *Hypothenemus hampei* by ants during the solar drying of coffee beans. This study was carried out at the Cenicafe Experimental Substation "La Catalina", located in Pereira, Colombia. The purpose was to evaluate the predatory ability of the ant complex *Solenopsis geminata*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole* sp. and *Mycocepurus smithii* Forel (Hymenoptera: Formicidae), which are often found during the solar drying of coffee beans, known as parabolic sun dryers. The predation of biological stages of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in these dryers was evaluated. A total of 18 dryers of 8 m² were used. Treatments were (i) a parabolic sun dryer covered with muslin at both ends and sides; (ii) the same as before, but with the ends and sides covered in a plastic material and muslin, respectively; (iii) and the control, consisting of a parabolic solar dryer with uncovered ends and sides. In each dryer we placed baskets containing 500 g of coffee beans infested with *H. hampei*. The baskets in the control were surrounded with grease while the treatments allowed free access to the ants. Ants preyed in both treatments, capturing between 14,627 and 13,048 coffee berry borers. These figures corresponded to 92,1% and 82,2% of total coffee berry borer live stages that abandoned the coffee during the drying period and remained on the floor. Ninety seven percent of the preyed stages were adults, which allows to conclude that these ants play an important role in the control of *H. hampei* during this phase of coffee production.

Keywords: coffee, parabolic sun dryer, coffee berry borer, predatory ants.

Introducción

Las hormigas son un constituyente numeroso e importante de la fauna de los cafetales (Le Pelley 1973). A pesar de que existen varios registros acerca del control de todos los estados biológicos de broca por parte de hormigas (Fonseca y Araujo 1939, Le Pelley 1973, Cárdenas 1988, Sponagel

1994, Bustillo et ál. 1998, Cárdenas y Posada 2001), no hay estudios que cuantifiquen la capacidad de depredación y la viabilidad del uso de hormigas en el control de esta importante plaga del café.

Fonseca y Araujo (1939) y Le Pelley (1973) reportan como enemigos naturales de la broca del café *Hypothenemus*

¹ Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Colombia. Moises.velez@cafedecolombia.com

² Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia A.A. 2427. Manizales. Alex.Bustillo@cafedecolombia.com

³ Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia A.A. 2427 Manizales. posadaf@ba.ars.usda.gov

hampei (Ferrari) a la hormiga *Crematogaster curvispinosa*, la cual destruye un número apreciable de estados inmaduros de la broca en Sao Paulo (Brasil).

Sponagel (1994), en las áreas cafetaleras del nororiente del Ecuador, observó que en los cafetos donde se encontraba la especie de hormiga identificada como *Azteca* sp. había infestaciones bajas de broca del café. Agregó que esta hormiga, con una longitud de sólo 2 mm, es capaz de poblar los cafetos con una densidad muy alta, observándose que los frutos de dichos cafetos permanecían libres de la broca, aun con una presión extrema de la plaga (grado de infestación general superior al 90%).

En Colombia, Bustillo et ál. (1998) destacan en una lista de enemigos que atacan o compiten por esta plaga a las hormigas *Crematogaster* sp., *Pheidole* sp., *Brachymyrmex* sp., *Solenopsis* sp., *Wasmannia auropunctata* y *Prenolepis* sp. Igualmente Cárdenas (1998), además de *C. curvispinosa*, registra la hormiga *Dolichoderus bituberculata* como un controlador natural de la broca del café. En un estudio de hormigas asociadas a cafetales, Cárdenas y Posada (2001) registran especies que colonizan frutos brocados secos, como es el caso del género *Crematogaster* con dos especies identificadas y los géneros *Solenopsis*, *Wasmannia* y *Pheidole* que anidan en frutos pintones y maduros. Estos mismos autores registran una especie del género *Pheidole*, depredadora de estados inmaduros de broca en frutos, específicamente *P. biconstricta*, así como una especie del género *Ectatomma* y la especie *Solenopsis* sp. como depredadora de estados inmaduros de broca sobre granos en patios de secado. Hasta el momento se desconoce la actividad depredadora de hormigas en la etapa del beneficio del café.

Pese a las bondades de una cosecha oportuna y un riguroso "Re-Re" (recolección y repase de la cosecha en los cafetales), estudios desarrollados por Cenicafé muestran los altos niveles de escape de broca en el beneficio, los cuales demeritan las medidas de control durante el ciclo del cultivo (Bustillo et ál. 1998, Castro et ál. 1998, Moreno et ál. 2001).

La caficultura colombiana está constituida en un 70% por pequeños productores, por lo que para el secado del grano tradicionalmente se ha recurrido al uso de secadores que utilizan el aire y la energía del sol. En 1997, de las 566.230 unidades productivas cafeteras estudiadas por el Sistema de Información Cafetera (Federación Nacional de Cafeteros 1997) en Colombia, 554.443 no tenían disponibilidad de secado el café en silos o guardiolas, lo que significa que un 98% de los caficultores dependen de la energía solar para el secado del grano, lo que hace necesario crear métodos alternativos para evitar el escape



Figura 1. Secador solar parabólico experimental modificado, con muselina en sus extremos y bordes laterales para evitar el escape de broca (foto: Moisés Vélez, Cenicafé).

de la broca en la etapa del beneficio del café. En estudios sobre la supervivencia y escape de la broca durante el secado solar en marquesinas o secadores solares parabólicos, se observó la actividad depredadora de hormigas durante el proceso (Vélez et ál. 2002).

Por dejar el piso permanentemente cubierto, los secadores solares parabólicos (Figura 1) son un lugar ideal para que algunas especies de hormigas desarrollen sus colonias. El incremento en la temperatura interna de estas estructuras altera negativamente el ciclo biológico de la broca y propicia la salida continua de adultos y estados inmaduros de los granos. Esto último es conocido por algunos investigadores de Cenicafé como "aborto de estados inmaduros", lo cual se constituye en una atractiva fuente de proteína para hormigas oportunistas y depredadoras. El abandono de adultos durante el beneficio ya había sido registrado por Bergamin (1945), pero solamente para adultos y durante el proceso de fermentación de grano.

Teniendo en cuenta los procesos de reinfestación de cafetales por brocas procedentes de los sitios de beneficio y dada la presencia de hormigas depredadoras durante el secado al sol del café brocado, este estudio tuvo por objetivo cuantificar el efecto depredador de las especies *S. geminata*, *Dorymyrmex* sp. y *Pheidole* sp. en esta importante etapa del proceso productivo del café. El estudio se concentró en estas especies pues observaciones preliminares permitieron definir que correspondían a las más promisorias dentro del grupo de hormigas que frecuentan secadores solares en esta zona del país.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Subestación Experimental "La Catalina" en el municipio de Pereira, Risaralda, a 4°45'N y 75°45'O y 1350 msnm.

Se usaron 18 secadores solares parabólicos de 2 m largo \times 4 m de ancho y 2 m de alto, con estructura en guadua o bambú, cubierta en plástico de polietileno calibre 6 y construidos sobre una base de cemento de 675 m², los cuales estaban siendo utilizados en estudios para controlar el escape de adultos de la broca del café de la zona del beneficio. El experimento se distribuyó en un diseño completamente aleatorio, correspondiente a dos tratamientos o modificaciones al secador solar parabólico (Tratamiento 1 y 2) y un testigo o secador parabólico convencional. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales. Se utilizó muselina o tul de 1 \times 2 mm para cubrir los extremos y bordes laterales de los secadores del Tratamiento 1 y plástico en los extremos y muselina en los bordes laterales inferiores para los secadores del Tratamiento 2. El testigo presentó tanto los extremos como los bordes laterales inferiores descubiertos.

Se infestaron artificialmente 18 bandejas con 4000 granos de café pergamino húmedo en la Unidad de Cría de Parasitoides de Cenicafé. Cada bandeja se infestó con 14.000 brocas, es decir, el equivalente a 3,5 brocas por grano. El café pergamino presentaba una humedad del 45% y los granos permanecieron extendidos en bandejas metálicas cerradas y marcadas. Dichas bandejas se ubicaron en una habitación a una temperatura promedio de 24 °C y una humedad relativa del 85%, de acuerdo con la metodología presentada por Bustillo et ál. (1998).

Al cabo de 35 días después de la infestación, se llevó el café brocado a la Subestación "La Catalina" para dar comienzo al experimento. En este momento el grano brocado presentaba una humedad del 29%.

En una unidad experimental por tratamiento se ubicó un termohigrógrafo marca Will Lambrecht tipo 252 en su respectiva caseta meteorológica con el objetivo de registrar la temperatura y humedad relativa dentro de los secadores

Al café pergamino brocado se le retiraron los granos sanos con el fin de alcanzar un 100% de infestación y se colocaron a razón de 500 gramos en 18 canastillas metálicas de 40 \times 50 cm. Cada una de las 18 canastillas se asignó aleatoriamente por unidad experimental o secador parabólico; las canastillas se ubicaron en el centro de 12 kg de café pergamino sano, dispuesto con anterioridad, que permitió conocer el contenido de humedad del grano durante todo el proceso de secado. Las canastillas correspondientes al tratamiento testigo se rodearon permanentemente con grasa de motor para evitar el ingreso de hormigas.

Del total de café pergamino húmedo se tomaron seis muestras de 50 granos brocados por unidad experimental antes de dar inicio al proceso de secado, con el fin de

medir la población inicial de broca presente en los granos. Al final del proceso de secado, se repitió dicho muestreo con el objetivo de determinar la población final de estados biológicos de broca dentro de los granos. Los conteos se realizaron con la ayuda de un estereoscopio y una vez conocidas las poblaciones iniciales y finales se procedió a realizar un balance poblacional.

Para conocer el porcentaje de depredación total de estados al final del secado, se tuvo en cuenta la población inicial de estados biológicos vivos de brocas en las seis muestras de 50 g por unidad experimental, para lo cual se infirió dicha población para el total de granos presentes en los 500 g por unidad experimental, es decir en un total de 3000 g de café pergamino húmedo por tratamiento.

Se realizaron conteos diarios de estados biológicos vivos y muertos de broca que salieron de los granos en el área de 40 \times 50 cm, correspondiente a la ubicación del total de los 500 g de café pergamino húmedo brocado al 100% por secador. Se tomó un acumulado final de éstos, con el objetivo de determinar el porcentaje de estados biológicos de broca transportados o depredados por las hormigas. Dicha variable se estimó relacionando la diferencia entre el acumulado de estados encontrados en el piso del tratamiento testigo y el acumulado de estados en el piso de los tratamientos 1 y 2. El experimento culminó cuando el grano alcanzó aproximadamente un 12% de humedad, es decir transcurridos seis días de secado.

Con el fin de identificar las especies presentes durante el proceso de secado, se recolectaron y depositaron en viales con alcohol al 70% muestras de las hormigas depredadoras halladas en los secadores correspondientes a los tratamientos 1 y 2. Algunas muestras se enviaron a la Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín para su identificación taxonómica y otras fueron identificadas en el Museo Entomológico "Marcial Benavides" de Cenicafé.

Se realizó un análisis descriptivo para las variables estados biológicos de broca iniciales y finales dentro de los granos y estados biológicos de broca que salen de los granos durante el proceso de secado. Estas variables también fueron sometidas a un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental especificado y se estimó el intervalo de confianza al 95% para los estados biológicos de broca que salieron de los granos y quedaron en el piso. Las diferencias entre los promedios se establecieron mediante una prueba de Tukey ($P = 0,05$).

Resultados y discusión

La Figura 2 muestra el número promedio de estados biológicos de broca al inicio y al final del proceso de secado.

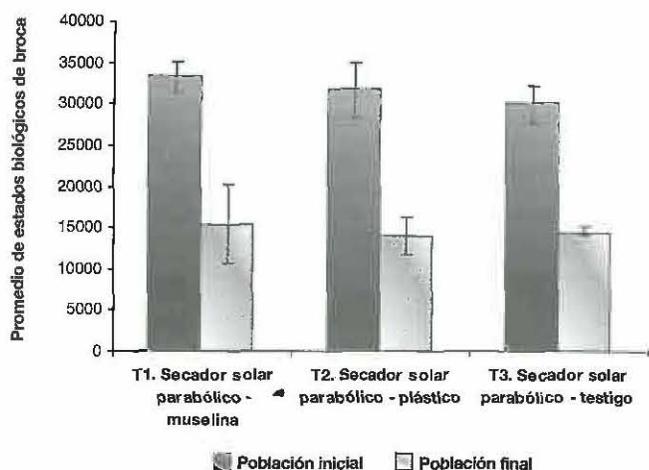


Figura 2. Número promedio de estados biológicos ($\pm s$) de broca presentes en el café pergamino antes del inicio de su secado y al final del mismo.

El análisis de varianza (Cuadro 1) no mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos, lo que indica que en los tres tipos de secadores parabólicos se encontraron poblaciones homogéneas de broca dentro de los granos tanto al inicio como al final del proceso de secado.

Se encontró que la temperatura durante el proceso de secado en estas estructuras alcanzó valores máximos cercanos a 45 °C. La temperatura promedio en las unidades experimentales osciló entre 24,5 y 28,6 °C para valores diarios y entre 21,6 y 38,1 °C para valores horarios,

dependiendo de los distintos tratamientos. El testigo presentó los registros promedios de temperatura horaria más bajos, debido a la ventilación natural, muy cercanos a la temperatura ambiente (Figura 3).

Las altas temperaturas indujeron la salida de los estados biológicos de broca de los granos, los cuales a su vez atrajeron distintas especies de hormigas. Los huevos y pupas al parecer son sacados por adultos de broca en su proceso de evacuación de los granos de café.

En estas condiciones, la salida de estados biológicos de la broca del café ocurre igualmente por factores como cambios drásticos en la humedad relativa interna de los secadores, la disminución progresiva de la humedad del grano y el posterior endurecimiento de las almendras y los procesos repetitivos de las labores de revuelta de los granos.

El Cuadro 2 presenta el promedio acumulado total de estados biológicos vivos y muertos de broca encontrados en el piso al final del proceso de secado. Los resultados muestran que en ausencia de hormigas (testigo) se encuentra la mayor cantidad de estados en el piso con un promedio total de 628,7 estados, mientras que en presencia de hormigas solamente se encontró un promedio de 48,8 y 96,4 estados para los tratamientos 1 y 2 respectivamente. El análisis de intervalos de confianza para los tratamientos 1 y 2 no mostró diferencias estadísticas, pero sí entre estos y el testigo (Figura 4).

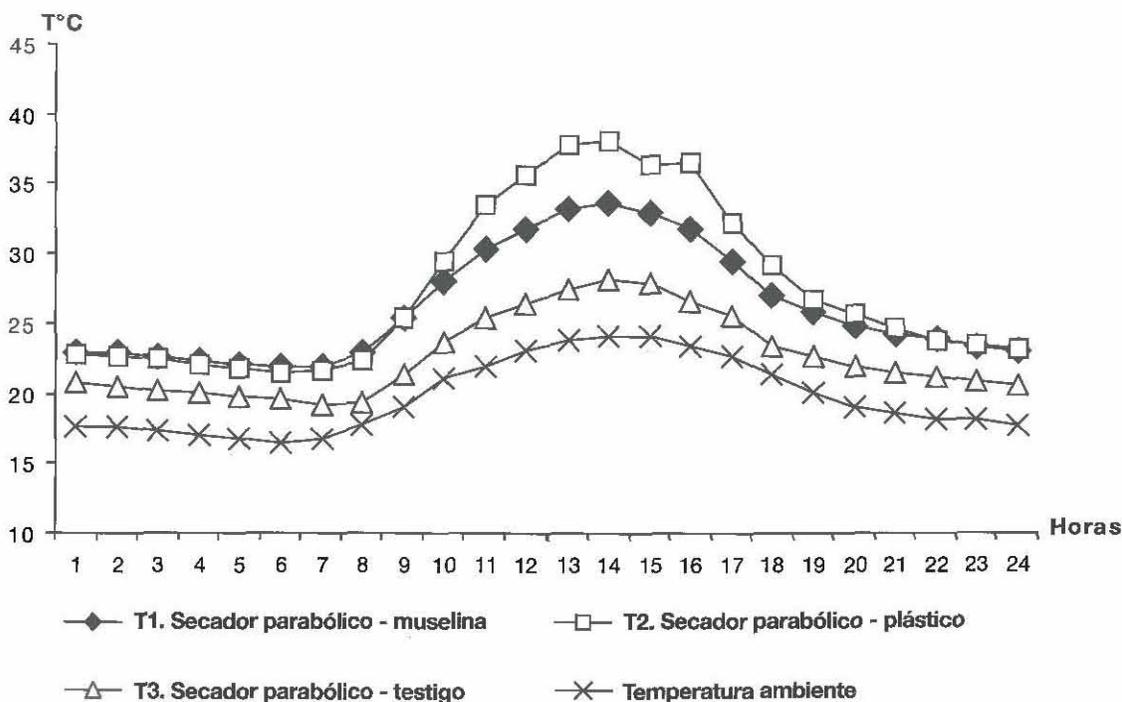


Figura 3. Temperatura promedio horaria (24 horas) en los distintos secadores parabólicos durante los seis días del secado del café pergamino.

Cuadro 1. Población de broca presente en el proceso de secado y expuesta a la actividad de hormigas depredadoras y oportunistas

Tratamiento	Población inicial de estados de broca en 3000 g de café brocado ($\bar{x} \pm s$)	Población de estados biológicos vivos en el piso ($\bar{x} \pm s$)	Población de estados biológicos vivos depredados por hormigas en el piso (\bar{x})	Promedio de estados biológicos depredados por hormigas en el piso (%)	Promedio de estados biológicos depredados por hormigas de 3000 g de café brocado (\bar{x})	Población final de estados biológicos vivos y muertos en 3000 g de café brocado ($\bar{x} \pm s$)
1. Secador solar parabólico- - muselina	33173 \pm 1916a	208 \pm 194b	2438	92,1	7,3	15425,10 \pm 4815a
2. Secador solar parabólico - plástico	31576 \pm 3324a	471 \pm 266b	2175	82,2	6,9	14089,47 \pm 2254a
Test. secador solar parabólico	29964 \pm 2269a	2646 \pm 428b				14678,03 \pm 613a
Testigo						

Nota: en el testigo el café se rodeó con grasa para evitar el ingreso de hormigas. Números en la columna seguidos de la misma letra no son diferentes estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($P = 5\%$).

Se encontró un promedio total de 2646 estados biológicos vivos de broca en el piso del tratamiento testigo, mientras que en los secadores de los tratamientos 1 y 2 estos valores solamente alcanzaron los 208 y 471 estados biológicos vivos, respectivamente. Teniendo en cuenta el testigo, se puede decir que el promedio de depredación de estados biológicos vivos de broca por parte de hormigas osciló entre un 92,2% y un 82,2% para los tratamientos 1 y 2. Con respecto a la población inicial promedio de estados biológicos vivos de broca dentro de los granos, los porcentajes de depredación correspondieron a entre un 7,3 y un 6,9% para ambos tratamientos (Cuadro 2).

Del total de estados biológicos de broca en el piso, el 97% correspondió a adultos, lo que indica que las hormigas pudieron depredar en el piso entre un 95,5% y un 97,4% de los adultos vivos que salieron de los granos en los tratamientos 1 y 2. El Tratamiento 1, con un promedio de 34,6 estados biológicos vivos y 14,1 estados muertos hallados en el piso al final del proceso de secado, mostró ser la estructura más adecuada para el forrajeo de hormigas depredadoras y oportunistas de los estados de la broca (Cuadro 2).

Aunque para el promedio total de estados biológicos de broca finales dentro de los granos el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos y el testigo (Cuadro 1), sí se encontraron diferencias significativas en los promedios de estados biológicos vivos presentes dentro de dicho granos. Esto puede indicar que el incremento en la temperatura que se generó en los secadores modificados causó mayor mortalidad al final del secado. Se observó que mientras para los secadores

de los tratamientos 1 y 2 los promedios totales de estados vivos finales de broca dentro de los granos fueron de 4,5 y 53,8, respectivamente, para el tratamiento testigo fue de 982,6 estados biológicos de broca, mostrando diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P = 0,05$).

Se encontraron seis especies de hormigas presentes en los secadores durante el proceso de secado. Las hormigas identificadas fueron *Solenopsis geminata* (F.), *Pheidole* sp., *Mycocarpus smithii* Forel (Formicidae: Myrmicinae), *Dorymyrmex* sp. (Formicidae: Dolichoderinae), *Ectatomma ruidum* Roger y *Odontomachus erythrocephalus* Emery. Estas dos últimas se observaron forrajeando dentro de los secadores, incluso durante la noche. Todas las especies se caracterizan por nidificar dentro del piso (hipógeo), lo que les permite permanecer cerca de los secadores. Excepto por *Pheidole* y *Dorymyrmex*, todas presentan aguijón activo. Estas especies coinciden con los géneros registrados por Cárdenas y Posada (2001) como depredadores ocasionales de la broca del café en cafetales y patios de secado.

Teniendo en cuenta las observaciones sobre la cantidad de hormigas presentes en los granos durante el secado, así como su actividad depredadora, se pudo establecer que entre estas *S. geminata*, *Pheidole* sp. y *Dorymyrmex* sp. presentaron una actividad promisorio en el control de broca. Estas hormigas se observaron durante todo el proceso de secado forrajeando simultáneamente y sin agredirse unas a otras. Mediante observaciones se pudo corroborar que *S. geminata* y *Pheidole* sp. depredan estados adultos e inmaduros de broca dentro y fuera de los granos. Debido a su tamaño, *Dorymyrmex* sp. no penetra los granos y no se pudo comprobar que *M. smithii* ingresara a los mismos.

Cuadro 2. Estados de broca que abandonan el grano pergamino durante el proceso de secado y que pueden ser llevados por hormigas

Estados	Sumatoria	Media	Error estándar
Secador solar parabólico-muselina			
Larvas vivas	25	0,7	0,34
Larvas muertas	9	0,3	0,16
Pupas vivas	4	0,1	0,09
Pupas muertas	0	0	0
Adultos vivos	1218	33,8	15,34
Adultos muertos	499	13,9	3,44
Total vivos	1247	34,6	15,67
Total muertos	508	14,1	3,48
Total	1755	48,8	18,38
Secador solar parabólico-plástico			
Larvas vivas	45	1,3	0,81
Larvas muertas	18	0,5	0,30
Pupas vivas	9	0,3	0,20
Pupas muertas	0	0	0
Adultos vivos	2772	77,0	32,92
Adultos muertos	627	17,4	4,67
Total vivos	2826	78,5	33,58
Total muertos	645	17,9	4,93
Total	3471	96,4	37,46
Secador solar parabólico (testigo)			
Larvas vivas	325	9,0	1,51
Larvas muertas	193	5,4	1,01
Pupas vivas	67	1,9	0,55
Pupas muertas	66	1,8	0,41
Adultos vivos	15482	430,1	53,68
Adultos muertos	6500	180,6	38,99
Total vivos	15874	440,9	54,65
Total muertos	6759	187,8	39,56
Total	22633	628,7	60,30

Para el caso de *S. geminata*, una vez que esta hormiga encuentra un grano brocado ingresa en él por varios minutos hasta alcanzar su presa. Dentro del grano la hormiga presenta un doble comportamiento: puede salir en "reversa", llevando consigo algún estado de broca, o bien, arroja hacia afuera el estado depredado para posteriormente recogerlo del piso. La segunda opción fue más común cuando el estado depredado correspondía a un adulto. No queda claro si esta hormiga trata de matar adultos de broca dentro de los granos, pero observaciones sobre depredación en el piso muestran que la hormiga toma a su presa con las patas y mandíbulas y la ataca en repetidas ocasiones con su aguijón. Aunque fue la especie más activa y abundante durante todo el proceso de secado, además de ser la más agresiva de todas por su fuerte aguijoneo, no presentó inconvenientes a los trabajadores al momento de revolver

el grano durante el secado. Esta especie, además de *S. invicta*, ha sido registrada como un importante agente de control biológico en plagas agrícolas en países de Centro y Sudamérica (Jaffe et ál. 1990, Torres 1990, Perfecto 1991, Bustillo et ál.1998).

Aunque no penetra el grano, *Dorymyrmex* sp. tiene la capacidad de depredar rápidamente estados adultos e inmaduros de la broca fuera del grano, que se encuentren cerca de los orificios de penetración. Estas hormigas se caracterizan por tomar el insecto frontalmente y extender su primer par de patas por encima de él hasta los élitros, con lo cual logran inmovilizarlo. Esta especie es tan veloz que durante los muestreos en el interior de los secadores las obreras se llevaban los adultos de broca que estaban siendo contabilizados sobre hojas de papel. El género *Dorymyrmex* carece de aguijón; sin embargo, al ser manipuladas estas

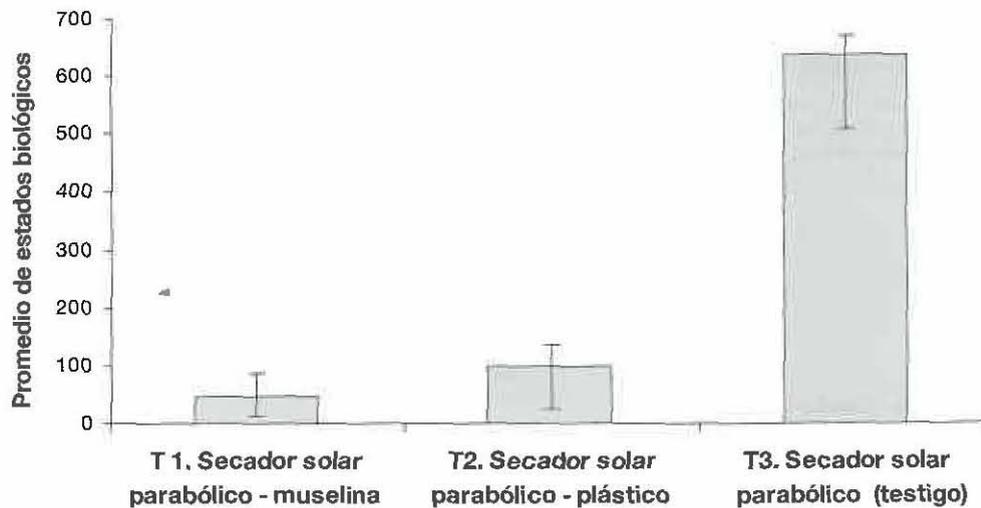


Figura 4. Número promedio de brocas (larvas, pupas y adultos) que salen de los granos pergaminos durante el proceso de secado y quedan en el piso de los secadores (tratamientos 1 y 2 con presencia de hormigas, testigo sin hormigas).

hormigas secretan sustancias de un olor penetrante, por lo que se supone las usan para capturar los adultos de broca y llevarlos a su nido.

En cuanto a la hormiga *M. smithii*, solo se observaron obreras aprovechando los estados biológicos inmaduros de la broca fuera de los granos. El uso de insectos muertos como substratos para cultivo de hongos simbiotes ha sido registrado por Holldobler y Wilson (1990) en los géneros *Cyphomyrmex* y *Myrmicocrypta*. Estos mismos autores registran para el género *Mycocepurus* el uso heces de insectos. Mackay et ál. (2003) mencionan que este género predominantemente neotropical utiliza, además de excrementos de insectos, hojas secas y otros materiales orgánicos. Este es el primer caso en que se reporta el uso de estados inmaduros de un coleóptero como sustrato de un hongo simbiote en la tribu Attini.

Las observaciones iniciales muestran que la capacidad depredadora de las hormigas sobre la población de broca que sale de los granos está determinada principalmente por el número de colonias establecidas dentro o cerca de los secadores y la presencia de dos o más especies de hormigas que actúen en forma conjunta (competencia interespecífica). Dicho factor de competencia por un mismo espacio y alimento ha sido registrado por Bustillo et ál. (1998) en el caso específico de la broca del café.

Aunque estas hormigas pudieron tener un impacto sobre la población final de brocas dentro de los granos, las diferencias encontradas respecto al tratamiento testigo se pudieron deber a que en ausencia del tul y el plástico

en estos secadores la temperatura fue mucho menor. Esto propició una menor salida de adultos y una mayor supervivencia dentro de los granos durante el proceso de secado.

Los resultados coinciden con lo hallado por Bustillo et ál. (1998), quienes registran también a *Pheidole* sp., *Brachymyrmex* sp., *Wasmannia* sp., *Crematogaster* sp., *Solenopsis* sp. y *Paratrechina* sp. como enemigos de la broca en Colombia. La contribución de éstas y otras hormigas, tales como *Pachycondyla* y *Camponotus* han sido evaluadas en cafetales de Cundinamarca. Resultados preliminares indican el efecto positivo de *Pheidole* (posiblemente *P. biconstricta*), la cual anida en el suelo y utiliza como alimento los estados inmaduros y adultos de la broca, tanto los que se encuentran en frutos en el café como de aquellos en el suelo (Zenner-Polania 1999).

Estas observaciones de depredación natural pueden dirigirse a estudios que permitan la manipulación de estas especies para establecer métodos alternativos de control de plagas como lo es, en este caso, la broca del café. Noor (1995) define este tipo de control como depredación natural mejorada por el hombre y que presenta ventajas sobre la depredación introducida o "clásica", pues se trata de una especie local (hormigas) controlando una plaga introducida o exótica (broca del café).

Estas hormigas aparecen espontáneamente en los secadores solares y patios de secado, atraídas por las brocas que salen de los granos. Se recomienda a los caficultores no eliminarlas y favorecer su permanencia ubicando dichos

secadores en un sitio del beneficio contiguo a cafetales o zonas verdes, pues cumplen un importante papel en el control de la broca durante el proceso de secado del grano.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Cenicafé, a Colciencias, a la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira y al personal de la Subestación "La Catalina". Agradecimientos especiales al Dr. Javier García y a los señores Juan Carlos Vélez y Juan Carlos López de Cenicafé. A la señora Erika Valencia y al profesor Francisco Serna de la Universidad Nacional de Colombia por su colaboración en la identificación de los géneros de las hormigas.

Literatura citada

- Bergamin, JA. 1945. formacao de novos cafézais e a broca do café. Boletim da Superintendencia dos Servicos do Café (Brasil) 20(217):281-284.
- Bustillo P, AE; Cárdenas M, R; Villalba G, D; Benavides M, P; Orozco H, J; Posada F, J. 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) en Colombia. Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café "Pedro Uribe Mejía" Cenicafé. 127 p.
- Castro G, L; Benavides M, P; Bustillo P, AE. 1998. Escape y mortalidad *Hypothenemus hampei*, durante la recolección y beneficio del café. Manejo Integrado de Plagas no. 50:19-28.
- Cárdenas M, R. 1988. La broca del café *H. hampei* (Ferr). Agronomía. Colombia, Universidad de Caldas. Segunda Época 2(2):8-11.
- _____; Posada F, FJ. 2001. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Armenia, CO, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío-CENICAFE, 2001. 250 p.
- Federación Nacional de Cafeteros. 1997. Sistema de Información Cafetera-SICA. Encuesta Nacional Cafetera - Fases I, II, III, IV y V. Santafé de Bogotá, CO, Gerencia Técnica - Oficina de estudios y proyectos básicos. 178 p.
- Fonseca J, OP; Araujo R, L. 1939. Insetos inimigos do *Hypothenemus hampei* (Ferr); a Broca do café. Boletín Biológico (Brasil) 4(3):486-504.
- Jaffe, K; Mauleon, H; Kermarrec, A. 1990. Predatory ants of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in citrus groves in Martinique and Guadeloupe, F.W.I. Florida Entomologist 73(4):684-687.
- Holldobler, B; Wilson, EO. 1990. The ants. Cambridge, US, Harvard University Press. 732 p.
- Le Pelley R, H. 1973. Las plagas del café. Barcelona, ES, Labor. 643 p.
- Mackay, PW; Maes, JM; Fernández, RP; Luna, G. 2003. The ants of North America: the genus *Mycocephurus* (Hymenoptera: Formicidae). Centennial Museum, Department of Biological Sciences, The University of Texas. 8 p. (sin publicar).
- Moreno V, DP; Bustillo P, AE; Benavides M., P; Montoya R, EC. 2001. Escape y la mortalidad de *Hypothenemus hampei* en los procesos de recolección y beneficio del café en Colombia. Cenicafé 52(2):111-116.
- Noor, H. 1995. Depredación natural: Una alternativa viable para el control de las plagas vertebradas en malasia. Palmas 16(2):39-48.
- Perfecto, I. 1991. Ants (Hymenoptera: formicidae) as natural control agents of pest in irrigated maiz in Nicaragua. Journal of Economic Entology 84(1):65-70.
- Sponagel, KW. 1994. La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de Café Robusta en la Amazonia Ecuatoriana. Giessen, DE, Wissenschaftlicher Fachverlag. 185 p.
- Torres, JA. 1990. Aspectos ecológicos, toxicológicos y agrícolas de la hormiga brasileña *Solenopsis invicta*. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 74(4):375-393.
- Velez H, M; Bustillo P, AE; Alvarez H, JR. 2002. Secador solar parabólico modificado para el control de la broca del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 306:1-4.
- Zenner - Polania I. Vespidae y Formicidae: 1999. Aspectos morfológicos y biológicos y su participación en el control biológico natural de plagas insectiles. Actualidad & divulgación Científica 1:45-51.

Potencial de uso de armadilhas iscadas com o feromônio sexual do percevejo marrom, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae), para o monitoramento populacional de percevejos praga da soja

Carmen S.S. Pires¹
Edison R. Sujii¹
Francisco G.V. Schmidt¹
Paulo H. G. Zarbin²
João R. M. de Almeida³
Miguel Borges¹

RESUMO. Estudos básicos foram realizados em campo, para o desenvolvimento de metodologia de monitoramento das populações de percevejos da soja, utilizando armadilhas iscadas com compostos do feromônio sexual de *Euschistus heros*. As espécies de percevejos capturadas nas armadilhas iscadas com diferentes combinações do feromônio foram as mesmas observadas nas amostragens, utilizando o “pano de batida”, método indicado para amostragem das pragas da soja. Um número maior de indivíduos foi capturado nas armadilhas iscadas com 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila e com a mistura de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila (44%) + 2,6,10 trimetildodecanoato de metila (3%) + 2,4 decadienoato de metila (53%) em relação ao tratamento controle (solvente n-hexano) e em relação à mistura de 3:1 de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila, respectivamente. Os septos de borracha, contendo as misturas feromonais, continuaram ativos por períodos de até 14 dias. Avaliação de diferentes modelos de armadilhas demonstrou a maior eficiência de captura do modelo que continha um funil no seu interior para retenção dos insetos capturados. As armadilhas capturaram um maior número de indivíduos, quando os orifícios de entrada ficaram localizados entre 30 e 40 cm do solo. Os resultados confirmaram a possibilidade da utilização de compostos do feromônio sexual de *E. heros*, para o monitoramento das populações das diferentes espécies de percevejos.

Palavras-chave: *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Acrosternum aseadum*, *Edessa meditabunda*, levantamento populacional, percevejos.

RESUMEN. Potencial de trampas con la feromona sexual de la chinche marron, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) para uso en muestreo poblacional de chinches plaga de la soja. Se llevaron a cabo estudios básicos, en condiciones de campo, para desarrollar una metodología de muestreo de poblaciones de chinches plaga de la soja, utilizando trampas con la feromona sexual de *Euschistus heros*. Las especies de chinches capturadas en las trampas con diferentes combinaciones de feromona fueron las mismas que las observadas con el método del paño utilizado tradicionalmente para el muestreo de plagas de la soja. Se capturó un mayor número de individuos en las trampas con 2,6,10 trimetiltridecanoato de metilo y con la mezcla 2,6,10 trimetiltridecanoato de metilo (44%) + 2,6,10 trimetildodecanoato de metilo (3%) + 2,4 decadienoato de metilo (53%) con relación al tratamiento control (solvente n-hexano) y a la mezcla de 3:1 de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metilo e 2,6,10 trimetildodecanoato de metilo, respectivamente. Los septos de goma con las mezclas de feromonas se mantuvieron activos durante períodos de 14 días. La evaluación de diferentes modelos de trampas mostró que el modelo que posee las aberturas seguidas de un cono tipo embudo para la retención de los insectos capturados fue el más eficaz. Las trampas capturaron un mayor número de individuos cuando las aberturas estuvieron localizadas a 30 y 40 cm del suelo. Los resultados confirman el potencial de los componentes de la feromona sexual de *E. heros* para su utilización en el muestreo de poblaciones de diferentes especies de chinches.

¹ Embrapa - Recursos Genéticos e Biotecnologia, Cx. Postal 02372, Brasília, DF, Brasil, 70.849-970.

² Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Dep. de Química, Cx. Postal 19081, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil.

³ Universidade de Brasília, Dep. de Biologia Celular, Cx. Postal 04 457, CEP 70.910-900, Brasília, DF, Brasil.

Palabras clave: *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Acrosternum aseadum*, *Edessa meditabunda*, muestreo poblacional, chinches.

ABSTRACT. Potential use of sex pheromone compounds of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) for sampling soybean stink bug populations. Studies were conducted to develop a new methodology for monitoring the different species of the soybean stink bug complex using traps baited with compounds of *Euschistus heros* sex pheromone. We tested in the field different combinations of the pheromone compounds, different trap models and different trap installation locations in the plant. In general, stink bug species caught in the pheromone traps were the same as those observed when using the traditional sampling method. A higher number of individuals were caught in traps baited with methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate alone and a mixture of methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate + methyl 2,6,10-trimethyldodecanoate + 2,4 decadienoate (44:3:53) compared to control treatment (traps baited with the solvent n-hexane) and traps baited with a mixture of 3:1 of 2,6,10-trimethyltridecanoate + methyl 2,6,10-trimethyldodecanoate. Rubber septa impregnated with the pheromone blend remained active for more than 14 days in the soybean field. We tested the efficiency of different trap models made with 2 L plastic bottles in capturing and retaining the insects in field conditions. The model containing one funnel inserted inside the trap, just below the insect entrance holes, was the most effective. The traps caught more insects when the entrance holes were located at 30-40 cm above the base of the plants than when they were located at the top or at 20 cm from the base of the plants.

Keywords: *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Acrosternum aseadum*, *Edessa meditabunda*, population survey, stink bug.

Introdução

Os principais insetos-praga que atacam a cultura da soja na região do Distrito Federal são os percevejos *Euschistus heros* (Fabricius), *Nezara viridula* (Linnaeus) e *Piezodorus guildinii* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) e a lagarta *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). Dentre os percevejos, as espécies *E. heros* e *P. guildinii* têm apresentado, nos últimos anos, as mais altas densidades populacionais. Os percevejos surgem com o início da floração (R1 - fase reprodutiva), causando danos desde a formação das vagens até o final do desenvolvimento das sementes (R7 - maturidade fisiológica) (Fehr et al. 1971). O hábito de alimentação, sugando diretamente os grãos da soja, afeta o rendimento e a qualidade das sementes, exigindo que medidas de controle sejam adotadas, quando populações crescem a níveis muito elevados.

O monitoramento por meio do pano de batida tem sido usado com eficiência para o acompanhamento das densidades populacionais da lagarta da soja. Porém, quanto ao monitoramento dos percevejos, devido à grande mobilidade das ninfas e adultos, este método tem sido pouco adotado pelos produtores de soja. Neste caso, uma alternativa prática e viável em relação ao acompanhamento das populações dos percevejos seria a utilização de armadilhas com iscas feromonais, para a atração e captura dos adultos.

Nos últimos 10 anos, a ecologia química dos percevejos da soja tem sido estudada e os resultados têm

sido promissores. O sistema de comunicação química do percevejo marrom, *E. heros*, foi elucidado culminando com a identificação (Aldrich et al. 1994, Borges & Aldrich 1994) e síntese química do feromônio sexual (Mori & Murata 1994, Ferreira & Zarbin 1996). A substância 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila foi relatada como o principal componente do feromônio sexual de *E. heros*, seguido dos ésteres 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 2,4,-decadienoato de metila (Aldrich et al. 1994). Bioensaios em laboratório demonstraram que o emprego de uma mistura dos compostos 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10-trimetildodecanoato de metila, em proporções próximas àquelas observadas nos extratos naturais, atuam de maneira mais significativa na atratividade de fêmeas de *E. heros*, quando comparado aos compostos isolados (Zarbin et al. 2000a). Recentemente, as análises dos voláteis emitidos pelos machos e fêmeas de *E. heros* foram refinadas, utilizando eletroantenografia acoplada a um cromatógrafo gasoso (GC-EAD) (Zhang et al. 2003). Nesta nova análise, a proporção dos três ésteres já identificados mostrou-se diferente da determinada nos estudos anteriores realizados por Aldrich et al. (1994). O composto 2,4,-decadienoato de metila, foi detectado nessas novas análises na porcentagem de 53% da mistura feromonal, enquanto os ésteres 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila aparecem na proporção de 44% e 3%, respectivamente (Zhang et al. 2003).

Tabela 1. Proporções dos componentes sintéticos do feromônio sexual do percevejo *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) em diferentes tratamentos testados em campo

Tratamentos	Componentes do feromônio		
	2,6,10-trimetiltridecanoato de metila	2,6,10-trimetildodecanoato de metila	2,4 decadienoato de metila
1	1	0	0
2	0,74	0,26	0
3	0,95	0,05	0
4	0,44	0,03	0,53
Controle (solvente n-hexano)	0	0	0

T1 = 0,2 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila; T2 = 0,2 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 0,07 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila; T3 = 0,2 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 0,01 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila; T4 = 0,16 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila, 0,01 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 0,2 mg de 2,4 decadienoato de metila.

Estudos preliminares em campo demonstraram que armadilhas iscadas com uma mistura racêmica sintética do composto 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila são capazes de capturar diferentes espécies do complexo de percevejos-praga da soja (Borges et al. 1998b). Adicionalmente, foi demonstrado que os compostos 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10-trimetildodecanoato de metila, compostos do feromônio sexual da espécie *E. heros*, estão presentes também na mistura feromonal do percevejo *Piezodorus guildinii* (Borges et al. 1999). Estes resultados abrem a possibilidade de se investigar uma composição que contenha uma mistura desses compostos, podendo, assim, uma única formulação ser empregada para a captura de mais de uma espécie de percevejo do complexo de pragas da soja.

A partir dos compostos feromonais sintéticos, uma série de estudos é necessária para o desenvolvimento de metodologia de monitoramento das populações de percevejos da soja, utilizando armadilhas iscadas com o feromônio sexual de *E. heros*. Assim sendo, esse trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: 1) avaliar em campo, diferentes combinações dos compostos feromonais, tomando como base os resultados anteriores dos testes de campo de Borges et al. (1998b), os bioensaios em laboratório de Zarbin et al. (2000a) e as novas análises de (Zhang et al. 2003); 2) desenvolver e testar diferentes modelos e locais de instalação de armadilhas para captura dos percevejos, levando-se em conta o comportamento dos insetos.

Materiais e métodos

Área experimental

Os experimentos foram conduzidos durante a safra de 1999/2000, em área cultivada com soja (variedades Milena e Celeste), com aproximadamente 2.500 m², na região de Planaltina, Distrito Federal.

Compostos feromonais

Os compostos 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10-trimetildodecanoato de metila foram sintetizados no laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal do Paraná conforme Ferreira & Zarbin (1996) e Zarbin et al. (2000a; 2000b). O composto 2,4 decadienoato de metila foi sintetizado no Laboratório Chemicals Affecting Insect Behaviour/ ARS-USDA. No preparo das misturas feromonais foi utilizado o solvente n-hexano adquirido da Sigma[®]. As misturas feromonais foram impregnadas em septos de borracha duas horas antes de serem instaladas no campo. Considerando que a capacidade de cada septo é de 167 µl, os compostos feromonais foram diluídos neste volume nas seguintes quantidades (Tabela 1): T1 = 0,2 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila; T2 = 0,2 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 0,07 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila; T3 = 0,2

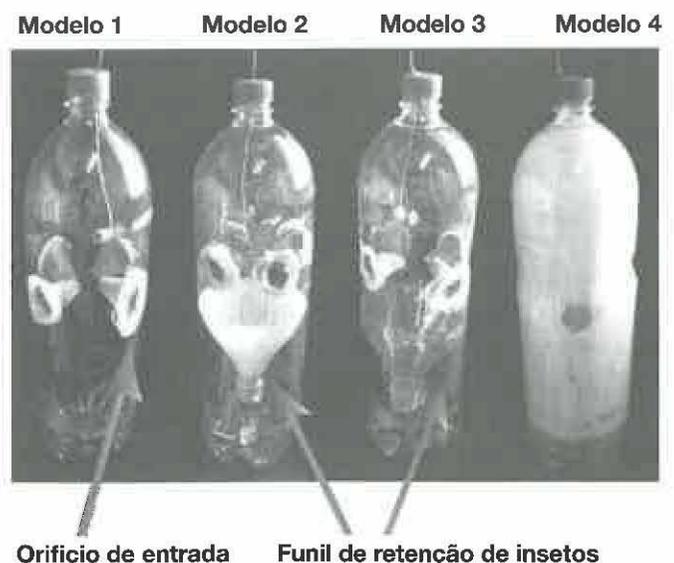


Figura 1. Modelos de armadilhas confeccionadas a partir de garrafas plásticas transparentes, de dois litros do tipo "PET".

mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 0,01 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila; T4 = 0,16 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila, 0,01 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 0,2 mg de 2,4 decadienoato de metila.

Modelos de armadilhas utilizados

Estudos preliminares demonstraram que uma das falhas das armadilhas utilizadas anteriormente por Borges et al. (1998b) foi a alta porcentagem de escape dos insetos atraídos e capturados pelas armadilhas. Este fato dificultou a análise do número exato de insetos atraídos pelos compostos feromonais. Assim, quatro novas armadilhas foram confeccionadas a partir do modelo desenvolvido por Borges et al. (1998b), utilizando-se garrafas plásticas transparentes do tipo "PET" de dois litros (Figura 1). Para a entrada dos insetos, quatro discos de 2 cm de diâmetro foram removidos das laterais da garrafa. O fundo da garrafa foi cortado a 4 cm de altura e preso no mesmo local utilizando dois pedaços de arame, de modo que este pudesse ser removido para a retirada dos insetos capturados. Nos modelos 1, 2, e 3, nos orifícios de entrada dos insetos foram colados funis confeccionados com uma tela de alumínio galvanizada, malha de 0,5 mm. Para evitar o escape dos insetos, nos modelos 2 e 3, um funil foi inserido no interior das garrafas, logo abaixo dos orifícios de entrada. Este funil foi confeccionado também utilizando garrafas do tipo "PET", cortando a parte superior das garrafas a 9 cm da boca. Testou-se também a eficiência do fluon para evitar o escape dos insetos. Assim, nos modelos 2 e 4 foi aplicado fluon nas paredes internas do funil e nas paredes internas da armadilha, respectivamente. Em todos os modelos, o septo de borracha contendo feromônio era suspenso por um fio de arame através da tampa das garrafas.

Avaliação da eficiência das armadilhas

Inicialmente, o poder de retenção dos insetos capturados dos quatro modelos de armadilhas (Figura 1) foi avaliado a campo. Cinco casais de *E. heros*, provenientes de uma criação mantida em laboratório, foram colocados no interior de cada armadilha. A intervalos de três e dois dias, durante sete dias, o número de indivíduos retidos em cada armadilha foi anotado e os cinco casais foram repostos. Os diferentes modelos de armadilhas foram instalados em um campo, suspensos em estacas de madeira, à altura das plantas de soja. Seguindo o desenho experimental de quatro blocos ao acaso, as armadilhas foram colocadas a uma distância de 5 m entre si e 5 m entre blocos.

Baseando-se nos resultados do teste de retenção, avaliou-se o poder de captura dos modelos de armadilha

que retiveram o maior número de insetos (modelos 3 e 4) (Figura 1). As armadilhas foram colocadas em campo em cinco blocos ao acaso, distanciando 25 m umas das outras. Utilizaram-se, em todas as armadilhas, iscas à base de componentes feromonais conforme tratamento 4 (Tabela 1). O experimento permaneceu em campo durante 10 dias. Os indivíduos capturados nos diferentes tratamentos foram coletados a intervalos de dois e três dias, levados para o laboratório e identificados. A capacidade de captura das armadilhas foi comparada pelo número médio de indivíduos capturados em cada tipo de armadilha.

Avaliação dos compostos do feromônio de *Euschistus heros*

Diferentes composições dos componentes: metil-2,6,10-trimetiltridecanoato, metil-2,6,10-trimetildodecanoato e 2,4 decadienoato foram usadas como atraentes na armadilha número 3, para avaliar a eficiência de quatro diferentes misturas feromonais na captura das diferentes espécies do complexo de percevejos (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 5 replicações. As armadilhas, distando entre si de 25 metros, foram instaladas na plantação no dia 02 de março, quando as plantas de soja se encontravam no estágio de enchimento de grãos. Os blocos eram dispostos em linha, ao longo do gradiente de declividade do terreno e distantes 50 m entre si. Os septos de borracha, contendo os tratamentos, foram trocados uma vez, durante o período experimental, após 14 dias de exposição em campo.

Os indivíduos capturados nos tratamentos foram coletados a intervalo de três ou quatro dias, visando impedir que a presença de indivíduos mortos, por meio da liberação de feromônio de alarme dentro das armadilhas, influenciasse a captura de mais insetos. De acordo com Aldrich (1998) e Aldrich et al. (1995), freqüentemente os voláteis coletados dos adultos de percevejos contêm uma grande quantidade de substâncias de defesa liberadas pelos insetos mortos ou perturbados. Ao final de cada coleta, os indivíduos foram identificados por espécie e sexados. As leituras das coletas foram realizadas até a maturação dos grãos da soja, no dia 06 de abril, e os números médios de percevejos adultos coletados em cada tratamento, durante o período, foram comparados entre si.

A população de percevejos da soja foi monitorada paralelamente por meio de levantamentos realizados semanalmente (20 amostras por data), utilizando o pano de batida. Esse método é referência para o manejo da praga (Kogan & Herzog 1980) e é amostrador não-tendencioso da riqueza de espécies presentes na área. As coletas das misturas feromonais foram comparadas, graficamente,

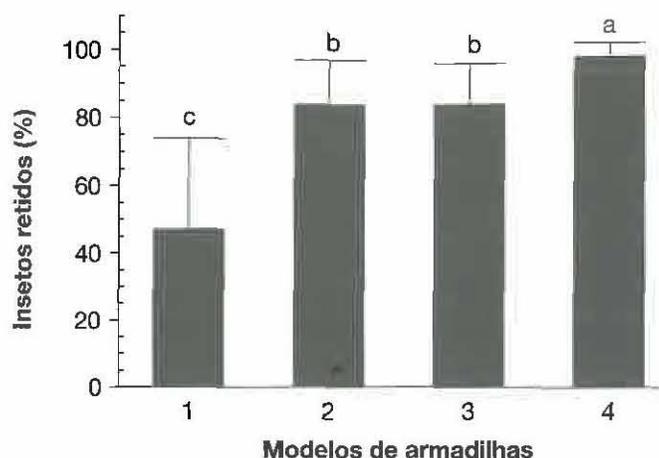


Figura 2. Porcentagem média de adultos de *Euschistus heros* retidos nos diferentes modelos de armadilhas (média \pm erro padrão) conforme Figura 1. O número inicial de indivíduos em cada repetição foi igual a 10. Letras diferentes acima das barras = diferença significativa entre os tratamentos (Kruskal-Wallis, $H=27,19$, $gl=3$, $P<0,001$; Student-Newman-Keuls, $P<0,05$).

com as coletas do pano de batida, visando avaliar a riqueza e a abundância relativa das espécies de pentatomídeos presentes, assim como, o padrão de flutuação da densidade de percevejos-praga pelos dois métodos.

Localização das armadilhas

Foram testadas diferentes alturas de colocação das armadilhas em relação ao solo e à altura das plantas de soja. Tomando como base, os resultados dos experimentos anteriores, utilizou-se o modelo de armadilha número 3 e uma mistura dos três compostos feromonais (Tratamento 4 = 0,16 mg de 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila, 0,01 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 0,2 mg de 2,4 decadienoato de metila). As armadilhas foram suspensas em estacas de madeiras fixadas nas linhas de soja, próximas às plantas. No tratamento 1, os orifícios de entrada das armadilhas ficaram localizados a 20 cm do solo; no tratamento 2, entre 30 e 40 cm do solo e no tratamento 3, estes ficaram localizados à altura do ápice das plantas. Os tratamentos foram dispostos, 25 m uns dos outros, em cinco blocos ao acaso. Os indivíduos capturados nos diferentes tratamentos foram coletados a intervalos de três dias, levados para o laboratório e identificados.

Análises estatísticas

A comparação dos números médios de percevejos retidos ou capturados em cada tratamento nos diferentes experimentos foi feita pela Análise da Variância – ANOVA seguida do teste de comparação de médias de Fisher ou

o Teste t (Sokal & Rohlf 1995). Quando os dados não permitiam uma análise paramétrica, esses foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (Sokal & Rohlf 1995).

Resultados e discussão

Eficiência das armadilhas

O modelo 4 foi o que apresentou o maior poder de retenção. Em média, 98% dos indivíduos inicialmente colocados nas armadilhas ficaram retidos, seguidos pelos modelos 2 e 3, que retiveram em média 84% dos indivíduos (Figura 2). A armadilha modelo 4, por não conter funis nos orifícios de entrada dos insetos, acumulou um volume maior de água de chuva que os demais modelos, o que evitou o escape dos insetos. Já o modelo número 1, armadilha que mais se assemelhava ao modelo utilizado anteriormente por Borges et al. (1998b), apresentou as menores porcentagens de retenção dos percevejos, em média 47%. Este modelo de armadilha mostrou bom desempenho em experimentos anteriores (Borges et al. 1998b). Porém, as leituras das armadilhas foram realizadas duas vezes ao dia, o que evitava o escape dos insetos coletados. Neste trabalho, as leituras foram realizadas a intervalos de três a quatro dias.

Quanto ao poder de captura das armadilhas, o modelo que continha um funil no seu interior, modelo 3, foi o mais eficiente. Em média, este modelo capturou 11 indivíduos enquanto que o modelo 4, que não continha o funil no seu interior e os funis nos orifícios de entrada dos insetos, capturou 3,6 indivíduos (Figura 3). Para melhorar

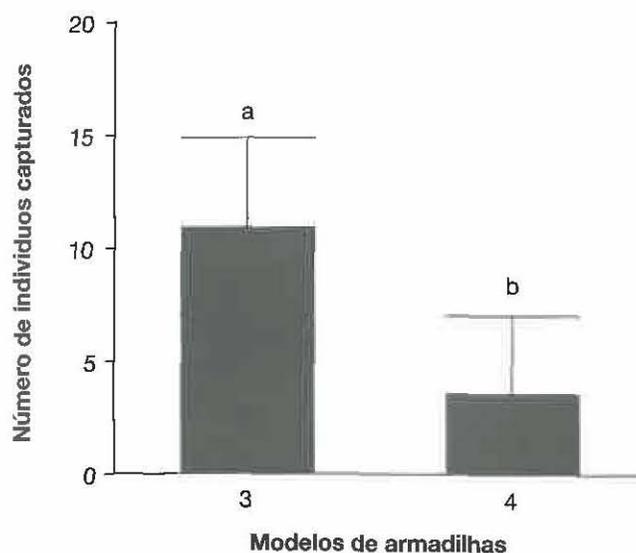


Figura 3. Número de indivíduos de diferentes espécies de percevejo, coletados em dois diferentes modelos de armadilhas (Figura 1) iscadas com o feromônio de *E. heros* (média \pm erro padrão). Letras diferentes acima das barras = diferença significativa entre os tratamentos (Teste t , $t=3$, 20, $gl = 8$, $P = 0,013$).

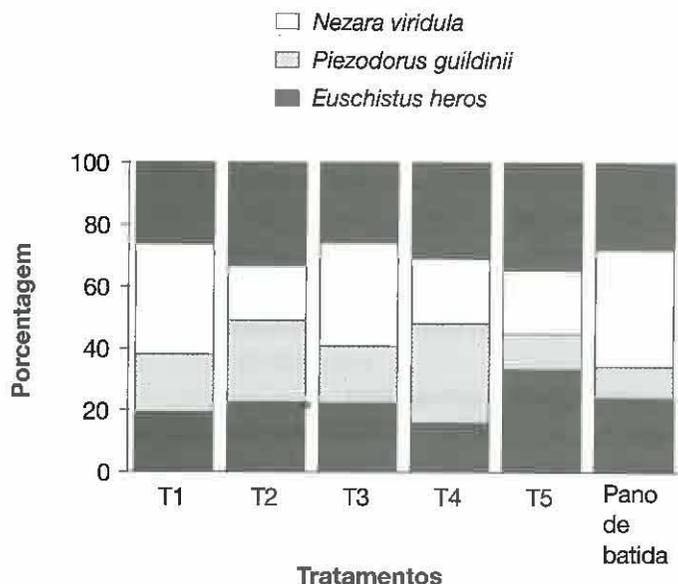


Figura 4. Porcentagem de adultos de cada espécie de percevejo da soja capturados em armadilhas com diferentes misturas feromonais do percevejo *Euschistus heros* (Tabela 1) e pela amostragem do pano de batida. Adultos coletados por tratamento: T1: 140, T2: 102, T3: 108, T4: 152, T5: 87, Pano de batida: 79.

a eficiência de captura e retenção das armadilhas, ainda são necessários estudos comportamentais para observação, por exemplo, do comportamento de aproximação dos percevejos em relação à fonte de feromônio e em relação aos orifícios de entrada das armadilhas. Uma armadilha ideal é aquela que facilita a entrada dos insetos atraídos pelo feromônio e evita o escape dos mesmos. Outro fator importante é que o tamanho do orifício de entrada dos insetos pode afetar a formação da pluma de odor, diminuindo a eficiência das armadilhas (Bento 2001), já que a dispersão da mistura feromonal se dá por esses locais pela ação do vento.

Avaliação dos compostos do feromônio de *Euschistus heros*

A fauna de pentatomídeos, praga capturada nas armadilhas iscadas com as diferentes misturas feromonais, foi semelhante à captura realizada com o pano de batida em relação à riqueza de espécies e variável em relação à abundância relativa das espécies (Figura 4). Foram capturadas as seguintes espécies pelos dois métodos amostrais: *E. heros*, *N. viridula*, *P. guildinii*, *Edessa meditabunda* (F.), *Acrosternum aseadum* (Rolston) e *Thyanta perditor* F. (Heteroptera: Pentatomidae), sendo que as quatro primeiras espécies representaram 90% dos pentatomídeos coletados em todos os métodos.

Um número maior de indivíduos foi capturado nas armadilhas iscadas com 2,6,10 trimetiltridecanoato de

metila (T1) e com a mistura de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila (44%) + 2,6,10 trimetildodecanoato de metila (3%) + 2,4 decadienoato de metila (53%) (T4) em relação ao tratamento controle (T5) e em relação à mistura de 3:1 de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila, respectivamente (T2) (Figura 5). A mistura de 20:1 do composto 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila, respectivamente, (T3) apresentou uma taxa de captura intermediária entre os pares de tratamentos diferentes, indicando um possível gradiente de captura devido à concentração relativa dos ésteres 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila. Os resultados indicaram que o composto 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila é importante no processo de atração dos percevejos em campo e poderá ser utilizado isoladamente em formulações comerciais, já que as coletas realizadas pelas armadilhas iscadas somente com este éster foram semelhantes àquelas das armadilhas iscadas com a mistura dos três compostos feromonais.

As coletas realizadas pelas armadilhas controle, iscadas com septos contendo somente o solvente n-hexano (T5), podem estar relacionadas com alguma característica da armadilha, tal como o brilho e a visibilidade do material plástico, já que trabalhos anteriores realizados em olfatometros demonstraram que o solvente n-hexano não atrai os percevejos (Borges et al. 1998a, Zarbin et al. 2000a). A captura simultânea de espécies que não apresentam as estruturas químicas testadas em sua composição feromonal, como por exemplo, *N. viridula*, também poderia estar relacionada às características da

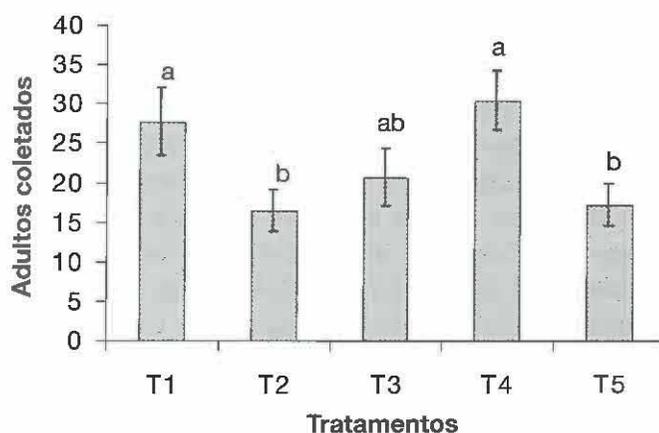


Figura 5. Número de adultos (média ± erro padrão) de diferentes espécies de percevejo pragas da soja (Heteroptera: Pentatomidae), coletados em armadilhas, contendo diferentes proporções dos compostos do feromônio sexual de *Euschistus heros* (Tabela 1). Letras diferentes acima das barras = diferença significativa entre os tratamentos (ANOVA, $F = 3,85$, $P = 0,07$; Fisher (LSD), $P < 0,05$).

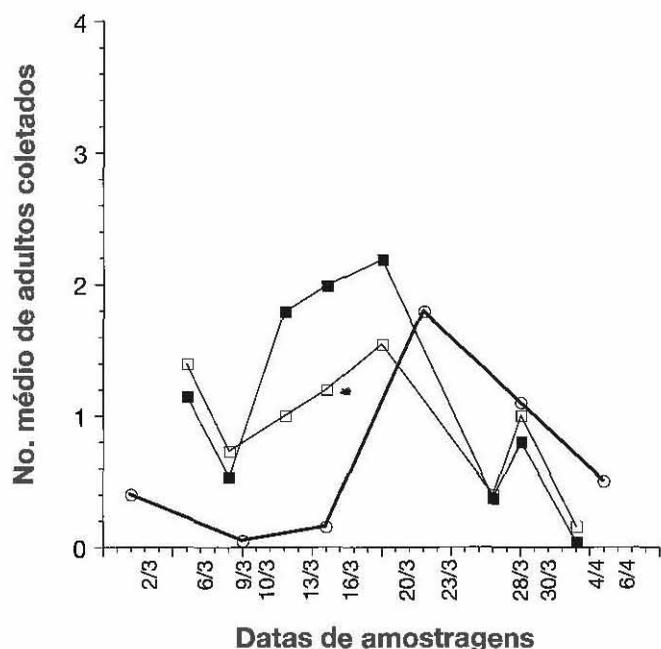


Figura 6. Número médio de adultos das diferentes espécies de percevejos-praga da soja capturados, durante o período de enchimento até a maturação dos grãos, por armadilhas iscadas com o feromônio sexual de *Euschistus heros* nos tratamentos 1 (□), 4 (■) e pano de batida (○) (Tabela 1). Os septos, contendo o feromônio, ficaram expostos, ininterruptamente, por um período de 15 dias.

armadilha. Nesse sentido, novos estudos são necessários, empregando-se armadilhas com colorações diferenciadas, no intuito de testar esta hipótese.

Os resultados sugerem a ausência de especificidade das misturas feromonais, embora originalmente os compostos tenham sido isolados de *E. heros*. Estes resultados estão de acordo com os testes anteriores realizados por Borges et al. (1998b) e confirmam a possibilidade da utilização de uma mesma formulação para o monitoramento do complexo de espécies de percevejos presentes na soja. As misturas feromonais T1 e T4, nas concentrações testadas, continuaram atraindo os percevejos em campo por um período de até 14 dias conforme as curvas de captura (Figura 6). Com base nestes resultados, espera-se que os compostos feromonais formulados sejam efetivos em campo por períodos maiores do que 14 dias. Comparando-se as curvas de captura do método do pano de batida com as das misturas feromonais dos tratamentos T1 e T4 (Tabela 1) observam-se que as armadilhas contendo feromônio detectaram o crescimento das populações dos percevejos antes do pano de batida (Figura 6). Essa diferença pode estar relacionada com a distribuição espacial da população de percevejos que apresenta um padrão agregado nos campos de soja e a idade dos adultos influenciando a captura dos indivíduos. Esses fatores sugerem que o esforço

amostral produzido pelas armadilhas é muito maior que o pano de batida, permitindo a detecção de percevejos nas armadilhas ocorra em baixas densidades que ainda não são detectáveis pelo pano de batida. Enquanto o pano de batida faz coletas pontuais de indivíduos de todas as idades, as armadilhas possivelmente, podem atrair indivíduos jovens e sexualmente ativos de distâncias maiores, cobrindo, dessa forma, áreas maiores e por mais tempo. Essa hipótese ainda precisa ser comprovada experimentalmente.

Localização das armadilhas

Quando os orifícios de entrada dos insetos ficaram localizados entre 30 e 40 cm do solo, as armadilhas capturaram um número maior de percevejos do que quando as entradas dos insetos ficaram localizadas a 20 cm do solo ou na altura do ápice das plantas de soja (Figura 7).

Para o desenvolvimento de uma metodologia de monitoramento das populações de percevejos utilizando feromônios, ainda são necessários estudos adicionais. É necessário testar outras concentrações das misturas feromonais, além de determinar o raio de ação desses compostos, para finalmente determinar a distância mínima

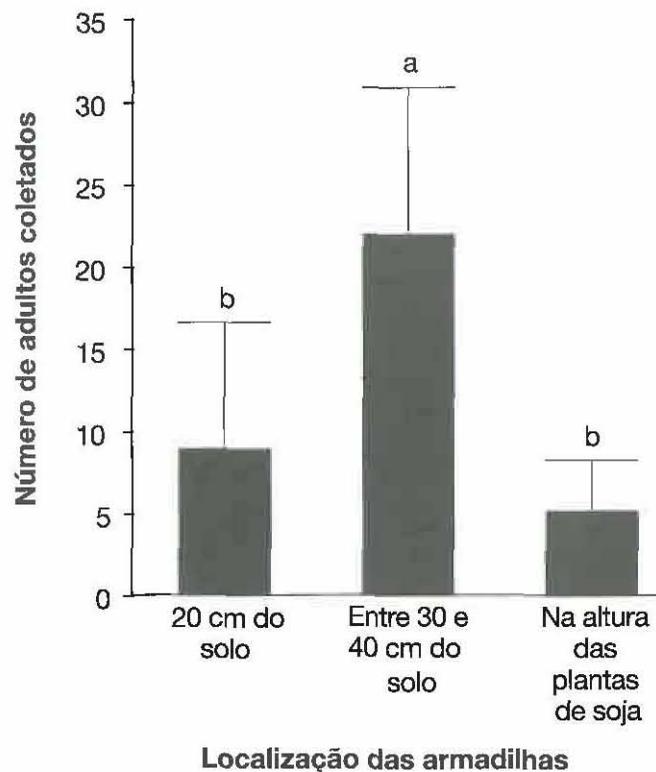


Figura 7. Número de indivíduos de diferentes espécies de percevejo, coletados em armadilhas iscadas com o feromônio de *E. heros*, localizadas em diferentes alturas (média ± erro padrão). Letras diferentes acima das barras = diferença significativa entre os tratamentos (ANOVA, $F = 8,046$, $P = 0,006$; Fisher (LSD), $P < 0,05$).

entre as armadilhas e definir a densidade necessária de armadilhas por hectare nos campos de soja. A partir dessas informações, utilizando um modelo matemático, será possível estabelecer a relação entre a quantidade de indivíduos coletados nas armadilhas iscadas com feromônio e a densidade absoluta de percevejos na área plantada, além de relacionar as coletas com o dano causado pelos percevejos na soja. Esse modelo será essencial para operacionalizar esta ferramenta e auxiliar na tomada de decisão para o manejo da praga.

Agradecimentos

A Hélio Moreira e João Sávio de O. Paes, técnicos do Lab. de Bioecologia e Semioquímicos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia pelo auxílio na condução dos experimentos. A Dra. Eliana M. G. Fontes e Dr. Raul A. Laumann que, gentilmente, revisaram o manuscrito.

Referências

- Aldrich, JR. 1998. Chemical ecology of the Heteroptera. *Annual Review of Entomology* 33:211-238.
- Aldrich, JR; Oliver, JE; Lusby, WR; Kochansky, JP; Borges, M. 1994. Identification of male-specific volatiles from Nearctic and Neotropical stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology* 20(5):1103-1111.
- Aldrich, JR; Rosi, MC; Bin, F. 1995. Behavioral correlates for minor volatile compounds from stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology* 21:1907-1920.
- Bento, JMS. 2001. Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. 2 ed. In Vilela, EF; Della Lucia, TMC. eds. Feromônios de Insetos – Biologia, Química e Emprego no Manejo de Pragas. Ribeirão Preto, SP, BR, Editora Holos. p. 135-144.
- Borges, M; Aldrich, JR. 1994. Attractant pheromone for nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a neotropical relative. *Journal of Chemical Ecology* 20(5):1095-1102.
- Borges, M; Mori, K; Costa, MLM; Sujii, ER. 1998a. Behavioral evidence of Methyl-2,6,10 trimethyltridecanoate as a sex pheromone of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology* 122(6):335-338.
- Borges, M; Schmidt, FGV; Sujii, ER; Medeiros, MA; Mori, K.; Zarbin, PHG; Ferreira, JTB. 1998b. Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, (Heteroptera: Pentatomidae). *Physiological Entomology* 23(3):202-207.
- Borges, M; Zarbin, PHG; Ferreira, JTB; Costa, MLM. 1999. Pheromone sharing: species specific blends based on the same compounds for *Euschistus heros* (F.) and *Piezodorus guildini* (W.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology* 25:629-634.
- Corrêa-Ferreira, BS; Moscardi, F. 1996. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalidis*. *Entomol. Exp. Appl.* 79:1-7.
- Fehr, WR; Cavines, CE; Burmood, DT; Pennington, JS. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 11:929-931.
- Ferreira, JTB; Zarbin, PHG. 1996. Pheromone synthesis: A tropical approach. Enantioselective synthesis of the (2R, 6S, 10S) and (2S, 6S, 10S) isomers of methyl 2, 6, 10-trimethyltridecanoate. *Bioorganic & Medical Chemistry* 4(3):381-388.
- Kogan, M; Herzog, DC. 1980. *Sampling Methods in Soybean Entomology*. Nueva York, US, Springer-Verlag. 587 p.
- Mori, K; Murata, N. 1994. Synthesis of methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate, the male-produced pheromone of the stink bugs, *Euschistus heros* and *E. obscurus*, as a stereoisomeric mixture. *Liebigs Ann. Chem.* 637-639.
- Sokal, RR; Rohlf, FJ. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3 ed. New York, US, W.H. Freeman.
- Zarbin, PHG; Reckziegel, A; Plass, E; Borges, M; Francke, W. 2000a. Synthesis and biological activity of methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate and methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate; male-produced sexual pheromones of stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii*. *Journal of Chemical Ecology* 26(12):2737-2746.
- Zarbin, PHG; Reckziegel, A; Plass, E; Oliveira, ARM; Simonelli, F; Marques, FA. 2000b. Synthesis of the minor sex pheromone component of two Brazilian soybean stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae), and an analogue compound. *Journal of Brazilian Chemical Society* 11(6):572-577.
- Zhang, A; Borges, M; Aldrich, JR; Camp, M. 2003. Stimulatory male volatile for the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 32(4):713-717.

Uso de fêmeas virgens na coleta massal de *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hymenoptera: Eurytomidae) em *Annona muricata* L. (Annonaceae)

José Inácio L. Moura¹
Ricardo B. Sgrillo²
Katia R.P.A. Sgrillo³
Evaldo F. Vilela⁴
José Maurício S. Bento⁵

RESUMO. A broca-da-semente *Bephratelloides pomorum* (Fab.) é uma praga importante economicamente para a gravioleira *Annona muricata* no Brasil. Neste estudo avaliou-se o horário de flutuação da captura dos machos em armadilha e a viabilidade do emprego da coleta massal para o manejo desta praga. A faixa de horário em que os machos foram atraídos para as armadilhas ocorreu das 6 as 17hs, com um pico entre as 10 e 13hs. Os bioensaios de coleta massal demonstraram que as capturas de machos nas armadilhas com 5 ou 10 fêmeas virgens foram inferiores aquelas com 15 ou 20 fêmeas virgens. Entretanto, não houve diferença significativa quando se comparou o número de machos coletados por fêmea, indicando que 5 ou 10 fêmeas seria o número mais adequado para utilização nas armadilhas. Os resultados também demonstram que ao se empregar fêmeas virgens por até três dias consecutivos nas armadilhas, a maior captura ocorreu no primeiro dia em detrimento dos demais, sugerindo a necessidade de se trocar as fêmeas virgens diariamente, para uma maior eficiência na coleta massal de *B. pomorum*.

Palavras-chave: Feromônio sexual natural, graviola, broca-da-semente, armadilha.

RESUMEN. Uso de hembras vírgenes para la captura masiva de *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hymenoptera: Eurytomidae) en *Annona muricata* L. (Annonaceae). El barrenador de semillas *Bephratelloides pomorum* (Fab.) es una plaga de importancia económica para la guanábana *Annona muricata* en Brasil. En este estudio se evaluó el horario de fluctuación de capturas de machos en trampas y la viabilidad del empleo de la captura masiva para el manejo de esta plaga. El período de mayor atracción de machos ocurrió entre las 6 y 17 horas, con un pico entre las 10 y 13 horas. El número total de machos capturados en las trampas con 5 y 10 hembras vírgenes fue menor a aquellas con 15 y 20 hembras vírgenes; sin embargo, el número de machos capturados por hembra virgen no presentó diferencia significativa, indicando que 5 o 10 hembras fue el número más adecuado para la utilización en las trampas. Las mayores capturas fueron durante el primer día comparado con el segundo y tercero, sugiriendo que las hembras deben ser reemplazadas diariamente para una mayor eficiencia en la captura masiva de *B. pomorum*.

Palabras clave: feromona sexual natural, guanábana, barrenador de la semilla, trampas.

ABSTRACT. Use of virgin females in mass trapping of *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hymenoptera: Eurytomidae) in *Annona muricata* (Annonaceae). The seed-feeding *Bephratelloides pomorum* (Fab.) is an economically important pest of *Annona muricata* in Brazil. We evaluated the capture patterns of males and the viability of mass trapping using virgin females to manage this pest. Males were attracted from 6:00 am to 5:00 pm with a peak between 10:00 am and 1:00 pm. Total numbers of males captured in traps with 5 and 10 virgin females were lower than those with 15 or 20 virgin females, but the numbers of males captured per virgin female were not different, indicating that 5 or 10 virgin females per trap would be an appropriated number for mass trapping. Higher captures occurred in the first day compared to the second and third days, suggesting that daily replacement of virgin females would be recommended for a higher efficiency in mass trappings of *B. pomorum*.

Keywords: natural sex pheromone, soursop, seed feeder, trapping.

¹ Estação Experimental de UNA – Centro de Pesquisa do Cacau – CEPEC/CEPLAC, Km 22 Rod. Ilhéus-Itabuna, Caixa Postal 07, Itabuna-BA, Brasil. jinacio@bitsnet.com.br

² Centro de Pesquisa do Cacau – CEPEC/CEPLAC, km 22, Rod. Ilhéus-Itabuna, Itabuna-BA, Brasil.

³ Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, km 16, Rod. Ilhéus-Itabuna, 45662-000, Ilhéus-BA, Brasil.

⁴ Dep. Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36571-000, Viçosa-MG, Brasil.

⁵ Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zool. Agrícola, ESALQ/USP, 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil.

Introdução

A graviola *Annona muricata* L. (Annonaceae) é uma fruta de origem tropical com ampla aceitação comercial em todo o mundo, podendo ser consumida "in natura" ou processada industrialmente para a obtenção de sucos e sorvetes. Entretanto, a expansão desta anonácea na região Neotropical está limitada por um grande número de pragas e doenças, dentre as quais a broca-da-semente do gênero *Bephratelloides* (Hymenoptera: Eurytomidae). De acordo com Peña & Bennett (1995), dentre as espécies de *Bephratelloides* que atacam *A. muricata* destacam-se *B. cubensis* (Ashmead) ocorrendo nos Estados Unidos, região do Caribe, América Central e norte da América do Sul; e *B. pomorum* (Fab.), listada na América Central e do Sul.

Na Venezuela, maior produtor mundial de graviola, assim como na Colômbia, as perdas de produção devido ao ataque de *B. cubensis* e *B. pomorum*, respectivamente, podem ser superiores a 70% (Reyes 1967; Zenner 1967). No Brasil, *B. pomorum* ocorre em todas as regiões onde a gravioleira é cultivada, sendo considerada uma das principais pragas da cultura, podendo levar a perdas acima de 80% (Leal et al. 1997).

B. pomorum é uma pequena vespa com asas de cor branco-transparente, com uma listra preta transversal. A fêmea é ligeiramente maior que o macho, possuindo $8,39 \pm 0,07$ mm de comprimento, de cor escura e brilhante, salpicada de manchas amarelas na cabeça, tórax e abdômen.

O macho possui $6,56 \pm 0,05$ mm de comprimento, de coloração amarelo brilhante (Pereira et al. 1997).

Fêmeas de *B. pomorum* realizam a postura nas sementes dos frutos ainda jovens. Após a eclosão, as larvas alimentam-se do endosperma das sementes até atingir o estágio de pupa (Brunner & Acuña 1967). De acordo com Coto & Saunders (2001) são depositados vários ovos numa mesma semente, mas somente uma larva se desenvolve no seu interior. Ao atingir o estágio adulto a vespa abre um orifício na semente e constrói uma galeria na polpa do fruto até a sua parte externa (casca do fruto), de onde sai para o acasalamento. Em razão disso, o fruto pode apresentar vários orifícios na superfície, o que facilita o reconhecimento de ataque desta praga. Estes furos, por sua vez, servem de entrada para inúmeros patógenos, que resultam em podridões e na mumificação do fruto, inviabilizando-o tanto para a sua comercialização "in natura", quanto para o processamento industrial.

Estudos pioneiros conduzidos por Moura & Leite (1994) revelaram que as fêmeas virgens de *B. pomorum* exercem forte atratividade sobre machos durante o acasalamento, sendo o tórax à parte do corpo mais atrativa. Leal et al. (1997) confirmaram em bioensaios de campo e por meio de eletroantenograma, que as fêmeas de *B. pomorum* possuem um feromônio sexual de longa distância mediando estes acasalamentos. Sendo assim, uma das alternativas para o controle de *B. pomorum* seria

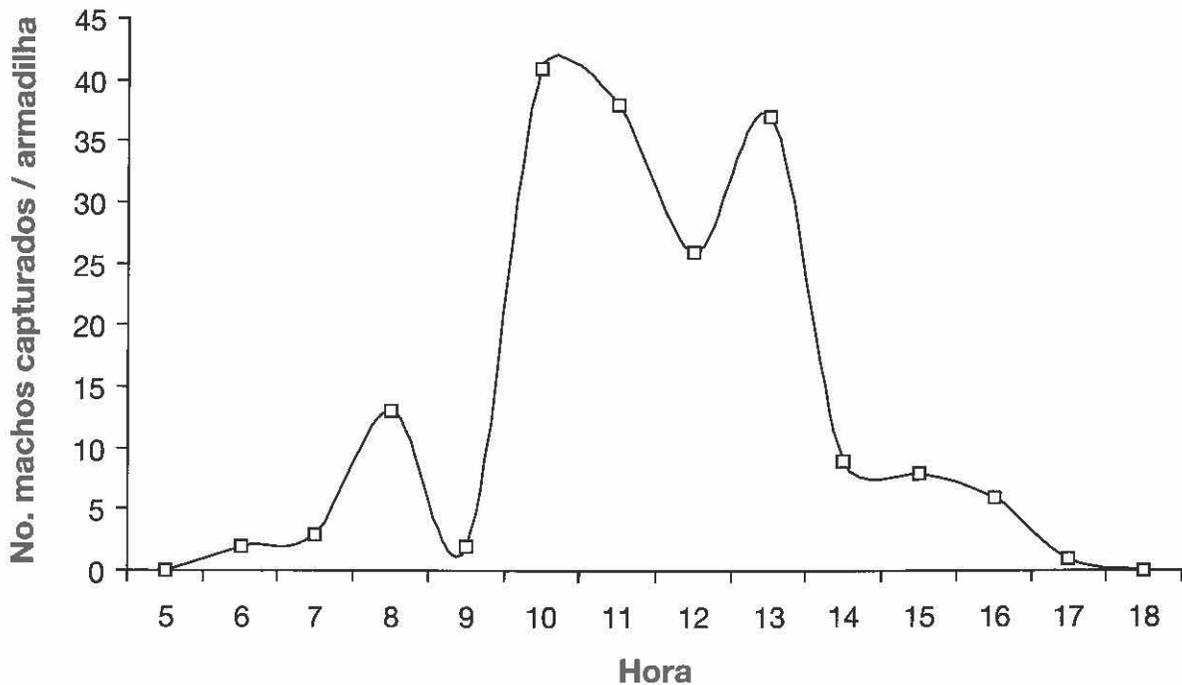


Figura 1. Número médio de machos de *Bephratelloides pomorum*, capturados por hora em armadilhas contendo fêmeas virgens.

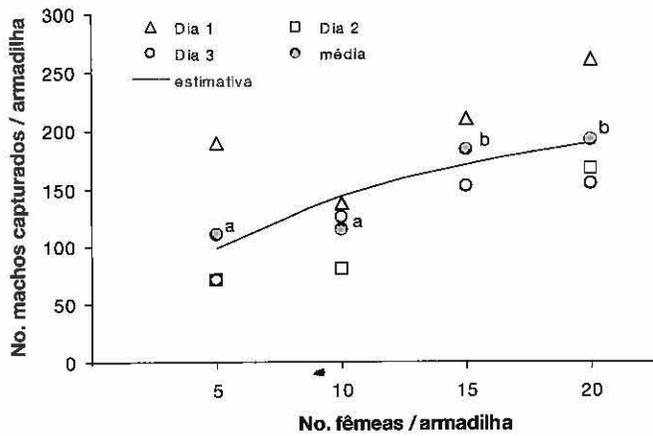


Figura 2. Número médio de machos de *Bephratelloides pomorum*, capturados por armadilha/dia, durante três dias consecutivos, utilizando-se diferentes números de fêmeas virgens por armadilha. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

a utilização do feromônio sexual sintético para a coleta massal de machos. Contudo, a identificação e a síntese deste feromônio ainda não foram obtidas. Portanto, este trabalho teve como objetivo estudar o horário de captura e a viabilidade do emprego de fêmeas virgens na coleta massal de machos de *B. pomorum* na gravioleira *A. muricata*.

Material e métodos

Os experimentos de campo foram conduzidos na Fazenda Esperança, em Eunápolis-BA, Brasil, numa área com 20 hectares de *A. muricata*. As armadilhas foram confeccionadas de cartela plástica plana (24 × 24 cm) contendo cola

“stick” em ambas as faces. No centro de cada armadilha foi colocado uma gaiola confeccionada de tubo plástico transparente com diâmetro de 3/4 de polegada com 5 cm de altura envolto por um tecido de “voile” para aprisionar as fêmeas virgens de *B. pomorum*. As fêmeas virgens foram obtidas a partir de frutos com sintomas de ataque da praga. Esses frutos foram cortados transversalmente e à medida que as vespas saíam do interior das sementes, as fêmeas virgens eram coletadas e imediatamente transferidas para pequenas gaiolas.

No primeiro experimento, visando-se conhecer o horário de captura de *B. pomorum* ao longo do dia, foram instaladas 10 armadilhas contendo 5 fêmeas virgens cada, dispostas a 1,5 m em relação ao solo e distantes 5 m uma das outras. De hora em hora, ao longo de 24 horas, as armadilhas com os machos de *B. pomorum* capturados eram contadas, e substituídas por outras novas, mantendo-se as gaiolas com as mesmas fêmeas virgens.

No segundo experimento, avaliou-se o uso da coleta massal de machos de *B. pomorum*. Para tanto, foram utilizados cinco tratamentos sendo: (i) 0 (controle), (ii) 5, (iii) 10, (iv) 15 e (v) 20 fêmeas virgens por armadilha. Foram realizadas 20 repetições para cada tratamento durante três dias consecutivos. Ao final de cada dia, as armadilhas e as fêmeas virgens eram substituídas, e os machos quantificados.

Os dados de captura foram transformados em $\log(x + 1)$, submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analytical System, inc. 1998).

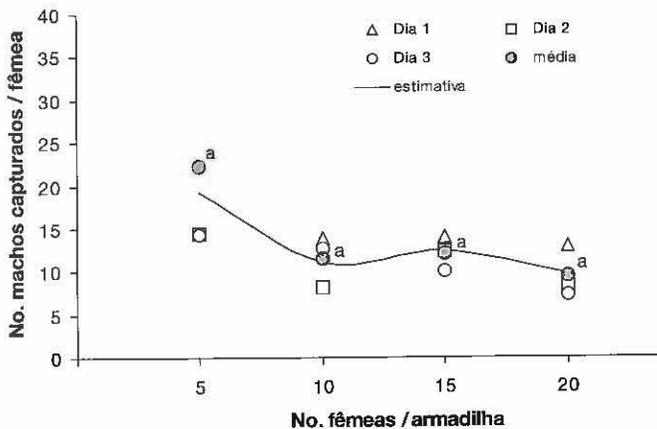


Figura 3. Relação entre o número de machos de *Bephratelloides pomorum* capturados por fêmea/dia, considerando-se o número de fêmeas virgens por armadilha ao longo de três dias consecutivos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

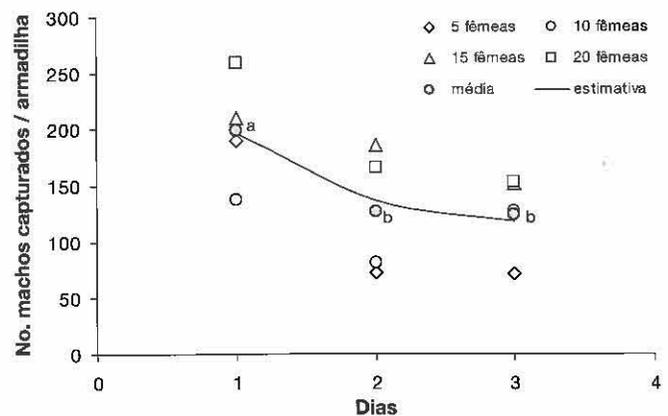


Figura 4. Relação entre o número de machos de *Bephratelloides pomorum* capturados por armadilha/dia, considerando-se o número de fêmeas virgens por armadilha ao longo de três dias consecutivos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A atratividade dos machos por fêmeas virgens de *B. pomorum* ao longo do dia ocorreu das 6 as 17hs, com um pico das 10 as 13hs, sendo que as 10hs foi o horário de maior captura (Fig. 1). A partir das 19 até as 6hs do dia seguinte e nas armadilhas testemunhas (controle) não houve captura de machos. Estes dados estão em acordo com aqueles observados por Leal et al. (1997). Segundo estes autores, a resposta dos machos de *B. pomorum* está aparentemente condicionada a liberação do feromônio sexual pela fêmea, uma vez que sob confinamento, utilizando extratos naturais das fêmeas em solvente, os machos foram hábeis em responder além desta faixa de horário, o que poderia ser vantajoso do ponto de vista do manejo desta praga com feromônio sexual.

Nos bioensaios de coleta massal, a captura de machos nas armadilhas contendo 15 ou 20 fêmeas virgens foi significativamente superior as armadilhas contendo 5 ou 10 fêmeas virgens, respectivamente (Fig. 2). Contudo, analisando-se a relação entre o número de machos capturados por fêmea virgem (5, 10, 15 ou 20 fêmeas/armadilha), nota-se que não houve diferença significativa nesta captura (Fig.3). Isto demonstra que a captura de machos não é diretamente proporcional ao aumento no número de fêmeas por armadilha, já que a captura por fêmea se mantém praticamente constante, indicando que o número de 5 a 10 fêmeas por armadilha seria o mais apropriado para a captura de machos de *B. pomorum*.

Em todos os bioensaios, independente do número de fêmeas virgens por armadilha, a captura de machos foi sempre superior no primeiro dia de observação, em comparação ao segundo e terceiro dia (Fig. 2 e 3). Isto fica mais evidente quando se analisa comparativamente o número de machos capturados por armadilha/dia. Neste caso, a média de captura no primeiro dia foi significativamente superior ao segundo e terceiro dia (Fig. 4). Com isso, sugere-se que havendo a disponibilidade de fêmeas virgens de *B. pomorum*, elas deveriam ser trocadas diariamente para manter uma melhor eficiência na captura de machos. A queda observada na captura após o primeiro

dia poderia estar associada a uma diminuição na produção do feromônio, ou simplesmente, a uma perda no vigor destas fêmeas, em razão de as mesmas permanecerem confinadas nas gaiolas durante os bioensaios, porém estas hipóteses não foram testadas.

Em conclusão, apesar de os resultados deste trabalho não estarem correlacionados com o ataque e/ou dano ocasionado por *B. pomorum*, a alta capacidade de captura de machos pelas armadilhas com fêmeas virgens, sugere algumas possibilidades no seu uso. No caso da cultura da gravioleira *A. muricata*, por sua importância econômica e pela ausência de métodos mais eficientes no controle de *B. pomorum*, a coleta massal utilizando fêmeas virgens no campo poderá auxiliar na redução dos danos ocasionados por esta praga.

Literatura citada

- Brunner, SC; Acuña, J. 1967. Sobre la biología de *Bephrata cubensis* Ashm., el insecto perforador de las frutas anonáceas. Academia Ciencias de Cuba. Inst. Agron. Serv. Agric. 1:14.
- Coto A, D; Saunders, JL. 2001. Insectos plaga de la guanábana (*Annona muricata*) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 61:60-68.
- Leal, WS; Moura, JIL; Bento, JMS; Vilela, EF; Pereira, BP. 1997. Electrophysiological and behavioral evidence for a sex pheromone in the wasp *Bephratelloides pomorum*. Journal of Chemical Ecology 23:1281-1289.
- Moura, JIL; Leite, JB. 1994. V Manejo integrado de pragas da gravioleira. In São José, A R. (ed.) Anonáceas: Tecnologia de produção e comercialização, Vitória da Conquista, BA DFZ/UESB. p. 214-221.
- Peña, JE; Bennett, FD. 1995. Arthropods associate with *Annona* spp. in the Neotropics. Fla. Entomol. v.78, p. 329-349.
- Pereira, MJB; Anjos, N; Picanço, MC. 1997. Ciclo biológico del barrenador de semillas de guanabana *Bephratelloides pomorum* (Fab., 1908) (Hymenoptera: Eurytomidae). Agron. Trop. v. 47, p. 507-519.
- Reyes, JAQ. 1967. Algunas recomendaciones para el control del perforador de lãs semillas de anonáceas (*Bephrata* sp.; Orden Hymenoptera). Agric. Trop. v. 23, p. 51-53.
- SAS Institute. 1998. User's manual, version 7.0. Cary, NC, SAS Institute.
- Zenner, I. 1967. Apuntes entomológicos sobre *Bephratelloides maculicollis* Cam., perforador de semillas de algunas anonáceas. Agric. Trop. v. 23, 528 p.

Mancha foliar de *Chamaedorea elegans* en Corrientes, Argentina

Cúndom, María A.¹
Cabrera, María G.¹
Cejas, Patricia¹

RESUMEN. En Argentina, *Chamaedorea elegans* (Mart.) Liebm. ex Oersted, (Arecaceae), nativa de México, es una palmera cultivada muy apreciada como ornamental. Durante el año 2003, en la Escuela de Jardinería de ciudad de Corrientes, se observaron plantas de *Chamaedorea* con síntomas de lesiones foliares necróticas, circulares o irregulares, castañas a castaño oscuro, de centro grisáceo. El objetivo de este trabajo fue determinar la etiología de la enfermedad. Las características agronómicas y morfométricas, así como las pruebas de patogenicidad, determinaron que las manchas foliares que afectan a *C. elegans* en Corrientes, Argentina, son producidas por *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler.

Palabras clave: *Phytophthora palmivora*, etiología, palmera.

ABSTRACT. Leaf spots in *Chamaedorea elegans* in Corrientes, Argentina. The parlour palm (*Chamaedorea elegans* (Mart.) Liebm. ex Oersted), Arecaceae, an ornamental palm native from Mexico, is cultivated and very appreciated in Argentina. Symptoms of circular to irregular leaf spots of brown to dark brown color with a grayish center were observed in parlour palm nurseries at the Escuela de Jardinería of Corrientes city, Argentina. The aim of our research was to determine the etiology of the disease. The cultural and morphometric characteristics of the fungus associated and the pathogenicity tests indicated that the causal agent the leaf spot in *C. elegans* in Corrientes (Argentina) was *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler.

Keywords: *Phytophthora palmivora*, etiology, parlour palm.

Introducción

Las palmeras tienen un alto valor decorativo, por lo cual son muy utilizadas en jardines, plazas, parques y paseos de muchas ciudades. Algunas de estas especies son utilizadas para interiores. En Argentina, su cultivo como ornamental es importante y se encuentra en expansión (Manejo de plantas ornamentales 2002).

La especie llamada comúnmente *chamaedorea* (*Chamaedorea elegans* (Mart.) Liebm. ex Oersted), originaria de México, es una ornamental muy requerida

para interiores por su adaptabilidad a baja luminosidad y su porte bajo.

Durante el año 2003, en viveros de la Escuela de Jardinería de la ciudad de Corrientes, Argentina, se recolectaron plantas de *chamaedorea* que presentaban lesiones foliares circulares o irregulares castaño oscuro a negro bien definido y centro grisáceo, las que al unirse causaban atizonamiento, deteriorando considerablemente el follaje. La importancia de la enfermedad se debe a la disminución del valor ornamental y comercial de las plantas

¹ Cátedra de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del NE (UNNE), Sargento Cabral 2131, 3400-Corrientes, Argentina. macundom@agr.unne.edu.ar

a causa de las lesiones foliares. El examen inicial mostró la presencia de esporangios semejantes a *Phytophthora* de Bary sobre los tejidos necrosados.

Las referencias bibliográficas a nivel nacional relativas a enfermedades en palmeras son escasas (Zapata y Wright 1986, Carmona et ál. 1990, Oviedo et ál. 2001); y no se encontró ningún antecedente sobre la anormalidad observada en chamaedorea.

Según Chase y Broschat (1991), *Phytophthora* spp. se encuentran como agentes causales de mancha foliar, pudrición de raíces, frutos y estípites en distintas especies de palmeras, entre ellas chamaedorea, donde la especie más frecuente es *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler. El microorganismo está ampliamente distribuido, principalmente en regiones tropicales y de temperaturas cálidas que se caracterizan por altas precipitaciones.

El objetivo de este trabajo fue precisar la etiología de las lesiones foliares que afectan hojas de *C. elegans* en Corrientes, Argentina.

Materiales y métodos

Los estudios se realizaron en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes. Se analizaron hojas de plantas de chamaedorea procedentes de viveros de la Escuela de Jardinería de la ciudad de Corrientes, situada a 27° y 31°S 55° y 60°O.

Se estudió la evolución y secuencia de síntomas y signos en las muestras de hojas enfermas a simple vista y con el microscopio estereoscópico (40×). Para favorecer la manifestación del signo, se prepararon cámaras húmedas que se colocaron en una estufa (regulada a 26 °C) y a temperatura ambiente con iluminación natural.

Se realizaron siembras comunes del material enfermo tomando trozos de tejidos de 0,2 cm² del borde entre tejido sano y enfermo, que se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2,5%. Como medio de cultivo se empleó agar papa glucosado (APG) 1,5%, pH 6,5, en placas de Petri, que luego de la siembra se incubaron en oscuridad durante siete días en estufa regulada a 26 °C.

Partiendo de los aislamientos comunes se realizaron aislamientos monoesporangios. Para el estudio de las características culturales, los aislamientos puros (monoesporangios) se cultivaron simultáneamente en el centro de placas de Petri que contenían (i) agar maíz (AM); (ii) agar poroto (AB); y (iii) APG. Las placas se incubaron en la oscuridad durante siete días en estufa a 27 °C. Se realizaron tres repeticiones con cuatro placas para cada medio de cultivo.

Para conocer la velocidad de crecimiento del hongo, se midieron los diámetros de las colonias a las 24, 48 y 96 h, registrando el aspecto de las mismas. Los esporangios se midieron a los 13 días de cultivos desarrollados en AB y APG (100 mediciones). Se observaron las características de los esporangios y presencia o no de clamidosporas (400×). También se observó desarrollo en los tres medios de cultivo a distintas temperaturas (27, 30, 32 y 35 °C). La identificación del microorganismo se basó en los trabajos de Waterhouse (1963, 1983), Koosiri y Zentyier (1978), Newhook et ál. (1978) y Brasier y Griffin (1979).

Se realizaron pruebas de patogenicidad en plantas sanas de chamaedorea criadas para este efecto en macetas en condiciones de invernáculo. Como inóculo se utilizó un aislamiento monoesporangio del hongo de 12 días, aislado de tejidos sintomáticos de chamaedorea.

El inóculo consistió en discos de AB de 0,4 cm de diámetro con el hongo desarrollado en placas de Petri, los que se adosaron a la cara superior de hojas de chamaedorea de distinta edad en la siguiente forma: (i) directamente sin producir heridas, y (ii) produciendo pequeñas heridas con aguja histológica. Luego, las plantas se cubrieron con bolsas de polietileno durante 24 h. Durante el experimento las temperaturas de incubación variaron entre 25 y 31 °C, con fotoperíodo de 12 h luz-12 h oscuridad.

Se llevaron los testigos correspondientes, donde en lugar de inóculo se depositaron trocitos de AB estéril sobre las hojas. Las pruebas se repitieron en dos oportunidades.

Resultados y discusión

Sintomatología

Las muestras de hojas de plantas de chamaedorea manifestaron manchas inicialmente en cualquier parte de la hoja, al principio de aspecto húmedo, oscuras, irregulares, anfígenas, que al evolucionar se traducen en lesiones más grandes de hasta 1,5 cm, castaño a castaño oscuro con centro gris claro; el tejido enfermo adquiere consistencia papirácea, que se quiebra con facilidad. Las lesiones muy próximas se unen causando atizonamiento.

En observaciones microscópicas (40×) de las lesiones mantenidas en cámaras húmedas se observó el desarrollo de micelio muy tenue y esporangios. La sintomatología observada coincide con la descrita por Chase y Broschat (1991), quienes consignan a *P. palmivora* como agente causal de mancha foliar en chamaedorea.

Aislamiento y caracterización del patógeno

El crecimiento, aspecto de las colonias y cantidad de esporangios formados fue diferente en los tres medios



Figura 1. Hifas y esporangios de *Phytophthora palmivora* obtenidos en cultivo de APG.

utilizados. En AM se desarrolló una colonia sumergida que a los tres días cubrió totalmente la placa de Petri; sin embargo, en AB y APG el crecimiento fue más lento, formando un micelio aéreo algodonoso, denso, compacto, con mayor cantidad de esporangios y menor tiempo de formación. El organismo desarrolla bien a 27 y 30 °C; a 32 °C el crecimiento fue lento y a 35 °C no hubo desarrollo.

Al microscopio se observó micelio hialino, poco ramificado, de diámetro regular, no toruloso, con sectores presentando hinchazones y vesículas. Los esporangióforos fueron simples y poco ramificados.

Los esporangios tienen forma ovoide, de 43 µm de largo × 26 µm de ancho (promedio de 100 mediciones en AB); relación largo/ancho de 1,6; de contenido granuloso y papila prominente, caducos, con cortos pedicelos persistentes (menor a 5 µm,) simétricos (Figura 1).

Los esporangios germinan con facilidad en agua destilada estéril, indistintamente por tubos germinativos o liberación de zoosporas. En cultivo de APG, a los 25 días se observó formación de clamidosporas.

Las características culturales y morfométricas de los aislamientos del patógeno respecto a forma y tamaño de esporangios, relación largo-ancho y longitud de pedicelos están dentro de los límites descritos por Waterhouse (1963), Koosiri y Zentyier (1978), Newhook et ál. (1978), Brasier y Griffin (1979), Waterhouse (1983) y Chase y Broschat (1991) para *P. palmivora*.

Pruebas de patogenicidad

Las pruebas de patogenicidad dieron resultados positivos y los testigos permanecieron sanos durante la prueba.

En los tratamientos con heridas, las primeras reacciones se observaron a los dos días, cuando aparecieron numerosas lesiones pequeñas, irregulares, oscuras, de aspecto húmedo, las que evolucionaron rápidamente, tornándose de color castaño oscuro y centro grisáceo, hasta alcanzar más de 1,5 cm en las lesiones alargadas (Figura 2). La sintomatología fue semejante a lo observado en ataques naturales. Tanto las hojas nuevas como las totalmente desarrolladas fueron igualmente susceptibles.

En los tratamientos sin heridas, las primeras reacciones se observaron a los tres días, siendo menos notables y de evolución más lenta.

Se realizaron los correspondientes reaislamientos, comprobándose que sus características coinciden con las obtenidas en el aislamiento inicial.



Figura 2. *Chamaedorea elegans* con síntomas de infección por inoculación con *Phytophthora palmivora*.

P. palmivora es un hongo de amplia distribución; afecta a más de 25 especies de palmeras en países tropicales y regiones de temperaturas cálidas como Brasil, Estados Unidos (California, Florida, Hawai), Guatemala, India, Nicaragua, Puerto Rico (Chase y Broschat 1991, Pizzinato et ál. 2002).

Frecuentemente se observa en viveros de producción de palmeras de Corrientes una alta densidad de plantas en condiciones de elevada humedad por riego excesivo, acompañadas de altas temperaturas, todos estos factores que predisponen el inicio y desarrollo de la enfermedad causada por *Phytophthora* spp. En este sentido se debería tomar precauciones en el manejo del cultivo para mantener la sanidad óptima de las plantas, requisito insoslayable para su comercialización.

Se concluye que en Corrientes, Argentina, las manchas foliares en *C. elegans* son causadas por *P. palmivora*. Esta es la primera referencia de este patógeno afectando palmeras en Argentina.

Literatura citada

Brasier, CM; Griffin, MJ. 1979. Taxonomy of *Phytophthora palmivora* fungi on cocoa. Trans. Br. Mycol. Soc. 72(1):111-143.

Carmona, MA; Zapata, HL; Whright, ER. 1990. Mancha foliar del pindó (*Arecastrum romanzoffianum*) ocasionada por

Pestalotiopsis palmarum. Rev. Facultad de Agronomía 11(2-3):101-105.

Chase, AR; Broschat, TK. 1991. Diseases and Disorders of Ornamental Palms. St. Paul, Minnesota, US, The American Phytopathological Society. 56 p.

Koosiri, T; Zentyer, GA. 1978. Stalk leght as a taxonomic criterium for *Phytophthora palmivora* isolates from cacao. Can. J. Botany 56 (15):1730-1738.

Newhook, FJ; Waterhouse, GM; Stamps, DJ. 1978. Tabular key to the species of *Phytophthora* de Bary. Mycol. Pap. 143. Kew, Surrey, UK, Commonwealth Mycological Institute. 21 p.

Oviedo, PG; Cúndom, MA; Castañón, MA. 2001. Mancha foliar de la palmera areca-bambu (*Dypsis lutescens*) en el nordeste de Argentina. Summa Phytopathologica 27(1):63-65.

Pizzinato, MA; Bovi, MLA; Feichtenberger, E; Spiering, SH. 2002. Ocurrência da podridão do estipe em pupunheira, causada por *Phytophthora palmivora*, no estado de Sao Paulo. Summa Phytopathologica 28(4):363-365.

Manejo de plantas ornamentales: Palmeras. 2002. Produciendo 10(88):39-40.

Waterhouse, GM. 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Mycol. Pap. 92. Kew, Surrey, UK, Commonwealth Mycological Institute. 22 p.

_____; Newhook, FJ; Stamps, DJ. 1983. Present criteria for classification of *Phytophthora*. Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology. Erwin, DC; Bartnicki-Garcia, S; Tsao, PH. eds. St. Paul, Minnesota, US, The American Phytopathological Society. p. 139-147.

Zapata, RL; Wright, ER. 1986. Presencia de *Graphiola phoenicis* (Moug.) Poit sobre *Phoenix canariensis* Hort. en la Argentina. In VI Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Alto Valle Río Negro y Neuquén, AR. 2:405-413.

¿Sendrá el tenor de sólidos solubles totales de los frutos de *Cucumis melo* influenciado por *Carlavirus*?

Sandra M. M. Rodrigues¹
Ervino Bleicher^{1,2}
Sávio G. Nogueira³

RESUMEN. ¿Será el tenor de sólidos solubles totales de los frutos de *Cucumis melo* influenciado por *Carlavirus*? La mosca blanca (*Bemisia tabaci* biotipo B) ha estado afectando los plantíos de melón en el nordeste de Brasil. Además de succionar la savia de la planta, transmite *Carlavirus*, causante de la amarillez en melón, a la cual se atribuye la reducción de los grados Brix de los frutos. El objetivo de esta investigación fue verificar si los frutos provenientes de plantas con amarillez y sin ella presentan diferentes grados Brix totales. El trabajo experimental se llevó a cabo en Valle de Bajo Jaguaribe (Russas-CE), Brasil, en una área sembrada con el híbrido Acclaim de *Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naudin. A los 63 días después de la siembra, primera cosecha, se recolectaron frutos sin síntomas de amarillez y frutos de plantas con síntomas de amarillez, los cuales se llevaron al laboratorio, donde se hizo la medición de los grados Brix. No se encontraron diferencias entre los frutos con amarillez y sin ella, por lo que se concluye que la reducción de los grados Brix en los frutos no es causada por la incidencia de amarillez.

Palabras clave: melón, amarillez, *Bemisia tabaci* biotipo B, sólidos solubles totales.

ABSTRACT. Could the amount of total soluble solids from *Cucumis melo* fruit be affected by *Carlavirus*? The whitefly (*Bemisia tabaci* biotype B) has been affecting melon production in Northeastern Brazil. Besides plant sap suction, it is responsible for transmitting *Carlavirus*, causing melon yellowing, which in this case is suspected to reduce fruit Brix scores. The object of our work was to verify whether fruits from plants with and without yellowing symptoms would present different Brix scores. Experimental work was carried out at Low Jaguaribe Valley (Russas, Ceará State), Brazil, in an area planted with the Acclaim hybrid of *Cucumis melo*. Sixty-three days after planting the seeds, in the first harvest, fruits were collected from plants with and without yellowing symptoms, and taken to a laboratory, where Brix was evaluated. No differences were found on fruits collected from plant with and without yellowing symptom. We conclude that the fruit Brix reduction is not linked to the yellowing symptom.

Keywords: melon, melon yellowing, *Bemisia tabaci* biotype B, total soluble solids.

Introdução

A região Nordeste responde por cerca de 94% da produção nacional de melão (*Cucumis melo* L.), sendo os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará os principais produtores e exportadores para os Estados Unidos e países europeus (Brasil 2003). Para que os melões tenham valor comercial o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) deve ser de pelo menos nove (Menezes et ál. 2000). Essa concentração pode atingir até 18 °Brix nos frutos do meloeiro (Elmstron & Maynard 1992), sendo que 97% correspondem a açúcares (Bianco & Pratt 1977).

Dentre os fatores que podem interferir reduzindo a produtividade e a qualidade dos frutos do meloeiro, estão os insetos. Atualmente o inseto que mais tem afetado os plantios de melão no semi-árido nordestino é a mosca-branca, *Bemisia tabaci* biotipo B (Gennadius). Este inseto além de sugar a seiva da planta, injetar toxinas, é também o responsável pela transmissão de *Carlavirus*, causador do amarelão no meloeiro. Essa doença está sendo chamada de "MYaV" (Melon yellowing-associated virus) (Nagata et ál. 2003) e segundo Silva et ál. (2002) e Aragão & Ávila (2003) esse vírus está associado à redução do °Brix do fruto,

¹ Embrapa Algodão -Rua Poxoréo, No. 612, sala Embrapa, Centro- Primavera do Leste, MT, Brasil. CEP 78850-000 sandra@cnpa.embrapa.br

² Departamento de Fitotecnia - CCA/UFC - C.P. 12168 - Fortaleza, CE, Brasil. bleicher@ufc.br

³ Del Monte Fresh Produce Brasil Ltda., Quixeré, CE, Brasil.

porém os autores não mostram evidências científicas para tal afirmação. Santos et ál. (2004) relatam que os sintomas iniciais são caracterizados por um clareamento entre as nervuras das folhas, este clareamento surge nas folhas mais velhas aproximadamente 33 dias após o plantio. Segundo estes autores, em pouco tempo a área clara se amplia e o limbo foliar se torna completamente amarelo. Assim, este trabalho teve por objetivo verificar se frutos provenientes de plantas com amarelão e sem amarelão apresentam teor de sólidos solúveis totais diferentes.

Material e métodos

Em uma área produtora de melão com antecedentes de ocorrência de amarelão, no município de Russas no Vale do Baixo Jaguaribe (Ceará), foi plantado o híbrido Acclaim (*C. melo* var. *cantalupensis* Naudin) em julho de 2003. O espaçamento empregado foi de 2,0 × 0,4 m com uma planta/cova. Os tratos necessários ao desenvolvimento da cultura como, adubações e aplicações de produtos fitossanitários para o controle de pragas e doenças, também foram efetuados. As médias da temperatura e da umidade relativa foram, respectivamente, 27 °C e 62%. A coleta dos frutos foi feita em uma área de cerca de 1344 m², constituída por quatro fileiras de 168 m de comprimento. No momento da coleta dos frutos, a infestação de adultos de mosca-branca e a incidência de amarelão eram 83% e 47%, respectivamente.

Para a avaliação do °Brix foram coletados na primeira colheita, aos 63 dias após o plantio, 16 frutos de plantas

sem sintomas de amarelão e 16 frutos de plantas com sintomas de amarelão. Os sintomas de amarelão são caracterizados por um clareamento entre as nervuras das folhas. Esses frutos foram levados para o Laboratório de Melhoramento Genético do Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPAT/EMBRAPA) para serem analisados. De cada fruto foi retirada uma fatia e desta, removeu-se das extremidades e do centro um pedaço de cerca de três centímetros. Em seguida esses pedaços foram espremidos usando-se um espremedor manual. O suco obtido foi homogeneizado e posteriormente colocado em um refratômetro digital para leitura do °Brix. Antes de se proceder a análise de variância (ANAVA) os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. As médias foram comparadas pelo teste *t* (LSD) ($P \leq 0,05$).

Resultados e discussão

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) nos melões provenientes de plantas que não apresentavam sintoma de amarelão (FPSSA) foi 9,8 enquanto naqueles frutos oriundos de plantas com sintoma de amarelão (FPCSA) foi 9,4 (Fig. 1); e esses valores não diferiram entre si pelo teste *t* ($P < 0,05$). Esses valores são inferiores aos relatados por Santos et ál. (2004) que observaram teor de sólidos solúveis totais de frutos procedentes de plantas com 66 dias de idade e que tinham mais de 50% das folhas com sintomas de amarelão de 10,7 °Brix.

Diversos autores (Silva et ál. 2002, Nagata et ál. 2003, Aragão & Ávila 2003) relacionam a presença do vírus do amarelão em plantios de melão como fator de redução de °Brix. Nesta pesquisa o *Carlavirus* não influenciou no teor de sólidos solúveis totais dos frutos, o mesmo foi constatado por Santos et ál. (2004). Portanto, o provável responsável pela redução do °Brix é a mosca-branca, *B. tabaci* biótipo B. Esse decréscimo ocorre pela extração de carboidratos e aminoácidos do tecido vascular da planta. Tal fato foi detectado por Rimon (1984) em folhas de algodão, que observou uma correlação positiva entre a população de formas jovens de *B. tabaci* e os níveis de redução de açúcares e aminoácidos livres. Se a população de mosca-branca em um plantio estiver elevada e não for controlada corretamente, haverá uma menor quantidade de carboidratos que deveriam ser disponibilizados para os frutos, logo estes apresentarão um °Brix menor. Nava-Camberos & Cano-Rios (2000) relatam que quando se observou 17,8 e 24,5 adultos de mosca-branca por folha, em melão cantaloupe, o teor de sólidos solúveis totais foi, respectivamente de 9,13 e 7,18, com esses valores diferindo significativamente.

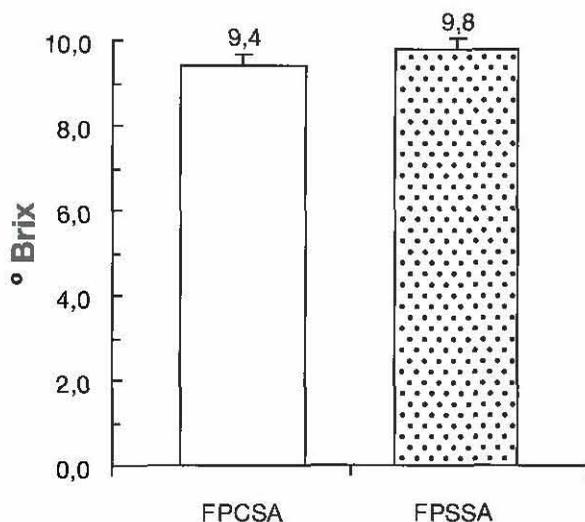


Figura 1. Grau Brix de frutos de melão (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naudin) proveniente de plantas com sintoma de amarelão (FPCSA) e de plantas sem sintoma de amarelão (FPSSA), no Vale do Baixo Jaguaribe, Russas-Ce. 2003. Os tratamentos não diferiram entre si pelo teste *t* ($P < 0,05$).

Nesta pesquisa não houve redução dos sólidos solúveis totais nos frutos analisados, uma vez que mesmo com a incidência do amarelão esses frutos apresentaram teor de sólidos solúveis totais acima de nove, estando adequados para serem comercializados. Logo, pode-se inferir que o *Carlavirus* não influenciou no teor de sólidos solúveis nos frutos do meloeiro.

Agradecimentos

À Fazenda Agrosagno (Russas-Ce) pela concessão da área e apoio logístico para a execução deste trabalho; ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de Recém-Doutor ao primeiro autor (Nº 300023/2003-0); à Waldelice Oliveira de Paiva (CNPAT/EMBRAPA) por ceder o Laboratório de Melhoramento Genético para as análises laboratoriais e à Lúcia Helena Avelino Araújo pela versão em espanhol do resumo.

Literatura citada

Aragão FAS; Ávila, AC. 2003. Amarelão no meloeiro. *Cultivar HF* 18:21-23.

Bianco, VV; Pratt, HK. 1977. Composition changes in muskmelon during development and in response to ethylene treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102(2):127-133.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Departamento de Desenvolvimento

Hidroagrícola. Melão. Brasília, 2003. 12 p. (FrutiSéries. Ceará. Melão, 2).

Elmstrom, GW; Maynard, DN. 1992. Exotic melons for commercial production in humid regions. *Acta Horticulturae* 318:117-123.

Menezes, JB; Filgueiras, HAC; Alves RE; Maia, CE; Andrade, GG; Almeida, JHS; Viana, FMP. 2000. Características do melão para exportação. In Alves, RE org. Melão: Pós-colheita. Embrapa, Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical (Frutas do Brasil, 10) p.13-22.

Nagata, T; Kitajima, EW; Alves, DMT; Cardoso, JE; Inoue-Nagata, AK; Tian, T; Ávila AC. 2003. Isolation of a novel carlavirus from melon in Brazil. *Fitopatologia Brasileira* 28(suplemento):251-252.

Nava-Camberos, U; Cano-Rios, P. 2000. Economic threshold for the silverleaf whitefly in cantaloupe at the Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* 34(2):227-234.

Rimon, D. 1984. *Bemisia tabaci* as a factor in a sugars' contamination and stickiness of cotton fibers in the 1983 season. *Phytoparasitica* 12:139.

Santos, AA; Bezerra, MA; Cardoso, JE; Vidal, JC; Sobral, ARA; Braga, CAT. 2004. Efeito do amarelão e da mosca-branca na fixação de CO₂ na produção e no teor de sólidos solúveis totais de frutos do meloeiro. *Ciência Agronômica* 35:214-219.

Santos, AA; Cardoso, JE; Oliveira, JN; Vidal, JC; Cardoso, JW. 2004. Transmissão do amarelão do meloeiro pela mosca-branca. Fortaleza, CE: Embrapa-CNPAT, 3 p. (Embrapa-CNPAT. Comunicado Técnico, 93).

Silva, GF; Sales Junior, R; Maracajá, PB; Costa, FM; Marinho, REM; Silva, EC. 2002. Amarelão do meloeiro: ensaios preliminares de transmissão por mosca-branca. *Caatinga* 15:29-31.

Las enfermedades del café: logros y desafíos para la caficultura colombiana del siglo XXI

Gabriel Cadena Gómez¹
Alvaro Gaitán Bustamante¹

RESUMEN. El café es una planta originaria de África e introducida a Colombia en el siglo XVIII. Por las favorables condiciones climáticas y de suelos, su cultivo prosperó en el territorio nacional bajo un esquema de caficultura tradicional, con la ventaja de no encontrarse por muchos años ante factores limitantes para su crecimiento y producción. Durante ese período se describieron una docena de enfermedades causadas en su mayoría por hongos, que por su naturaleza local y ocasional no requerían prácticas exigentes para su manejo. El cambio hacia una caficultura tecnificada trajo consigo una mayor productividad y una alteración en la importancia relativa de las enfermedades presentes, que se marcó definitivamente con la llegada de la roya del café a Colombia en 1983. Ante la presencia constante de la roya y su evidente daño se llevaron a cabo investigaciones en epidemiología, tecnologías de aspersión y desarrollo de variedades resistentes, hasta eventualmente entrar en una fase de convivencia con la enfermedad. Las condiciones del mercado, la evolución de los patógenos y los avances en la investigación han modificado el panorama de sanidad vegetal para comienzos del siglo XXI. El desafío que se presenta es generar oportunamente el conocimiento científico para mejorar la calidad fitosanitaria de los cafetales, buscando un mayor beneficio para el caficultor, para el medio ambiente y, especialmente, para el consumidor.

Palabras clave: *Coffea arabica*, manejo integrado de enfermedades, agricultura sostenible.

ABSTRACT. Coffee diseases: achievements and challenges for Colombian coffee in the 21st century. Coffee plants originated in Africa and were introduced to Colombia in the 18th century. As a result of the favorable weather and soil conditions, their cultivation prospered in the national territory under a traditional production scheme, with the advantage of being free of limiting factors for growth and yield during many years. During that period a dozen diseases were described, caused mostly by fungi which, because of their local and occasional nature did not require demanding management practices. The change towards intensive coffee cultivation brought along a greater productivity and an alteration in the relative importance of the existing diseases, marked by the arrival of the coffee rust to Colombia in 1983. Under the constant presence of the rust, and its evident damage, research was carried out in epidemiology, as well as in spraying technologies and development of resistant varieties, until eventually a phase of coexistence with the disease was achieved. The conditions of the market, the evolution of the pathogens and advances in research have modified the landscape of plant health for the beginnings of the 21st century. The challenge ahead is to generate the scientific knowledge needed to improve the sanitary quality of coffee plantations, looking for a greater benefit for coffee growers, consumers, and the environment.

Keywords: *Coffea arabica*, integrated disease management, sustainable agriculture.

Introducción

La planta de café fue introducida al territorio colombiano proveniente de cultivos establecidos en las colonias francesas del Caribe. En América, las plantaciones de café encontraron condiciones de clima y suelo muy favorables, particularmente en las montañas de Colombia, donde las temperaturas varían entre 17 y 23 °C, con pluviosidades

desde 1200 hasta 4000 mm/año, sin períodos de déficit hídrico, y con un 40% de los suelos derivados de cenizas volcánicas y ricos en materia orgánica. Los materiales cultivados han correspondido a la especie *Coffea arabica* L., la única tetraploide (44 cromosomas) y autogama del género, asociada con la producción de cafés suaves y con menor contenido de cafeína cuando se compara con los

¹ Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ. Disciplina de Fitopatología, Chinchiná, Caldas, Colombia. Gabriel.Cadena@cafedecolombia.com, Alvaro.Gaitan@cafedecolombia.com

café robustas, producidos principalmente a partir de la especie diploide *C. canephora*.

Como consecuencia de la distribución histórica de *C. arabica* desde su centro de origen en Etiopía hacia el resto de África, y especialmente la realizada por el ser humano por el mundo ecuatorial en los últimos 500 años, se produjo un efecto de “cuello de botella” genético que por un lado redujo ostensiblemente la diversidad de las variedades cultivadas, pero que también actuó como una primera medida cuarentenaria, retardando la dispersión de enfermedades y plagas.

A pesar de la gran homogeneidad presente en las plantaciones americanas, la interacción con el ambiente y la habilidad de los caficultores en el procesamiento de los granos han sido elementos suficientes para generar las diferencias en calidades que reconocen y demandan los mercados internacionales de la actualidad, y que convirtieron al café en un cultivo generador de empleo y bienestar para los países del trópico americano.

Las plagas del café

La homogeneidad genética de las variedades cultivadas de *C. arabica* también trajo como consecuencia la susceptibilidad marcada de estos materiales a patógenos, lo que no impidió su adopción y diseminación por hallarse el continente americano libre de enfermedades limitantes, que se conocían en África y que ya se esparcían por el sur de Asia a mediados del siglo XIX. En Colombia, no obstante, problemas locales y ocasionales ya eran descritos desde 1875, iniciando con la gotera o “enfermedad americana del cafeto” (*Mycena citricolor* Basidiomycota: Tricholomataceae) estudiada por el profesor Nicolas Sáenz, de la Universidad Nacional (Castaño 1978), y seguidos por el mal de hilachas (*Corticium koleroga* Basidiomycota: Corticiaceae), así como por problemas en germinadores y almácigos, tales como el volcamiento (*Rhizoctonia solani* Basidiomycota: Ceratobasidiaceae) y los nudos radicales causados por especies del nematodo *Meloidogyne* (*M. exigua*, *M. incognita* y *M. javanica*).

Con visión y convencimiento de la importancia de la investigación científica como soporte para el negocio naciente de exportación de café, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia dedicó desde su primer presupuesto en 1927 una partida para el estudio de problemas del cultivo, incluidas sus enfermedades. Esta iniciativa condujo en 1938 a la creación del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), donde los investigadores de la Sección de Fitopatología adelantaron estudios enfocados en la etiología y preservación de la calidad fitosanitaria de la caficultura tradicional, caracterizada por utilizar variedades

de porte alto como Típica y Borbón, densidades de siembra por debajo de los 2500 tallos por hectárea, sombrero y poca fertilización.

En la década de los 60, la introducción de la variedad Caturra, de porte bajo, originaria de plantaciones de la variedad Borbón en Brasil, fue uno de los componentes principales en la transformación hacia una caficultura tecnificada, con densidades de siembra entre 5000 y 10.000 tallos por hectárea, plena exposición solar y uso intensivo de fertilizantes. La productividad de los cafetales aumentó significativamente, pero de igual manera cambió el panorama de las enfermedades. Problemas asociados a la nutrición de la planta se hicieron más evidentes, como la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*, Ascomycota: Mycosphaerellaceae), que además de afectar las hojas en plántulas de almácigo, ataca el pericarpio de frutos verdes y maduros, afectando la calidad del grano en lesiones avanzadas. Por su parte, la incidencia de las llagas radicales (*Rosellinia bunodes* y *R. pepo*, Ascomycota: Xylariaceae) se hizo más notoria cuando las raíces de los árboles de sombrero removidos de suelos ricos en materia orgánica actuaron como fuentes de inóculo, resultando en pérdidas por la muerte inevitable del cafeto afectado, así como por la remoción preventiva de las plantas sanas localizadas alrededor del foco para controlar la dispersión.

Por otro lado, las altas densidades de siembra, acompañadas de lluvias frecuentes, incrementan la severidad del mal rosado (*Corticium salmonicolor* Basidiomycota: Corticiaceae), afectando gravemente las ramas productivas, causando momificación de frutos y, eventualmente, la muerte del árbol por anillamiento del tronco. La cosecha y ejecución de prácticas de cultivo en terrenos con pendientes superiores al 70%, así como la renovación de los cafetales



Figura 1. Efecto de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) sobre *Coffea arabica* cv. Caturra sin control químico (susceptible, izquierda) y cv. Colombia (resistente, derecha) (fotos de Gonzalo Hoyos y Gabriel Alvarado, Cenicafé).

por zoqueo, dejan heridas en la planta que se convierten en sitios de entrada para *Ceratocystis fimbriata* (Ascomycota: Ceratocystidiaceae), un organismo con gran capacidad saprofitica y presente comúnmente en los suelos cafeteros, que produce la muerte del árbol por taponamiento de los haces vasculares en la llamada llaga macana. Finalmente, la expansión de la frontera agrícola hacia tierras más altas ha favorecido los ataques de *Phoma* spp. (Ascomycota: Pleosporales), causando muerte descendente en zonas expuestas a corrientes de aire frío, y que resulta en muerte constante de meristemas apicales y abundante crecimiento vegetativo por la generación de nuevos brotes desde los nudos inferiores. Estas enfermedades, además de causar disminuciones en producción por el ataque a frutos, resultan en una desigualdad en la distribución espacial y edad de las plantas en cada lote, debido a la pérdida total del árbol. Como consecuencia se hacen menos eficientes las labores en el cultivo, aumentando a su vez los costos de producción del caficultor y reduciendo su margen de ganancia.

En 1970 se registró por primera vez en el continente americano la roya anaranjada del cafeto, en el estado de Bahia, Brasil. La roya, causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. (Basidiomycota: Uredinales), tiene una larga y nefasta historia en los cultivos de café, especialmente en las plantaciones de Sri Lanka, donde las epidemias ocurridas a finales del siglo XIX terminaron con la producción en un período de 20 años y forzaron el cambio hacia otros cultivos, como el té. A partir de la llegada de la roya a Brasil, se inició en Colombia una campaña de prevención fitosanitaria orientada a impedir la entrada al país de materiales afectados, así como a informar a los caficultores sobre los signos y síntomas de la enfermedad. La roya continuó su diseminación por el continente, y en septiembre de 1983 se encontró en cafetales de la zona central cafetera Colombiana. En ese momento se realizaron esfuerzos por educar a los caficultores en la adopción de una nueva labor periódica, como era la aspersión de fungicidas cúpricos para el control químico. En los años ochenta se estudió en detalle la epidemiología de la roya bajo las diversas condiciones climáticas colombianas, permitiendo una reducción en el número de aplicaciones necesarias para el control preventivo, y manejando esquemas de aspersiones basados en calendarios de acuerdo a la zona, o en niveles de infección (Rivillas et ál. 1999). Esta investigación estuvo acompañada por la evaluación de equipos y productos con el fin de obtener mejores cubrimientos y persistencias.

Nuevamente con una perspectiva a largo plazo, la Federación Nacional de Cafeteros financió desde la década de los 60 la investigación necesaria para desarrollar



Figura 2. Enfermedad de las cerezas del café (CBD) causada por *Colletotrichum kahawae* en frutos verdes de *Coffea arabica* en África. (fotos de Víctor Varzea y Maria do Ceu Silva, CIFC, Portugal).

materiales resistentes a la Roya del cafeto. Usando como fuente de resistencia la colección del Híbrido de Timor, evaluada previamente por el CIFC (Centro de Investigación de las Royas del Cafeto) en Oeiras, Portugal, se sembraron en 1968 las primeras progenies de cruces con la variedad Caturra, iniciando un esquema de mejoramiento que culminó en 1982 con la liberación de la variedad Colombia (Castillo y Moreno 1987). Para los años 90, un tercio del área en café estaba plantada con versiones mejoradas de esta variedad de porte bajo, que aprovechaba la diversidad genética al ser una variedad compuesta, y que exhibió por más de 15 años resistencia completa a la enfermedad. La aparición de nuevas razas de *H. vastatrix* capaces de quebrar la resistencia completa ha permitido dilucidar la existencia de un componente importante de resistencia incompleta, y ha brindado la oportunidad a los fitomejoradores para seguir desarrollando variedades con resistencia durable a la enfermedad y 80% de grano supremo, como la actual variedad Castillo, en uso desde 2005.

El manejo de plagas del café en Colombia

Excepto por el control de la roya en variedades susceptibles, y la aplicación de nematicidas durante la etapa de almácigo, el manejo de enfermedades en Colombia se ha caracterizado por un uso mínimo del control químico. Desde hace más de 60 años se ha propendido por la aplicación de un manejo integrado que incluye alternativas agronómicas como la solarización de suelos para problemas de llagas, siembra de barreras vivas en casos de muerte descendente, fertilización con pulpa de café descompuesta en almácigos para evitar la mancha de hierro, y uso de arena lavada de río para controlar el volcamiento en germinadores. Durante la década de los ochenta se inició la evaluación sistemática

de microorganismos antagonistas y sus metabolitos para el control de enfermedades. Por la llegada de la roya al país, los primeros trabajos se enfocaron en el hiperparásito *Lecanicillium lecanii* (Ascomycota: Clavicipitaceae, anteriormente *Verticillium lecanii*), frecuentemente observado en campo creciendo sobre las pústulas anaranjadas en las hojas, y microscópicamente afectando la germinación y morfología de las uredosporas (Vélez 1991). Aunque el efecto de *L. lecanii* en la epidemiología de la roya del cafeto resultó ser poco relevante (Vélez y Rosillo 1995), la experimentación con este organismo propició la evaluación de otros con mayor efectividad, principalmente para ser usados en la regulación de poblaciones de hongos patógenos del suelo. En esas condiciones, hongos antagonistas pertenecientes a las especies ascomycetes *Trichoderma harzianum* (Rincón et ál. 1992, Esquivel et ál. 1992) y *T. koningii* (Castro 1995), y la bacteria *Burkholderia cepacia* (Castro y Rivillas 2002), han demostrado efectos importantes para prevenir enfermedades radicales y recuperar focos de infección.

De especial interés ha sido la bioprospección de controladores de nematodos, debido a la alta toxicidad de los productos químicos usados para su manejo, y donde hongos como *Verticillium chlamydosporium* (Hincapié y Leguizamón 1997), *Paecilomyces lilacinus* (Giraldo et ál. 1998), *Metarhizium anisopliae* y el entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Leguizamón y Padilla 2001) han evidenciado potencial en almácigos de café para ser incorporados en programas de manejo integrado de los nudos radicales. La asociación con compañías privadas, que tienen fortalezas en procesos de formulación de productos y regulación ante las entidades gubernamentales, ha concretado estos esfuerzos para ser aplicados en campo, y es así como ahora se tienen recomendaciones para la biorregulación de volcamiento en germinadores (Castro y Rivillas 2005) y ataque de llaga macana durante las labores de zoqueo (Castro y Rivillas 2003). Para los caficultores colombianos, estas recomendaciones proveen herramientas para cumplir con las certificaciones necesarias que exigen los mercados de cafés especiales, donde reciben mejores precios por su café, al tiempo que preservan la salud y calidad de vida en familias que habitualmente viven en la misma finca donde cultivan, y refuerzan una cultura de sostenibilidad ambiental, importante para las generaciones futuras.

Desafíos para el futuro

Al igual que la llegada de la roya, existe una amenaza constante de introducción de problemas que por el momento están ausentes del continente americano debido a los movimientos de bienes que resultan de una economía

globalizada, como es el caso de dos enfermedades importantes del café restringidas hasta ahora al continente africano: el mal de las cerezas del cafeto o CBD (*coffee berry disease*), y la traqueomicosis. El CBD es una enfermedad que afecta los frutos verdes de café, y tiene por agente causante al hongo *Colletotrichum kahawae* (Ascomycota: Glomerellaceae); requiere un exigente control químico y no se conocen cultivares resistentes a todos los aislamientos del patógeno. En el desarrollo de medidas de detección fitosanitaria, se han caracterizado las especies de *Colletotrichum* presentes en cafetales de Colombia mediante secuenciación de DNA ribosomal y marcadores moleculares. En estas se encuentra una alta diversidad intraespecífica, tanto de *C. acutatum* como de *C. gloeosporioides*, siendo esta última taxonómicamente muy cercana a *C. kahawae*. Cenicafé está al mismo tiempo desarrollando una estrategia de control genético, en la cual se tienen materiales avanzados con resistencia a algunos aislamientos patogénicos, que están siendo probados en el CIFC en Portugal y en condiciones de campo en Zimbabwe. La traqueomicosis es una enfermedad causada por *Fusarium xylarioides* (Ascomycota: Nectriaceae), principalmente atacando la especie *Coffea canephora*. El hongo tapona los haces vasculares y causa una muerte rápida en uno o dos meses. Se tienen reportes de fuentes de resistencia, y se desconoce aún buena parte de la biología del patógeno.

Siendo el manejo de enfermedades uno de los costos obligatorios en la producción agrícola, y dependiendo en buena parte la competitividad de los productores de ese control, se exige directamente de la Fitopatología el desarrollo de alternativas menos costosas, más eficientes y ecológicamente amigables, que brinden una ventaja económica al negocio y le permitan a los productores cumplir con la legalización asociada al comercio agrícola internacional. La caficultura colombiana, en el mercado exigente de la libre oferta, ciertamente requiere de soluciones en este aspecto, y el gremio cafetero siempre ha reconocido la importancia de la investigación científica para encontrar alternativas viables. El reto presente es generar de manera eficiente el conocimiento necesario, apoyado en los avances conceptuales y tecnológicos, que permita caracterizar aspectos clave de los patógenos, los hospederos y sus poblaciones, entender las interacciones planta-patógeno-ambiente, e identificar y aprovechar las oportunidades disponibles en la biodiversidad. Esta materia prima es la que permitirá experimentar en el campo nuevas ideas que eventualmente se conviertan en recomendaciones para un mejor manejo integrado de enfermedades que busque el máximo beneficio para el caficultor, su entorno

y la calidad de su producto. Para lograr estos resultados es indispensable la formación de profesionales en Fitopatología con fuertes bases en Biología y Ecología, y apoyados en las herramientas de la Biotecnología y la Genómica, que provean soluciones adecuadas a las exigencias de los nuevos tiempos. Concentrarse en este enfoque debe ser prioritario en los programas de especialización a nivel de maestría y doctorado en las universidades latinoamericanas, y en los países tropicales en general. En el siglo XXI el desafío sigue siendo mejorar la calidad fitosanitaria de los sistemas de producción, mediante la investigación, para lograr un efecto significativo en la economía, el medio ambiente y el desarrollo social de los agricultores que han confiado su futuro en el cultivo y comercialización del café de Colombia.

Literatura consultada

- Bisby, F; Ruggiero, M; Wilson, K; Cachuela-Palacio, M; Kimani, S; Roskov, Y; Soulier-Perkins, A; van Hertum, J. eds. 2005. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2005 Annual Checklist.; Species 2000, Reading, Reino Unido. 1 CD-ROM.
- Castaño, J.J. 1978. Trayectoria de la Fitopatología en Colombia. Medellín, CO, Editorial Letras. 164 p.
- Castillo, J; Moreno, G. 1987. La variedad Colombia. Colombia, Cenicafe. 169 p.
- Castro, B. 1995. Antagonismo de algunos aislamientos de *Trichoderma koningii*, originarios de suelo colombiano contra *Rosellinia bunodes*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Pythium ultimum*. Fitopatología Colombiana 19:7-17.
- Castro, A; Rivillas, C. 2002. *Entrophospora colombiana*, *Glomus manihotis* y *Burkholderia cepacia* en el control de *Rosellinia bunodes*, agente causante de la llaga negra del cafeto. Cenicafe 53:193-218.
- Castro, A; Rivillas, C. 2003. Manejo sostenible de la llaga macana en cafetales renovados por zoca. Avances Técnicos Cenicafe 312:1-8.
- Castro, A; Rivillas, C. 2005. Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. Avances Técnicos Cenicafe 336:1-8.
- Esquivel, H; Leguizamón, J; Arbelaez, G. 1992. Búsqueda y evaluación de antagonistas a *Rosellinia bunodes* agente causante de la llaga negra del cafeto. Cenicafe 43:33-42.
- Gil, L; Castro, B; Cadena, G. eds. 2003. Enfermedades del cafeto en Colombia. Chinchiná, CO, Cenicafe. 224 p.
- Giraldo, M; Leguizamón, J; Chaves, B. 1998. Control de *Meloidogyne* spp. en almácigos de café con el hongo *Paecilomyces lilacinus*. Cenicafe 49:85-101.
- Rincón, A; Leguizamón, J; Arbelaez, G. 1992. Control biológico de *Rhizoctonia solani* con *Trichoderma* spp. en semilleros de café. Cenicafe 43:73-83.
- Rivillas, C; Leguizamón, J; Gil, F. 1999. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. Boletín Técnico Cenicafe 19: 7-36.
- Vélez, P. 1991. Estudio macro y microscópico del efecto de *Verticillium lecanii* sobre el desarrollo de lesiones de la roya del cafeto. Cenicafe 42:13-20.
- Vélez, P; Rosillo, A. 1995. Evaluación del antagonismo del hongo *Verticillium lecanii*, sobre *Hemileia vastatrix*, en condiciones de invernadero y de campo. Cenicafe 46:45-55.

SeqSam, un programa para la elaboración de planes de muestreo secuencial

Fernando Casanoves¹
Julio A. Di Rienzo²

RESUMEN. Se presenta la descripción de un programa para realizar planes de muestreo secuencial bajo diferentes tipos de distribuciones estadísticas aplicables a conteos de insectos. El programa permite además hacer pruebas de bondad de ajuste a las diferentes distribuciones con el fin de seleccionar la mejor para modelar los datos de conteo. Para facilitar el desarrollo de los planes de muestreo secuencial, se brindan también las curvas de potencia y los intervalos de confianza para la continuidad del muestreo en función del tamaño de muestra. La aplicación está disponible en <http://agro.uncor.edu/~estad/SeqSam.exe>.

Palabras clave: distribución espacial, Ley de Taylor, muestreo de insectos, nivel de daños económicos, umbral económico de daños.

ABSTRACT. SeqSam, a program for elaborating sequential sampling plans. We describe a program for elaborating sequential sampling plans under different types of statistical distributions concerning insect counts. The program enables goodness of fit tests of the different distributions in order to select the best one for modeling data. To render the development of sequential sampling plans easier, the program offers power curves and confidence intervals for sampling continuity depending on sample size. The program is free, available at <http://agro.uncor.edu/~estad/SeqSam.exe>.

Keywords: economic damage levels, economic damage thresholds, insect sampling, spatial distribution, Taylor's Law.

Introducción

En el muestreo de insectos para evaluar niveles de daño, en general el interés consiste en contar el número de insectos por unidad muestral o el número de unidades de observación que presentan insectos (o daño) dentro de una unidad muestral. Por ejemplo, si la unidad muestral es una planta, entonces se pueden contar todos los insectos que hay en la planta o contar el número de hojas atacadas dentro de ella. Un plan de muestreo requiere definir el número de unidades muestrales por seleccionar. Esta cantidad depende del patrón de distribución de la plaga y de la precisión de las estimaciones que se quieren realizar. Si el nivel de la plaga es muy bajo o muy alto, usualmente una muestra pequeña permite establecer si hay que tomar medidas correctivas o no; por lo tanto, desde un punto de vista práctico no es conveniente partir de una muestra muy grande cuando con una muestra menor se pueden obtener resultados igualmente confiables. Esta es la idea que subyace el muestreo conocido como "secuencial".

El muestreo secuencial fue introducido por Wald en los años 40 (Binns et ál. 2000) y extendido por Iwao (1975). Consiste en tomar una muestra inicial de tamaño mínimo e ir aumentando el tamaño total de la muestra según un plan de muestreo fijado, contando el número de eventos acumulados (conteo de insectos, hojas con insectos, hojas atacadas, etc.) observados en el muestreo secuencial. En cada paso de la secuencia puede ocurrir que se requiera seguir incrementando el tamaño muestral total o que se tome una decisión basada en el nivel poblacional estimado hasta el momento. Para saber si el muestro continúa o se detiene, el conteo acumulado se compara con dos valores que delimitan una región de incertidumbre. Si el conteo acumulado está por debajo del límite inferior de esta región, entonces se concluye que el nivel de la plaga se encuentra por debajo de su densidad crítica (dc). Por el contrario, si el conteo acumulado está por encima del límite superior se concluye que la plaga supera la dc . En cualquiera de los dos casos

¹ Unidad de Bioestadística, CATIE, Sede Central, Turrialba 7170, Costa Rica. casanoves@catie.ac.cr

² Estadística y Biometría, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. dirienzo@agro.uncor.edu

anteriores el muestreo llega a su fin. Si, en cambio, el conteo acumulado está dentro de la región de incertidumbre, el tamaño muestral se sigue incrementando hasta que el conteo acumulado cae fuera de la región de incertidumbre o hasta alcanzar un tamaño muestral máximo establecido *a priori*. Para establecer los límites de la región de incertidumbre se necesita conocer la *dc* de la plaga (como media del número de conteos por unidad muestral) y contar con un modelo para la distribución de frecuencias de los conteos. Se supone que la población muestreada permanece constante durante el proceso de muestreo.

El programa descrito en este trabajo calcula *curvas de decisión* y *curvas de potencia* para un muestreo secuencial a partir de la especificación de la *dc* de la población y el modelo estadístico para la distribución de frecuencia del conteo de insectos por unidad muestral. Asimismo, calcula pruebas de bondad de ajuste a modelos de distribución teóricos para conteos a partir de una muestra piloto.

Fundamentación

Iwao (1975) propuso la construcción de las curvas de decisión basándose en una aproximación normal, esto es, límites de la región de incertidumbre (LRI) dados por:

$$dc \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\sigma^2/N}, \quad [1]$$

donde *dc* es la densidad crítica de la población, $z_{1-\alpha/2}$ el cuantil $(1-\alpha/2)$ de una distribución normal estándar, σ^2 la varianza de los conteos y *N* el tamaño muestral acumulado.

Dada la *dc*, expresada como la media del número de conteos por unidad muestral, el parámetro que debe ser estimado para completar la especificación del modelo normal es la varianza. Bajo un modelo normal clásico, la varianza es independiente de la media y podría calcularse a partir de cualquier muestra piloto. Sin embargo, es bien sabido que la distribución de conteos no sigue la ley normal sino otras leyes en las que generalmente la varianza depende de la media (ejemplos de estos otros modelos son Poisson, binomial negativa, binomial y beta binomial, entre otros). En los casos en que la varianza depende de la media, no toda muestra piloto sirve para estimar la varianza. Cuando la media de conteos es muy distinta a la *dc*, la estimación de la varianza no es correcta. Una solución para este problema de estimación consiste en encontrar una función que vincule la varianza con la media. Taylor (1984) propuso el modelo de potencia para relacionar la varianza con la media según la siguiente expresión: $\sigma^2 = f(\mu) = \alpha\mu^\beta$, donde μ es la media poblacional (promedio de los conteos), y α y β parámetros que deben estimarse. La estimación se realiza mediante un análisis de regresión lineal suponiendo el modelo: $\hat{y} = \alpha^* + \beta x$, donde

$\hat{y} = \ln(\sigma^2)$, $\alpha^* = \ln(\alpha)$ y $x = \ln(\mu)$. La Ley de Taylor ha mostrado ser de gran aplicabilidad bajo distintos modelos de distribución de conteos. Una vez estimados los parámetros bajo esta ley, la varianza de los conteos se calcula tomando la *dc* como argumento de la función. Luego, se aplica la Expresión 1 para obtener los LRI para distintos tamaños muestrales. Esta forma de abordar la construcción de los LRI demanda la disponibilidad de al menos tres muestras donde la media varíe alrededor de la *dc* para poder estimar mediante regresión lineal los parámetros del modelo de Taylor. Por otra parte, la construcción de los LRI utilizando la Expresión 1 produce límites simétricos alrededor de la *dc*, lo cual puede no ser una aproximación apropiada para muchas distribuciones de conteos.

La alternativa para la construcción de estos límites es suponer algún modelo teórico plausible para los conteos.

Naranjo y Hutchinson (1997) desarrollaron un programa para validación de planes de muestreo secuencial, que permite validar la distribución y obtener curvas de decisión basadas en el modelo de Taylor. La diferencia de esta propuesta con la que se presenta aquí es que SeqSam permite obtener planes de muestreo secuencial basados en la varianza de las distribuciones, en vez de usar estimaciones obtenidas a través del modelo de Taylor.

En la aplicación del programa descrito en este trabajo se han implementado cuatro modelos de conteo: dos para modelar el número de éxitos (insectos) por unidad muestral (Poisson y binomial negativa) y dos para modelar el número de unidades observacionales con al menos un éxito dentro de una unidad muestral que contiene *n* unidades observacionales (binomial y beta binomial). Cada uno de estos modelos tiene parámetros que los caracterizan, pero existen diversas formas de parametrizarlos. En esta presentación se ha seguido la siguiente parametrización, donde *m* es la media poblacional del número de conteos; *Binomial Negativa(m,k)*, donde *k* es un parámetro que modula la agregación (ocurrencia de pocas unidades muestrales con gran cantidad de éxitos y muchas con pocos o ninguno) y *Binomial(m,n)*, donde *n* es el número de unidades de observación en cada unidad muestral (conglomerado). El parámetro *n* se supone mayor o igual que *m*. Cuando *n* es igual a 1, la distribución binomial se conoce como "distribución Bernoulli" y el parámetro *m* corresponde a la probabilidad de éxito. Por último, la distribución *Beta Binomial(m,n,r)* tiene los mismos parámetros que la Binomial, excepto que se agrega *r*, el coeficiente de *correlación intraclase*, que modela la falta de independencia en la ocurrencia de éxitos dentro de un conglomerado (contagio). En el Recuadro 1 se presenta una descripción de las funciones de probabilidad de los modelos y su parametrización.

Recuadro 1. Distribuciones estadísticas

Distribución binomial

Las variables binomiales con parámetros m, n se denotan como: $X \sim \text{Bin}(m, n)$ y su función de probabilidad esta dada por:

$$p(X = x | m, n) = C(n, x) \left(\frac{m}{n}\right)^x \left(1 - \frac{m}{n}\right)^{n-x}, \quad x = 0, 1, \dots, n.$$

donde $C(n, x) = \frac{n!}{x!(n-x)!}$ y representa el número de formas posibles de tomar x elementos de un grupo de n .

Distribución binomial negativa

A las variables binomiales negativas con parámetros m y k se las denota como

$X \sim \text{BinNeg}(m, k)$ y su función de probabilidad esta dada por:

$$P(X = x | m, k) = \frac{\Gamma(k+x)}{\Gamma(x+1) \Gamma(k) \left[\left(\frac{m}{k} + 1\right)^x \left(\frac{(m/k)}{(m/k+1)}\right)^x \right]}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

Distribución Poisson

Se denota a una Poisson con parámetro m como: $X \sim \text{Poisson}(m)$ y su función de probabilidad esta dada por:

$$p(X = x | m) = \frac{m^x e^{-m}}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

Distribución beta binomial

A las variables beta binomiales con parámetros m, n y r se las denotará como

$X \sim \text{BetaBin}(m, n, r)$ y su función de probabilidad esta dada por:

$$p(X = x | n, m, r) = C(n, x) \frac{\Gamma(a+b) \Gamma(a+x) \Gamma(b+n-x)}{\Gamma(a) \Gamma(b) \Gamma(a+b+n)}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n.$$

$$\text{donde } a = \frac{m(1-r)}{n(r)} \quad \text{y} \quad b = \left(\frac{n-m}{n}\right) \frac{1-r}{r}$$

Cuando los modelos elegidos son *Poisson*(m) o *Binomial*(m, n) (n es siempre un parámetro conocido), para la construcción de los LRI, m se iguala a la dc , pero cuando los conteos siguen las distribuciones *Binomial Negativa*(m, k) o *Beta Binomial*(m, n, r), los parámetros k y r deben ser provistos ya sea a partir de valores previamente establecidos o de su estimación a partir de una muestra piloto.

Una vez que el modelo ha sido seleccionado y sus parámetros especificados, los LRI se calculan como los correspondientes cuantiles $Q_{(\alpha/2)}$ (límite inferior) y $Q_{(1-\alpha/2)}$ (límite superior) de la distribución de los conteos acumulados. Se puede suponer que los conteos acumulados

son la suma de N variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas según la especificación del modelo para los conteos seleccionados. En algunos modelos esta distribución es conocida y en otros no. En estos casos se pueden usar aproximaciones basadas en el método de simulación Monte Carlo u otras aproximaciones basadas en supuestos adicionales, como el uso de la aproximación normal.

En un muestreo secuencial debe establecerse el tamaño de la muestra inicial y el tamaño muestral máximo que se está dispuesto a tomar en el caso de que no se pueda parar en un paso anterior de la secuencia de

muestreo. Para establecer estos tamaños muestrales es necesario introducir el concepto de *potencia*. La potencia de una prueba estadística se calcula como la probabilidad de que la prueba detecte que la hipótesis nula es falsa. En el contexto del muestreo secuencial, la hipótesis que se somete a prueba es que la media del número de conteos en la población es igual a la *dc*. En cada paso de la secuencia de muestreo esta hipótesis es sometida a prueba utilizando como estadístico el conteo total acumulado. Si este cae en la región de incertidumbre, la hipótesis no puede desecharse ni por exceso ni por defecto, y por lo tanto el muestreo debe continuar para obtener una mayor cantidad de información. En caso contrario, se dice que la densidad de la población está por encima o por debajo de la *dc* y se procede en consecuencia.

Un criterio estadístico para fijar el tamaño muestral inicial es buscar aquel valor de *N* para el cual la potencia de la prueba es mayor o igual a un valor razonable (por ejemplo del 80%). Para calcular la potencia hace falta especificar la discrepancia (por exceso o defecto) entre la densidad poblacional y la *dc*. El *N* máximo se escoge de tal manera que la potencia sea, por ejemplo, mayor al 80-90%. La potencia se incrementa con *N* y con la magnitud de la discrepancia que se quiere detectar. Por lo tanto si el investigador quiere detectar una diferencia entre la densidad poblacional y la *dc* del orden del 1% de la *dc*, necesitará un tamaño muestral mayor que si quiere detectar una diferencia del orden del 10%. El programa que se describe en este trabajo calcula, para el modelo de conteo seleccionado y una densidad media hipotética (distinta) de la *dc*, una curva de potencia en función del tamaño muestral, siguiendo la expresión $\pi = p(C \leq Q_{\alpha/2}^N) + p(C \geq Q_{1-\alpha/2}^N)$, donde $Q_{(\alpha/2)}$ y $Q_{(1-\alpha/2)}$ son los cuantiles del conteo total de éxitos (*C*) para muestras de tamaño *N*. El tamaño muestral se hace variar entre un valor inicial y uno final, provistos por el usuario. La curva obtenida permite evaluar la pertinencia de los tamaños muestrales propuestos con base en la potencia.

Descripción de la operatoria del programa SeqSam

El programa SeqSam calcula curvas de decisión para un muestreo secuencial basándose en la propuesta de Iwao (1975). Si la presencia de un insecto en una planta (unidad muestral) es el evento de interés, la técnica implementada en esta aplicación permite decidir si el número medio de eventos observados por unidad muestral en la población muestreada supera o está por debajo de una *dc* establecida previamente. Generalmente, el número de eventos en la muestra estará por debajo o por encima de su valor esperado. Esa variabilidad de los resultados muestrales implica la necesidad de utilizar criterios estadísticos para

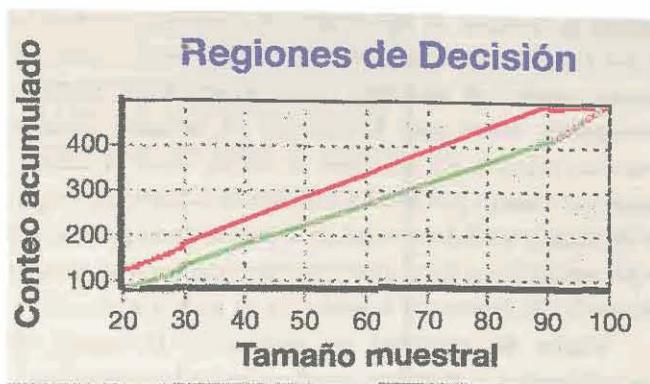


Figura 1. Pantalla de la aplicación con las regiones de decisión.

decidir si el nivel medio de eventos por unidad muestral está por encima o por debajo de la *dc* preestablecida. La técnica implementada en este programa delimita tres regiones en el plano definido por el tamaño muestral (Eje x) y el número total de eventos en la muestra (Eje y). Sobre este plano, el programa dibuja dos curvas. Debajo de la primera, de color verde, se encuentra la *región de rechazo por defecto* (Figura 1). Un punto en esta región indica que el número promedio de eventos por unidad muestral en la población es menor a la *dc*. La otra curva, de color rojo, delimita la *región de rechazo por exceso*. Un punto por arriba de esta curva conduce a aceptar que el número promedio de eventos por unidad muestral en la población es mayor que la *dc*.

La región comprendida entre ambas curvas es la *región de incertidumbre* y un punto en ella no permite tomar una decisión satisfactoria sobre el nivel medio de eventos por unidad muestral. Si para una muestra de tamaño *N* el número total de eventos (conteo acumulado) en la muestra está en la región de incertidumbre, entonces se agregan unidades muestrales adicionales; en caso contrario, se toman las acciones consistentes con la conclusión sobre el nivel

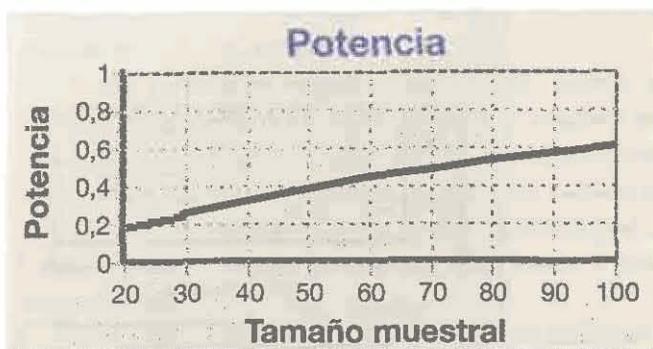


Figura 2. Pantalla de la aplicación mostrando la curva de potencia.

medio de eventos. Si en un plan de muestreo, el primero y los sucesivos conteos acumulados caen en la *región de incertidumbre*, el muestreo sigue, acumulando unidades muestrales, hasta que se alcanza el tamaño muestral máximo (N_{max}). En este caso se decide sobre el número medio de eventos por unidad muestral en la población según si el número total de eventos en la muestra esta por encima o por debajo de su valor esperado suponiendo que el número promedio de eventos en la población es igual a la dc .

Dadas las *regiones de rechazo* y la *región de incertidumbre* el programa puede calcular la probabilidad, para un tamaño muestral dado, de que un punto caiga en las regiones de rechazo si el nivel medio de eventos por unidad muestral es mayor o menor que la dc . Si este cálculo se repite para distintos tamaños muestrales, se obtiene una *curva de potencia* en función del tamaño muestral y sirve para establecer la calidad del plan muestral propuesto.

Construcción de las curvas que delimitan la región de incertidumbre

Para obtener las curvas que delimitan la región de incertidumbre accione el botón rotulado "Obtener Regiones de Decisión" (Figura 3). Debido a que, salvo para

el caso de la distribución de Poisson, la suma de variables aleatorias para los demás modelos de ajuste utilizados no tiene distribución conocida, el programa encuentra los cuantiles de su distribución por simulación Monte Carlo. Para ello, SeqSam genera M muestras (por defecto $M = 500$) de distintos tamaños (N) entre el tamaño muestral mínimo (N_{min}) y N_{max} . El número de puntos en el que se obtienen las M muestras está definido por el campo *puntos*. Luego, para cada tamaño muestral considerado se obtienen M observaciones del número total de conteos por muestra. La región de incertidumbre se delimita por los percentiles muestrales ($alfa/2$) y $(100 - alfa/2)$ estimados a partir de las M observaciones. La región de incertidumbre cubre $(100 - alfa)\%$ de los resultados muestrales cuando la media en la población es igual al dc . Luego, si $alfa = 5\%$, la región de incertidumbre tiene una cobertura del 95%.

Para generar las M muestras es necesario especificar la distribución de los conteos desde donde se obtendrán las muestras. El programa permite seleccionar entre un conjunto común de modelos para conteos: *Binomial(m,n)*, *Poisson(m)*, *BinomialNegativa(m,k)* y *BetaBinomial(m,n,r)* (Figura3). Para todos los modelos, el parámetro m se iguala automáticamente a la dc . Para los modelos de conteo

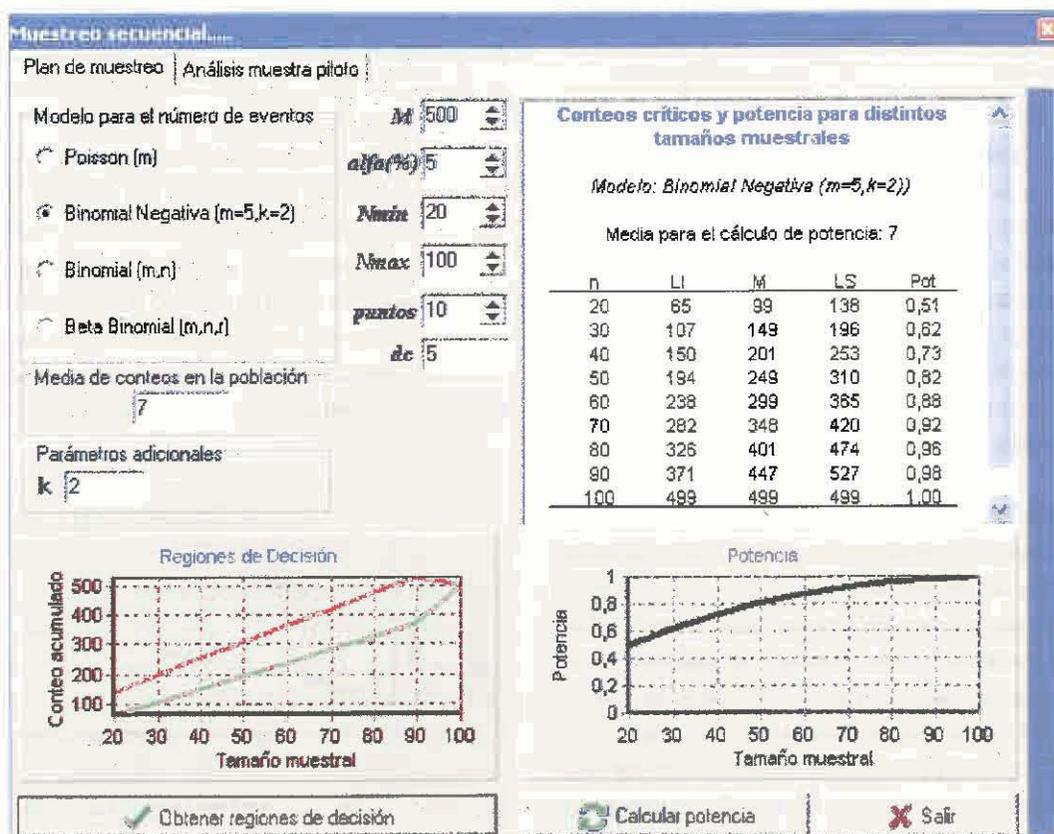


Figura 3. Pantalla de la aplicación con un ejemplo en el que el modelo de conteo es una Binomial Negativa con media $m = 5$ y parámetro de agregación $k = 2$. Los tamaños muestrales varían de 20 a 100 en incrementos de 10 unidades muestrales.

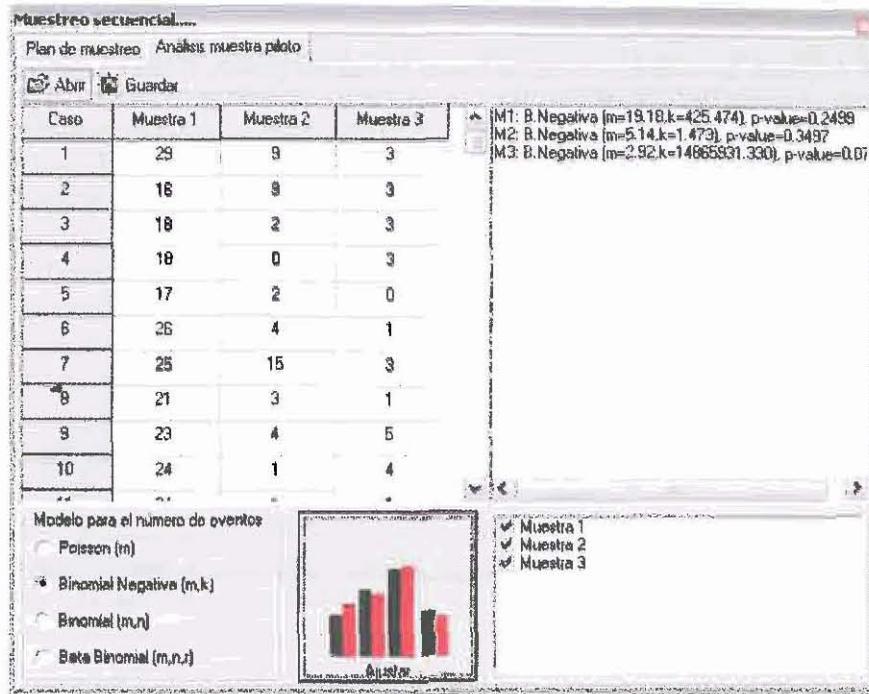


Figura 4. Pantalla que muestra el ajuste de una distribución Binomial Negativa a las muestras 1, 2 y 3. A la derecha se observan los estadísticos de ajuste.

binomial, binomial negativa y beta binomial se deben especificar *parámetros adicionales*. Para la binomial se debe especificar el valor de n (tamaño de conglomerado), para la binomial negativa se debe aportar el valor de k (el parámetro de agregación) y para la beta binomial, el valor de n (tamaño del conglomerado) y r (la correlación intraclase). El tamaño del conglomerado para la binomial y la beta binomial no es un problema porque se conoce (es una decisión del plan de muestreo), pero los parámetros r y k usualmente deben estimarse a partir de un muestreo piloto. El análisis de una muestra piloto se abordará más adelante.

Construcción de la curva de potencia

Una preocupación natural en el diseño de un plan de muestreo consiste en determinar el tamaño de la muestra. En un muestreo secuencial hay que decidir los tamaños muestrales N_{min} y N_{max} . Para establecer cuáles son los valores razonables para estas especificaciones del plan muestral, se puede utilizar el concepto estadístico de potencia. Para obtener la *curva de potencia*, el usuario debe accionar el botón *Calcular potencia* (Figura 3). La curva de potencia (Figura 2) depende del verdadero valor de la media de eventos en la población; este valor nunca se conoce pero el investigador puede proponer valores alternativos de la *Discrepancia con la dc* que tengan algún sentido práctico para obtener la curva de potencia.

En la Figura 3 se presenta la pantalla de diálogo con el usuario. El modelo elegido es una Binomial Negativa con media $m = 5$ y parámetro de agregación $k = 2$, y tamaños muestrales que van de 20 a 100 en incrementos de 10. Con estos tamaños muestrales se obtiene una potencia inicial mayor a 0,40 y una potencia final cercana a 1. Estas potencias se obtuvieron suponiendo que la media poblacional no es 5 sino 7. La tabla de *conteos acumulados críticos* indica que para una muestra de tamaño $n = 90$, un número total de eventos en la muestra, inferior a 371 o mayor a 527, indica que la media poblacional no es 5. La curva de potencia para este ejemplo permite inferir que para alcanzar una potencia de 0,80 (valor mínimo recomendado en estudios biológicos) se requiere de un tamaño muestral de 50; por lo tanto, este tamaño debería ser el mínimo en el plan de muestreo secuencial.

Dado que tanto la estimación de la *región de incertidumbre* como la curva de potencia se obtienen por simulación Monte Carlo, estas pueden variar levemente cada vez que se corre el programa, aunque estas variaciones no tienen demasiada importancia práctica. De todos modos, las variaciones entre corridas pueden controlarse, si fuera necesario, aumentando M .

Si el usuario acciona el botón derecho del ratón sobre la tabla de *Conteos críticos* o sobre los gráficos de las regiones de decisión o el de potencia, podrá copiarlos para llevarlos a otras aplicaciones de Windows.

Recuadro 2. Ejemplo de aplicación del programa

A partir de un muestreo preliminar se tomaron 50 datos de conteo de insectos (Cuadro 1) sobre 5 plantas (unidad muestral). Debido a la naturaleza de la toma de datos se espera que los conteos tengan distribución Poisson.

Cuadro 1. Valores de conteos de insectos obtenidos en un muestreo piloto con $N = 50$

5	5	3	5	5
9	3	4	7	6
5	9	9	6	6
3	4	4	9	6
7	3	4	4	6
8	2	7	3	6
7	5	6	2	7
5	6	3	5	7
3	4	3	3	3
5	1	4	4	3

Utilizando la opción *Análisis de muestra piloto* de SeqSam se ajustaron las cuatro distribuciones y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Poisson ($m = 4,85$), $p = 0,4916$
- B.Negativa ($m = 4,85$, $k = 18358183,589$), $p = 0,3326$
- Binomial ($m = 4,85$, $n = 9$), $p = 0,0076$
- B.Binomial ($m = 4,85$, $n = 10$, $r = 0,072$), $p = 0,0013$

Estos resultados indican que la distribución más probable para estos conteos es la Poisson, debido a que tiene el valor p más alto ($p = 0,4916$). Se puede decir entonces que los conteos de la muestra piloto siguen una distribución Poisson con media de conteos en la población = 4,85.

Luego, si la dc para el cultivo es de 6, se puede ahora obtener el plan de muestreo secuencial a partir de una distribución Poisson con $m = 6$. El tamaño mínimo para comenzar el muestreo secuencial debe ser de 40 si se requiere una potencia superior a 0,8. (Figura 5).

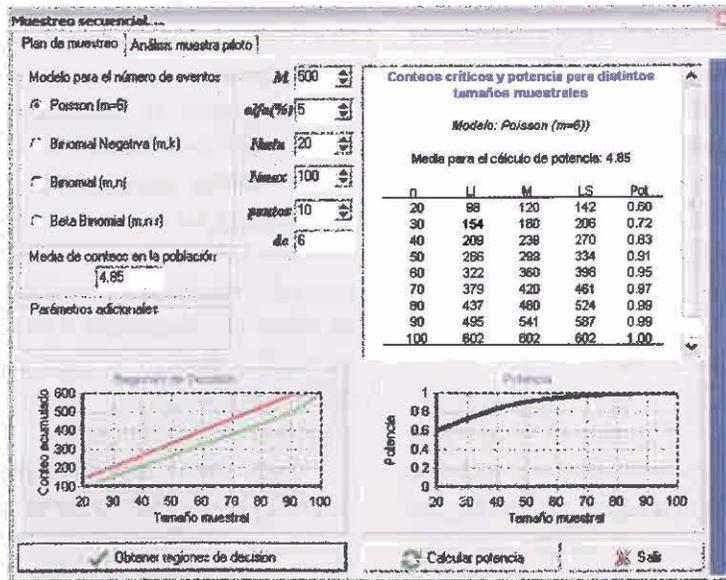


Figura 5. Pantalla de la aplicación con un ejemplo en el que el modelo de conteo es una Poisson con media $m = 6$. Los tamaños muestrales varían de 20 a 100 en incrementos de a 10 unidades muestrales.

Luego, si con una muestra de 40 observaciones el conteo acumulado de insectos es menor a 209, el muestreo finaliza concluyendo que la plaga esta por debajo de la dc ; si el conteo acumulado supera 270, el muestreo finaliza concluyendo que la plaga está por encima de la dc ; en caso contrario, es decir, conteos acumulados entre 209 y 270, se concluye que hay que continuar el muestreo secuencial. En este caso, se toman otras 10 unidades muestrales para completar un total de 50, y con el conteo acumulado se repite el procedimiento anterior para detener o continuar con el muestreo secuencial.

Análisis de muestra piloto

El programa SeqSam permite analizar una muestra piloto con el doble propósito de evaluar la bondad de ajuste de alguno de los modelos teóricos utilizados en el programa y estimar los parámetros k y r de las distribuciones binomial negativa y beta binomial, respectivamente. Para utilizar esta herramienta, el usuario debe seleccionar la solapa *Análisis muestra piloto* (Figura 4). En esta solapa el usuario abre un archivo con los conteos de una o más muestras piloto, utilizando el botón *Abrir*. El programa acepta tres formatos de datos: texto (.txt), Excel (.xls) o un formato propio del programa (.sqz). Si el usuario decide guardar los datos en el formato propio de SeqSam, debe accionar el botón *Guardar*. Se supone que los datos de una muestra piloto son conteos y están en una columna del archivo de datos. Si existen varias columnas, el programa supone que cada una de ellas es una muestra piloto distinta y las analiza separada y consecutivamente, designándolas en la salida como *M1*, *M2*,... y así sucesivamente. Si el archivo de datos contiene columnas que no se desea analizar, se pueden seleccionar/deseleccionar estas columnas haciendo doble clic sobre el encabezamiento de las mismas, o bien, accionando el botón derecho del ratón sobre la grilla que contiene los datos es posible seleccionar/deseleccionar todas las columnas.

Una vez leídos los datos, se habilita la selección del modelo que se quiere ajustar. Para los modelos Binomial y Beta Binomial se debe especificar el tamaño del conglomerado. Si este dato no se especifica o se subespecifica, el programa asumirá que su valor es el máximo conteo en la muestra. Esta suposición automática del tamaño del conglomerado suele ser poco satisfactoria desde el punto de vista de la estimación, por lo que el usuario debe hacer todo lo posible por proveer este dato.

Una vez seleccionado el modelo, para realizar el ajuste el usuario debe accionar el botón *Ajustar*. Como respuesta, el programa presenta una salida que muestra el modelo ajustado con los parámetros estimados y el valor p para la prueba de hipótesis de que el modelo propuesto ajusta a los datos. Para una muestra en particular, puede ocurrir que más de un modelo sea apropiado para ajustar la distribución de frecuencias observada (valor $p > 0,05$). Como regla práctica, excepto que haya un criterio de elección que no dependa de los datos observados, se aceptará como el modelo más plausible aquel cuyo valor p sea mayor. En el caso de múltiples muestras piloto obtenidas sobre la misma población biológica bajo distintas condiciones, debería considerarse la conveniencia de utilizar un modelo común para todas ellas. Un ejemplo de aplicación del programa es desarrollado en el Recuadro 2.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento parcial recibido por USDA FAS CS-31 (Purdue University) para el proyecto Using Geographic Information Systems to Enhance Phytosanitary Conditions and Trade Capacity of Small Growers of Tropical Ornamental Crops.

Literatura citada

- Binns, MR; Nyrop, JP; Van der Werf, W. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: The theoretical basis for developing practical decision guides. Reino Unido, CAB International. 284 p.
- Iwao, S. 1975. A new method of sequential sampling to classify populations relative to a critical density. *Researches on Population Ecology* 16:281-288.
- Naranjo, SE; Hutchison, WD. 1997. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *American Entomologist* 43(1): 48-57.
- Taylor LR. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-359.

Plagas Forestales Neotropicales

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

EDITORES



No. 19

Abril, 2006

La feromona de *Hypsipyla*

Hypsipyla grandella es una gran limitante para el establecimiento y desarrollo de plantaciones de caoba y cedro en todo el Neotrópico. Esfuerzos importantes de investigación se hicieron en los años 70 en el CATIE, en Costa Rica, y representan el principal acervo de conocimiento sobre esta plaga.

Para su manejo se han investigado numerosas tácticas, con resultados poco prácticos o muy costosos. En contraste con otros lepidópteros plaga, el uso de compuestos etológicos o semioquímicos en *H. grandella* ha sido mínimo, aunque muy promisorio.

Si bien existe información sobre la composición de la feromona femenina, esta no es completa. Hay congruencia en la identificación de cuatro compuestos de 14 carbonos (dos alcoholes y dos acetatos) en extractos feromonales, pero cuando se ha tratado de probarlos en el campo, únicamente la combinación de los dos acetatos es atractiva. A pesar de ello estos resultados no han podido volver a ser repetidos. Asimismo, son numerosos los intentos de probar en campo al menos seis compuestos, ya sea de manera individual, o en combinaciones binarias, pero las capturas son mínimas y los resultados inconclusos.

Si bien no se cuenta con la mezcla feromonal activa, también va siendo



Palomilla capturada en trampa tipo Scentry cebada con compuestos feromonales

claro que el insecto tiene poblaciones relativamente bajas y muy pocos individuos vuelan en un momento dado, por lo que es crítico conocer los picos de vuelo para establecer los experimentos de prueba de la feromona. Se sabe que estos picos de vuelo están íntimamente ligados con la elongación de los brotes de las meliáceas, y estos a su vez con las lluvias, por lo que sospechamos que con los cambios que existen en los regímenes de lluvias ya no hay en realidad picos de vuelo, sino una emergencia constante de adultos, de modo que siempre hay individuos volando pero en números muy bajos.

Por ello, actualmente en México se realizan estudios más profundos para determinar la mezcla feromonal completa que sea capaz de atraer esos pocos individuos voladores en el campo.

Estos estudios utilizan un acoplado de un electroantenógrafo con un cromatógrafo de gases, mediante el cual se usa la antena de un macho para determinar cuáles compuestos y en qué proporción estimulan su actividad. Con ello se tendría la identificación de una mezcla más precisa de la feromona femenina que ha de ser probada en el campo al tiempo que comience la elongación de los brotes de las meliáceas y no a la emergencia de los primeros insectos, como se ha venido haciendo.

Contacto: Jorge Macías (jmacias@tap-ecosur.edu.mx)

Caoba en cacaotales

En el marco del desarrollo de la investigación adaptativa y participativa, el INIA, en Perú, ha implementado un *Centro Piloto de Investigación Adaptativa y de Capacitación en Cacao* en los distritos de Pachiza y Huicungo, en la provincia de Mariscal Cáceres. Este Centro es implementado en fincas de agricultores, donde los experimentos se ejecutan en dimensiones reales de una hectárea y en condiciones



Figura 1. Caoba en cacaotales.

agroclimáticas propias de cada zona.

En este Centro, además se capacita a los agricultores y técnicos sobre los diferentes aspectos tecnológicos que allí se validan, donde los productores cacaoteros puedan observar *in situ* las diferencias entre los experimentos y compararlas con las parcelas testigos, de modo que puedan ser adoptadas en forma rápida y práctica las tecnologías en el cultivo de cacao, para así mejorar los niveles de producción y productividad, en forma sostenida.

Una de las tecnologías evaluadas consistió en validar un sistema de implantación de caoba dentro de una plantación de cacao en crecimiento (Figura 1A) o en producción (Figura 1B), a sabiendas de que dicha especie forestal es muy apetecida por *Hypsipyla grandella*.

En el primer caso, el ataque de *H. grandella* ocurrió a menos de un

metro de altura, en promedio, mientras que en el otro lo hizo a ocho metros, en promedio. Es decir, en el segundo caso, la necesidad de luz por parte de los árboles de caoba los forzó a crecer rápidamente, de manera longitudinal, lo cual confirma la importancia de la sombra lateral para reducir el daño de *H. grandella*, puesto que, según hallazgos del CATIE en los años 70, la hembra de este insecto por lo general no vuela a más de seis metros de altura.

En síntesis, las plantaciones de caoba bajo sombrío podrían ser una opción de implantación de dicha especie para escapar al ataque prematuro de *H. grandella*. En este caso, la altura alcanzada por la futura troza —una vez que engrose lo suficiente— ya sería una alternativa económica atractiva para el productor cacaotero, bajo esta modalidad.

Contacto: José A. Benito Sulca. Proyecto Cacao. EEA. El Porvenir, Perú (josebenito_2@hotmail.com)

MIP en la silvicultura

La Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO por sus iniciales en inglés) publica un *Boletín de Noticias (Tropical Forest Update)* en donde aparece un artículo en español de Ross Wylie (Instituto de Investigación Silvícola de Queensland, Australia), en el cual discute los retos del manejo integrado de plagas (MIP) en el establecimiento y desarrollo de plantaciones tropicales. El artículo puede ser accedido en:

[http://www.itto.or.jp/live/LiveServer/122/tfu.2001.03\(06-07\).s.pdf](http://www.itto.or.jp/live/LiveServer/122/tfu.2001.03(06-07).s.pdf)

Congreso IUFRO

Del 23 al 27 de octubre de 2006 se celebró el *II Congreso Latinoamericano de IUFRO* en La Serena, Chile; dicha entidad es la *International Union of Forestry Organizations*. En él participaron, entre otros, investigadores forestales de 15 países de la región y 13 de fuera de la misma. Los participantes procedían de Estados Unidos, Chile, Costa Rica, México, Canadá, Argentina y Uruguay. El aspecto sobre salud forestal estuvo cubierto por once ponencias que versaron sobre aspectos de el riesgo de introducción de insectos exóticos, diagnóstico y control de problemas fitosanitarios, descortezadores y barrenadores, chupadores, control de termitas y algunas enfermedades fungosas, así como el modelaje de relaciones tritróficas. Información sobre el evento se encuentra en <http://www.iufro.org/events/calendar/2006/>

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

Futuros Eventos

08-11 enero 2008

**1st International Conference on Agrochemicals
Protecting Crop, Health and Natural Environment**

Sede: New Delhi, INDIA

Información: J. Kumar, Div. of Agric. Chemicals, IARI
New Delhi-110012, INDIA.

Tel.: 91-11-258-43190, ext. 212

Fax: 91-11-258-43272

Correo electrónico: JitendraKumar7@yahoo.com

Http://www.apchne2008.com

IFAS, University of Florida

14625 CR 672

Wimauma, FL, USA 33598

Tel.: 813-633-4128

Voice: 813-634-0000 ext. 3133

Fax: 813-634-0001

http://gcrec.ifas.ufl.edu/Santoscv.htm

23-26 junio 2008

5th International Weed Science Congress

Sede: Vancouver, BC, Canada

Información: AJ Fischer, IWSS, Weed Sci.

Plant Science Dept., University of California

Davis, CA 95616, USA

Correo electrónico: AJFischer@ucdavis.edu

Tel.: 1-530-752-7386

Fax: 1-530-752-4604

http://tinyurl.com/y306p5

09-11 enero 2008

Internacional Advances in Pesticide Application

Sede: Robinson Collage, Cambridge, Inglaterra

Información: Carol, Assn. of Applied Biologists

Warwick, HRI, Wellesbourne

arwick CV35 9EF, UK

Tel.: 44-0-1789-472020

Fax.: 44-0-1789-470234

Correo electrónico: carol@aab.org.uk

http://www.aab.org.uk

Información: AJ Fischer, IWSS, Weed Sci.

Plant Science Dept., University of California

Davis, CA 95616, USA

Correo electrónico: AJFischer@ucdavis.edu

Tel.: 1-530-752-7386

Fax: 1-530-752-4604

http://tinyurl.com/y306p5

24-29 agosto 2008

**9th International Congress of Plant Pathology
Healthy and Safe Food for Everybody**

Sede: Torino, Italia

Información: Congress Secretariat

Valentina communication

Via Cibrario 27, 10143 Torino, Italia

Tel.: +39 0114374250

Fax: +39 0114374318

Correo electrónico: info@icpp2008.org

http://www.icpp2008.org

04-08 mayo 2008

**26 Congresso Brasileiro da Ciencia das Plantas
Danhinas**

**18 Congreso de la Asociación Latinoamericana de
Malezas**

Sede: Belo Horizonte, Brasil

Información: Secretaria Ejecutiva

Central de Eventos e Promoções

Av. dos Andradas 2787, Bairro Floresta

30120-010 Belo Horizonte, MG, Brasil

Correo electrónico: contacto@fariasvasconcelos.co.br

Información: Congress Secretariat

Valentina communication

Via Cibrario 27, 10143 Torino, Italia

Tel.: +39 0114374250

Fax: +39 0114374318

Correo electrónico: info@icpp2008.org

http://www.icpp2008.org

22-26 setiembre 2008

**VI International Scientific Seminar of Plant Health
Plant Health for Environmental Sustainability**

Sede: La Habana, Cuba

Información: Dr. Rodolfo Arencibia Figueroa

Tel.: +537 208 7541/ 202 6011-19 ext. 1507

Fax: +537 202 8382

Correo electrónico: arencibia@palco.cu

O bien:

Dr. Bielinski M. Santos

Asst. Professor of Horticulture

Gulf Coast Research and Education Center

Nuestra página de Futuros Eventos se encuentra siempre al día. Visítenos en http://www.catie.ac.cr/revista_mip_eventos
Si desea publicar su evento en futuras ediciones de la revista y en nuestra página Web, escribanos a ciemp@catie.ac.cr

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

NATURALEZA

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

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

ARBITRAJE

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

Instrucciones generales para la presentación de los escritos.

- Los artículos se publicarán en forma gratuita.
- Se aceptarán artículos escritos en español o portugués, solamente.
- El límite máximo de extensión es de 25 páginas impresas, a doble espacio, en letra tamaño 12, tipo Times New Roman, incluyendo las ilustraciones. Las páginas deben estar numeradas. Cualquier artículo que no satisfaga este requisito será rechazado *ad portas*, excepto en casos muy calificados, a juicio del Comité Editorial. El estilo debe ser directo y conciso, y con criterio de exactitud y brevedad.
- Los artículos pueden enviarse a la Editora, a la dirección anotada abajo. Puede hacerse en cualquier procesador de textos, acompañado de la versión impresa, en dos copias. Deben incluirse también los archivos de las figuras. Si hay fotos o dibujos pueden enviarse en papel o en diapositiva, o bien como archivos de imagen, escaneadas a 225 dpi y 12 cm de base como mínimo.
- Las abreviaturas se explican la primera vez que son utilizadas (por ejemplo: *Estados Unidos de América, EUA*), y a partir de allí se utiliza solamente la abreviatura. Los géne-

ros de los binomios se escriben completos solo la primera vez que se mencionan; después, se anotarán de la siguiente manera: *B. tabaci*, *P. solanacearum*, etc.

- Se recomienda a los autores revisar la ortografía del manuscrito antes de enviarlo a revisión. Los autores de lengua portuguesa deben garantizar que su artículo está bien redactado desde el punto de vista lingüístico.

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

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

TÍTULO

- Debe ser claro y conciso, reflejando en un máximo de 15 palabras, el contenido del artículo.
- Utilizar los nombres científicos. No es necesario incluir en el título la autoridad taxonómica, pero si en el cuerpo del artículo la primera vez que se menciona el nombre completo de la especie.

AUTORES

- Debe haber congruencia en el uso de sus nombres y apellidos. Se recomienda utilizar solamente el primer nombre, la inicial del segundo y el primer apellido, lo cual facilitará las búsquedas en las bases de datos.
- En una nota al pie se describen la filiación institucional y la dirección completa, incluyendo el código de correo electrónico de cada uno de los autores. Este es un requisito indispensable para la publicación.

RESUMEN

- El cuerpo de todo artículo científico debe ser precedido por un **Resumen** no mayor de 250 palabras, acompañado de una versión en inglés (**Abstract**). Al pie de cada uno de ellos debe haber cinco **Palabras clave**, también traducidas al inglés (**Keywords**) descriptivas del contenido del artículo. Estas palabras no deben repetir la del título. Ambos requisitos facilitan la difusión del artículo en los servicios bibliográficos internacionales. El resumen debe ser una versión sintética de los aspectos más relevantes de las secciones de Materiales y métodos y Resultados.

EL CUERPO DEL ARTÍCULO

- Se subdivide en las siguientes secciones: *Introducción*, *Materiales y métodos*, *Resultados y discusión*, *Agradecimientos* y *Literatura citada*. No debe haber una sección de *Conclusiones*, pues éstas deben incorporarse en la *Discusión*.
- La *Introducción* presenta, en forma breve, los antecedentes e importancia del tema estudiado, e indica el objetivo de la investigación.
- *Materiales y métodos* contiene una descripción concisa de la metodología y materiales empleados, con un nivel de detalle suficiente como para que cualquier otro investigador pueda repetir los experimentos y verificar su validez.
- *Resultados* presenta una descripción, en prosa, de las tendencias más sobresalientes detectadas en los experimentos, respaldadas por los resultados de los análisis estadísticos y compendiados en cuadros y gráficos. Es recomendable incluir también hechos negativos, lo cual podrían evitar a otros investigadores incurrir en errores metodológicos.
- *Discusión* analiza de manera crítica, a partir de la hipótesis que originó la investigación, los resultados obtenidos, comparándolos con los de otros autores. Además, resalta los principales hallazgos y conclusiones, así como su valor científico o técnico. Puede incluir recomendaciones de tipo metodológico o aplicado.
- Los *Agradecimientos* recogen los nombres, sin títulos académicos, de las personas o instituciones que contribuyeron en aspectos claves de la investigación.
- *Literatura citada* enumera únicamente las fuentes bibliográficas consultadas mencionadas en el texto. La revista sigue las normas bibliográficas IICA-CATIE, que pueden ser consultadas en http://orton.catie.ac.cr/bco/normas_de_redaccion.html
- Aunque la lista de citas debe hacerse en orden alfabético, nótese que en el texto del artículo los autores deben mencionarse primero en orden cronológico y luego alfabético (p.ej., Trejos 1998, Alvarez et ál. 1999, Salazar y Ruiz 1999, Cárdenas 2002).
- Cuando haya más de dos autores, se citarán completos en *Literatura citada*, pero se utilizará solo el nombre del primero en el texto, seguido de et ál.
- Los trabajos que aún no han sido aceptados para publicación aparecen en el texto, pero no en la sección de *Literatura citada*.

ILUSTRACIONES, GRÁFICOS, CUADROS Y FOTOS

- Las figuras (gráficos, dibujos o fotografías) se ubican en el texto con numeración consecutiva, precedida de la palabra *Figura*; al citarla en el texto, se debe utilizar la abreviatura *Fig*.
- Tanto las figuras como los cuadros deben aparecer lo más cerca posible de su mención en el texto; es decir, no deben aparecer figuras ni cuadros aislados.
- Recomendamos evitar los gráficos de tres dimensiones cuando la tercera dimensión cumple un papel meramente estético y no informativo.
- La leyenda debe estar al pie de cada figura y estar redactada de manera tal que el usuario no tenga que recurrir al texto para su interpretación. Se recomienda no sobrecargar las figuras, para facilitar su entendimiento. En tal sentido, se deben omitir las figuras en tres dimensiones, excepto que sea imprescindible hacerlo, así como la inclusión de líneas horizontales en el cuerpo de la figura o de símbolos decorativos excesivos.
- Los cuadros no deben repetir el contenido de los gráficos. Se debe evitar que sean recargados, No es necesario tabular condiciones experimentales uniformes. Deben evitarse las líneas verticales y horizontales en el cuerpo del cuadro.
- Las fórmulas que aparecen separadas del texto deberán citarse con números o letras entre paréntesis, de manera que no queden aisladas.
- Para lograr una buena calidad de impresión, requerimos las fotos y dibujos como archivos de imagen (jpeg, tif, etc.), del mayor tamaño posible (250 dpi y 12 cm de base como mínimo). Si el artículo incluye una figura compuesta por fotos, puede enviarla inserta en el artículo, pero adjunte también los archivos de imagen de las fotos que la componen.

El cumplimiento de todas las indicaciones anteriores facilitará la revisión y la edición de los artículos, lo cual evitará atrasos y agilizará el proceso de selección y publicación.

Dirección

Gabriela Gitli
 Editora
 Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*
 CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica
 Tel.: (506) 558 2408 ó 558 2633
 Fax. (506) 558 2045 ó 558 2060
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 20 años de publicación ininterrumpida, la revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología desea constituirse en una herramienta para que dichos usuarios cuenten con un directorio de aquellas empresas interesadas en el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, la conservación de los recursos naturales, y la protección de la salud de los agricultores y los consumidores.

Nuestra revista es el único foro en español específicamente dedicado al manejo integrado de plagas y la agroecología. Llega a 27 países del mundo. Además, está disponible en línea.

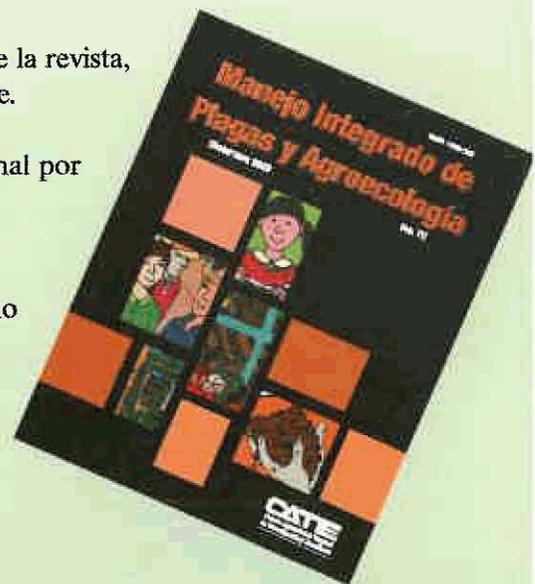
La imagen de su empresa estará vinculada a una publicación amparada por una de las instituciones agrícolas más prestigiosas de América Latina —el CATIE—, y a una revista indexada en las principales bases de datos internacionales en agricultura y premiada por el CONICIT de Costa Rica con el Premio a la Editorial Científica y Tecnológica.

Espacio publicitario (US \$ 600 por año)

- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Publicación impresa de su anuncio a todo color en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Dos ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año de publicidad.

Patrocinio (US \$ 1500 por año)

- Publicación del logo de su empresa en la contratapa de cada número de la revista, resaltando así el compromiso de su empresa con la agricultura sostenible.
- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Entrega del original electrónico diseñado para su distribución adicional por medio impreso o electrónico.
- Publicación impresa de su anuncio en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Seis ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año del patrocinio.
- El patrocinio es deducible del impuesto sobre la renta en Costa Rica (sede del CATIE).





Patrocinadores

La Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología se complace en anunciar que, como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, cuenta con patrocinadores, los cuales aparecen anunciados en este espacio.



**United States
Department of Agriculture
FAS/ICD/RSED**



**Autoridad Sueca
para el Desarrollo
Internacional (ASDI)**
(Contribución vía Presupuesto
Básico de CATIE)