

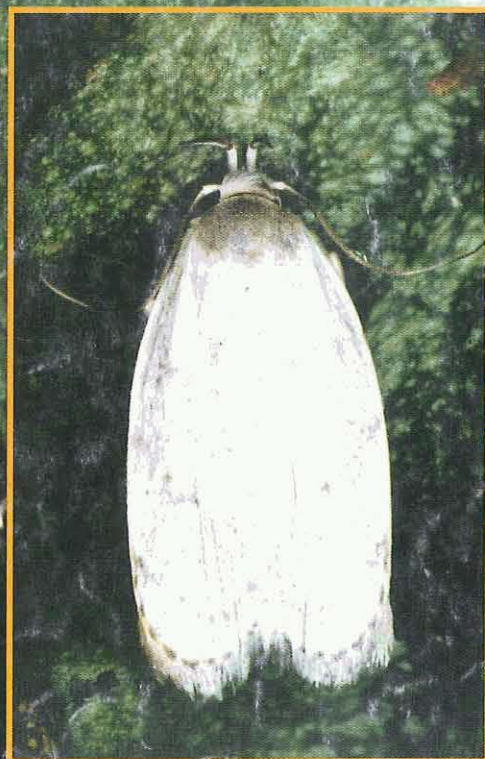
ISSN 1016-0169

# Manejo Integrado de Plagas

Setiembre 2001

48-57

Nº. 61



**CATIE**

## Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de posgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre estos miembros se encuentran: Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Costa Rica, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) de Puerto Rico y PALMAVEN de Venezuela.

### Director General

Pedro Ferreira Rossi

### Programa de Enseñanza

Al Moslemi

### Programa de Investigación

Markku Kanninen

### Programa de Proyección Externa

Alan González

### Planificación Estratégica y Relaciones Externas

Tannia Ammour

### Administración y Finanzas

Luis Enrique Ortiz

**Portada:** La guanábana (*Annona muricata*) es una fruta tropical con gran potencial económico. Este cultivo es atacado por varios insectos plaga como *Cerconota amonella*, el cual reduce significativamente la producción (pag. 60-68). En el inserto izquierdo se observa la larva, la cual perfora el fruto y luego se alimenta de la pulpa. En el inserto derecho se aprecia el adulto de esta plaga. La antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) es la principal enfermedad del cultivo.

**Fotos:** Daniel Coto.

## Comité Editorial Operativo

Elkin Bustamante, Presidente

Manuel Carballo

Daniel Coto

Eduardo Hidalgo

Luko Hilje

Wilberth Phillips M.

Galileo Rivas Platero

Joseph L. Saunders

Laura Rodríguez, Editora

### Dirección Técnica

Elkin Bustamante

### Coordinación y edición

Laura Rodríguez

### Diseño y diagramación

Unidad de Comunicación CATIE

La producción y administración de esta revista se encuentra bajo el Área de Comunicación e Informática. Unidad de Comunicación CATIE

### Tiraje y Distribución:

1150 ejemplares

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

### Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas  
CATIE. Unidad de Fitoprotección.

7170 Turrialba, **Costa Rica**

Tel. (506)556 1632/556 6784

Fax: (506)556 0606/556 6282

EEmail: lrodrigu@catie.ac.cr ó

cicmip@catie.ac.cr

# Manejo Integrado de Plagas

Estrategia esencial para la conservación de los recursos naturales, la salud y producción agrícola sostenible



## CONTENIDO

### BIOGRAFIA

Dieter Enkerlin Schallenmuller

Pedro Reyes-Castillo .....1-3

### FORO

Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible. Alba Stella Riveros Angarita .....4-11

### INFORMES DE INVESTIGACION

La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas. Oscar Ortiz .....12-22

Combate de *Fusarium thapsinum* y *Claviceps africana* mediante semillas de sorgo tratadas con productos naturales.

Roberto Montes Belmont, Hilda Elizabet Flores Moctezuma .....23-30

- Eficácia de *Beauveria bassiana*, imidacloprid e thiacloprid no controle de *Bemisia tabaci* e na incidência do BGMV

Sérgio B. Alves, C.A. Silveira, Rogério B. Lopes, Marco Antonio Tamai, Elizabeth Q. Ramos, Sérgio de Salvo .....31-36

Efecto de factores de estrés tecnológico en la predisposición del café al ataque de patógenos fúngos. Héctor F. Lobos Medina, Elkin Bustamante Rojas.....37-47

Aspectos biológicos y ecológicos de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba  
Mayra Ramos, Héctor Rodríguez .....48-52

- Reconocimiento y oviposición del parasitoide *Encarsia lutea* en *Bemisia tabaci*

Kátia M.M. de Siqueira, Angela M.I. de Farias, Francisca N.P. Haji .....53-59

Insectos plaga de la guanábana (*Annona muricata*) en Costa Rica  
Daniel Coto A., Joseph L.Saunders.....60-68

### EXPERIENCIAS DE MANEJO DE PLAGAS

Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica. Luko Hilje .....69-80

### HOJA TECNICA

¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal?

Luko Hilje, Jonathan Cornelius .....i-iv

### SECCION INFORMATIVA

Tesis de Posgrado .....81

Futuros eventos .....82

Mosca Blanca al Día .....83-84

Plagas Forestales Neotropicales.....85-86

### Agromedicina

Enfermedades de la piel y plaguicidas sintéticos

Homero Penagos G .....87-89

Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos

Uso y producción de Virus de la Poliedrosis Nuclear en Nicaragua

Carmen Marina Rizo Z., Cony Narváez S .....90-96

### Agricultura Orgánica

Aportes del CATIE hacia la producción orgánica en el trópico

R. G. Muschler .....97-98

Las ideas y opiniones expresadas o implícitas en esta publicación son responsabilidad de cada autor y no necesariamente de las instituciones auspiciadoras.

# Manejo Integrado Plagas

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

## Fecha de iniciación y periodicidad:

No.1, setiembre, 1986.

Trimestral (marzo, junio, setiembre, diciembre).

## La suscripción anual es de:

US\$20 América Central.

US\$25.00 resto América Latina, el Caribe, Asia y África.

US\$35 Otros países Estudiantes

US\$12.00 (incluye costo de envío por impreso aéreo).

Versión Electrónica (INTERNET)

US\$10.00.

## Esta Revista es indizada en Bases de

**Datos como:** CAB, AGRIS y AGROAMBIENTE (CAB/NAL)

y en foros electrónicos especializados.

## REPRESENTACIONES NACIONALES DEL CATIE

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

### COLOMBIA

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

### COSTA RICA

Edificio de la FAO, Sabana  
Sur, 500 metros al oeste del  
Ministerio de Agricultura  
carretera a Escazú, San José,  
Costa Rica  
Tel: (506) 296-5816  
Fax: (506) 232-0735  
E-Mail: manfred@catie.ac.cr

### GUATEMALA

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

### BELICE

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

### EL SALVADOR

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

### HONDURAS

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

### MEXICO

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

### NICARAGUA

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

### PANAMA

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

### VENEZUELA

Dr. Mariano Mujica  
Asesor de Relaciones  
Externas del CATIE,  
Universidad de Yacambú,  
Calle 41 entre carreteras 15  
y 16, Barquisimeto, Estado  
de Lara 3001, Venezuela.  
Tel. (0058) (251) 254 7101  
Fax: (0058) (251) 446 4447  
Correo electrónico:  
marianopaez@icnet.com.ve

## REPRESENTACIONES NACIONALES DEL IICA

### REPUBLICA DOMINICANA

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

## GRUPO ASESOR DE REVISION

### CENIBANANO

Luis Fernando Patiño

### CATIE

Elkin Bustamante  
Manuel Carballo  
Daniel Coto  
Jorge Echeverri  
Eduardo Hidalgo  
Luko Hilje  
Ulrike Krauss  
Francisco Mesén  
Luis Pocasangre  
Vera Sánchez  
Joseph Saunders

### CATIE. Proyecto

MIP/Nicaragua  
Jenny Weigel

### CIAT

Carlos Arturo Quirós

### CORBANA

Douglas Cubillo

### CORPOICA

Alba Marina Cotes

### ECOTOPIA

Colmar Serra

### ESALQ. Universidad Sao Paulo (Brasil)

José Roberto Parra

### ICAFE

Elicer Campos

### IDIAP

Bruno Zachrisson

### Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica)

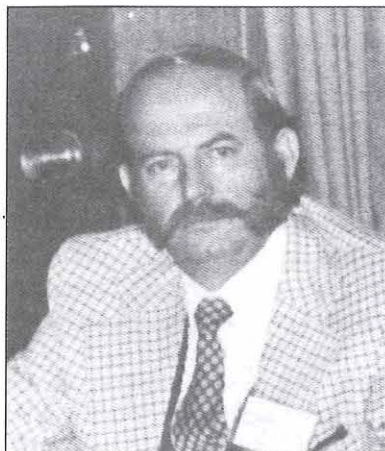
Ruth León

### Universidad de Costa Rica

Alice Pérez  
Raúl Radulovich

### USDA

Ronald Ochoa



## Dieter Enkerlin Challenmuller: Pilar de la entomología

Pedro Reyes-Castillo<sup>1</sup>

Referirse a la labor docente y académica desarrollada por el Dr. Dieter Enkerlin nos ocuparía numerosas páginas y un tiempo considerable, sólo el tratar de describirla, cuanto más analizarla y explicarla. Su labor como entusiasta educador, comprometido investigador y responsable promotor de la entomología en México es extensa, por lo que resulta difícil resumirla y exponerla en forma breve y concisa. Por lo tanto, sólo comentaré algunos rasgos de su formación académica y de su trayectoria dentro de la Sociedad Mexicana de Entomología, como una muestra representativa del trabajo realizado por quien debemos calificar como uno de los pilares de la entomología mexicana.

Dieter Enkerlin nació en México, DF. el 14 de diciembre de 1926. Se egresó como biólogo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1949, época en la que muy pocos jóvenes con abierta vocación por las ciencias naturales se atrevían a estudiar esta carrera. Un año más tarde presentó su tesis profesional, la cual recibió mención honorífica. Como la mayoría de los biólogos de ese entonces, se inició en la docencia como ayudante de laboratorio en la Escuela Nacional Preparatoria. Desde estudiante se despertó su interés por el estudio de los insectos, gracias a la Maestra Leonila Vázquez, de quien Dieter escribió *ella me entusiasmó por la entomología* (Enkerlin 1995 *in lit.*).

Durante 1949 y 1950 fungió como técnico entomólogo en la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. En 1951 fue becado por la Fundación Rockefeller para realizar su Maestría en Ciencias, con énfasis en entomología económica y ecología en Cornell University, New York. A su regreso a México se incorporó al Departamento de Agricultura del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, institución a la que dedicó su vida docente y académica. Permaneció en esta institución y sólo se ausentó para realizar su doctorado en Texas A&M University, el cual finalizó en 1957 y cuando fue nombrado Director Asistente de la Sección de Entomología de la Agencia Internacional de Energía Atómica en Viena, Austria (1968-1970), o durante sus múltiples y variadas actividades de asesoría y consultoría como entomólogo profesional en numerosas instituciones y empresas nacionales e internacionales.

En esa época, habían únicamente 17 profesionales con doctorado en México y en las instituciones de enseñanza residían los líderes de la entomología mexicana, uno de ellos sin duda fue Dieter Enkerlin, cuya sólida formación académica unido a su carácter jovial, su intensa vocación por la enseñanza, su indudable don de gentes, su marcada honradez profesional y su acendrado pundonor, son las cualidades que expli-

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, A.C. Apartado Postal 63, 91000 Xalapa, Veracruz, México.

can por qué él desempeñó un consistente papel y una importante función en la formación de calificados profesionales e investigadores de la entomología.

Para describir parte del extenso e intenso trabajo que Dieter Enkerlin desplegó a través de su vida, es válido destacar lo que corresponde a su actividad en la Sociedad Mexicana de Entomología, de la cual fue socio fundador en 1952 y presidente en el período 1963-1965.

Los primeros cinco años de vida de la Sociedad Mexicana de Entomología fueron fructíferos, gracias al desempeño de los integrantes de sus dos primeras Mesas Directivas, quienes realizaron reuniones y conferencias periódicas e iniciaron la publicación de la Revista de la Sociedad Mexicana de Entomología. Sin embargo, la Sociedad sufrió cierto desaliento en sus actividades entre 1957 a 1960, pero aún permanecía latente la inquietud, en algunos de sus miembros fundadores, de continuar impulsando el desarrollo de la entomología. Para la organización del II Congreso Nacional de Entomología y Fitopatología se invitó a la Sociedad con el propósito de darle nueva vida y responsabilizarla de la organización de futuros congresos. En este evento se discutió la reorganización de la Sociedad, y se eligió una nueva Mesa Directiva para el periodo 1960-1962.

Conociendo la personalidad de Dieter y su particular interés por la Sociedad, estoy seguro que convenció a sus colegas del Instituto Tecnológico de Monterrey de colaborar en la organización, asistir y presentar trabajos en ese evento, participando activamente en las discusiones y los debates relacionados con el resurgimiento de la Asociación.

La Sociedad Mexicana de Entomología resurge y retoma sus actividades, inicia la edición de Folia Entomológica Mexicana. Además organiza el III Congreso Nacional de Entomología que se realizó en 1962. En la sesión de clausura de este Congreso se eligió una nueva Mesa Directiva para el período 1963-1965, siendo nombrado presidente Dieter.

Dieter recibió una Sociedad Mexicana de Entomología funcional, en vías de consolidación, que necesariamente tendría que ser manejada y dirigida desde su institución en Monterrey, Nuevo León. La responsabilidad no era poca; por el contrario, cada paso debía ser tomado con decisión y al mismo tiempo con precaución, así como ser profundamente analizado y consensado entre los miembros de su Mesa Directiva. La presidencia de Dieter Enkerlin instauró y maduró

procesos que han trascendido en el desarrollo de la Sociedad. Dos de estos hechos fueron:

1° La celebración por primera vez del Congreso Nacional de Entomología (IV, 1964, Monterrey, Nuevo León), en una provincia y en conjunto con el 12° Congreso Anual de la Filial Suroeste de la Sociedad de Entomología de Estados Unidos. Este evento fue un éxito científico y económico, especialmente para la Sociedad Mexicana de Entomología y abrió el camino para la celebración futura de eventos conjuntos entre ambas instituciones.

2° La reforma estructural y funcional de la Mesa Directiva, mediante la cual se elige un primer vicepresidente que sería el presidente de la siguiente Mesa Directiva, y el presidente saliente es nombrado segundo vicepresidente. Esta modificación dio mayor dinamismo y eficiencia a la Sociedad y permitió la continuidad de acciones y la rotación de responsabilidades. Esta organización aún continua utilizándose.

El período de Dieter Enkerlin en la presidencia de nuestra Sociedad fue de intensa actividad. Además participó en la organización del V Congreso Nacional de Entomología en 1965. Además Dieter no descuidó la edición de Folia Entomológica Mexicana, que durante su gestión se publicaron los números del 4 al 11; también amplió su distribución internacional.

La participación de Dieter Enkerlin en los Congresos Nacionales de Entomología fue constante como expositor durante 35 años, a excepción de dos ocasiones. Los trabajos que Dieter expuso en estos 27 congresos son siempre en coautoría, excepto uno. Cabe destacar que la mayoría de los coautores de sus trabajos fueron sus estudiantes, y en algunos casos, sus colegas del Tecnológico de Monterrey. Nunca olvidó su función de maestro, por lo contrario, la refuerza exponiendo a sus estudiantes a la crítica constructiva que se deriva de una reunión pública de especialistas. Dieter consideró la participación en congresos y reuniones técnicas como un método de enseñanza y entrenamiento de sus alumnos.

Durante su vida profesional se dedicó a diversos temas, mostrando, cierta preferencia por los insectos que dañan al maíz, el algodón y los cítricos, a partir de 1970 dedica un mayor esfuerzo al estudio de las moscas de la fruta y ocasionalmente, este espectro se amplía al estudio de los ácaros fitófagos, las garrapatas y los parasitoides.

Dieter publicó los resultados de sus investigaciones en aproximadamente 50 artículos científicos y de

divulgación, folletos técnicos y capítulos de libro, que se publicaron entre los años de 1962 a 1989, tanto en revistas nacionales como internacionales.

Dieter Enkerlin murió en 1995.

Como parte de este homenaje póstumo al Dr. Dieter Enkerlin, quisiera referirme a una serie de estimulantes pensamientos expresados por el Premio Nobel de Medicina 1906, Santiago Ramón y Cajal, que en el *Post scriptum* de su obra "*Reglas y consejos sobre investigación científica (Los tónicos de la voluntad)*", los cuales son acordes con la obra y la personalidad de Dieter, quien a través de sus actividades docentes "transmite ansia de saber y originalidad", quien

cosechó honores y reconocimientos "porque todo descubrimiento es el germen de un árbol cuyos frutos recolectan los émulos del autor y la posteridad estudiosa", quien mediante su trabajo científico "transforma el hecho nuevo y estéril en hecho útil y fecundo", quien vivió con intensidad y "buscó el placer en la soberana fruición del deber cumplido, en la sublime satisfacción de haber ensanchado el horizonte del saber, de haber honrado y enaltecido la raza y de haber mejorado en algo la existencia de sus compatriotas".

Dieter Enkerlin, tu existencia física se ha transformado, permanece tu espíritu y tu obra, gracias por habernos otorgado tu amistad y tu sabiduría.

FORO

## Moléculas activadoras de la inducción de resistencia, incorporadas en programas de agricultura sostenible

Alba Stella Riveros Angarita<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Las plantas superiores han sido capaces de desarrollar una diversidad de mecanismos de defensa contra patógenos e insectos durante su evolución. Los patógenos también han co-evolucionado para ir superando estas barreras físicas y químicas. Es bien conocido que la resistencia es la regla y la susceptibilidad la excepción y, que estas complejas respuestas de defensa están bien reguladas, tanto espacial como temporalmente. Los factores que regulan las reacciones de defensa a infecciones son conocidas como moléculas activadoras o promotoras. Ellas inducen varias reacciones de defensa, tales como la producción de fitoalexinas, proteínas antimicrobianas, proteínas relacionadas con la patogenicidad, reacciones de oxidación y cambios estructurales a nivel de la pared celular, entre otras. Este artículo está enfocado al análisis de las moléculas activadoras, el papel que juegan en la interacción planta-patógeno o planta-insecto plaga, el entendimiento de los factores a nivel intra e intercelular que activan los mecanismos de defensa, la inducción de resistencia, la resistencia sistémica adquirida, la especificidad de la interacción y las múltiples vías de respuesta. Un mejor entendimiento de estos mecanismos permitiría a corto plazo, la aplicación de la inducción de resistencia en el marco de sistemas agrícolas sostenibles.

**Palabras clave:** Moléculas activadoras, Receptor, Inducción, Defensa en plantas, Resistencia inducida, Resistencia sistémica adquirida.

**ABSTRACT.** *Incorporation of induced resistance elicitor molecules into sustainable agriculture programs.* During their evolution higher plants have been able to develop a diversity of defence mechanisms against pathogens and insects. Pathogens in turn have co-evolved to overcome these physical and chemical barriers. It is well known that resistance is the rule and susceptibility the exception, and that these complex defence responses are both spatially and temporally well coordinated. Factors that regulate the defence responses to infection are known as activator molecules or elicitors. They induce various defence reactions such as the production of phytoalexins, antimicrobial proteins, proteins related to pathogenicity, oxidation reactions and structural changes at the cell wall level, amongst others. This paper focuses on an analysis of elicitor molecules, the role they play in plant-pathogen or plant-insect pest interactions, an understanding of the factors at intra and intercellular levels which activate the defence mechanisms, the induction of resistance, the systemic acquired resistance, the specificity of the interaction and the multiple pathways of response. A greater understanding of these mechanisms will in the short term make it possible to employ the application of resistance induction into the framework of sustainable agriculture systems.

**Key words:** Elicitors, Receptor, Induction, Plant defence, Induced resistance, Systemic acquired resistance.

### Introducción

Desde los inicios de la agricultura, el hombre ha utilizado métodos para el control de las plagas que afectan los cultivos. No obstante, se considera que las plantas

son capaces de contrarrestar el ataque ocasionado por los patógenos e insectos plaga. Las plantas para defenderse disponen de una variedad de mecanismos de de-

<sup>1</sup>Convenio Universidad del Tolima (Colombia)- CATIE (Costa Rica). Dirección actual: Unidad de Fitoprotección. CATIE. Turrialba, Costa Rica. asrivero@catie.ac.cr



fensa que van desde las barreras físicas hasta las reacciones bioquímicas que alertan las células entre sí, produciendo sustancias tóxicas que eliminan o inhiben la colonización por parte de la plaga. Teóricamente, las plantas poseen los genes necesarios para responder a la agresión; esta respuesta puede ser en forma constitutiva, al estar presentes de una manera permanente en la planta o no constitutiva e inducida, cuando el ataque de la plaga o la interacción entre éstos, es suficiente para desencadenar umbrales tóxicos de sustancias que bloquean la instalación de la plaga.

En los países de América tropical, la introducción de fertilizantes y plaguicidas durante los años 60 y 70, como parte de la revolución verde, fue poderosa y esperanzadora en esa época, porque lograba controlar exitosamente las plagas que afectaban los cultivos. Pero, el desarrollo de resistencia a los plaguicidas por parte de muchas plagas pusieron en tela de juicio esos programas, además provocaron serios problemas en la salud humana y animal y daños irreparables en el suelo y el ambiente. Esto ha llevado a revisar detenidamente las prácticas agrícolas y a buscar una agricultura menos contaminante, como la producción orgánica. En este tipo de producción, el empleo de sustancias obtenidas a partir de microorganismos o de plantas constituye una alternativa de protección más eficaz que los agroquímicos, desde el punto de vista ambiental y de la salud de los productores y consumidores. Recientemente, la atención se ha enfocado también al potencial para inducir en los cultivos resistencia a las plagas.

Las regiones tropicales y subtropicales, por sus características particulares, poseen una gran biodiversidad de microorganismos y especies vegetales, las cuales constituyen una fuente para la producción de plaguicidas biológicos, promotores de crecimiento y moléculas activadoras o promotoras de inducción de resistencia. De igual manera, la microflora existente en la rizosfera de las especies vegetales posee una alta diversidad de microorganismos benéficos, los cuales aún no han sido estudiados a profundidad. El uso de esta biodiversidad y de la microflora benéfica de la rizosfera deben ser consideradas, en programas de manejo integrado de plagas, como alternativas a los métodos de control tradicionales, basados en el uso de plaguicidas sintéticos.

En este artículo, se hace una revisión del concepto de moléculas activadoras o promotoras de resistencia según su origen, algunos aspectos relacionados con

la inducción y tipos de resistencia dentro del marco de la interacción planta-patógeno o planta-insectos plaga y, finalmente, la aplicación de estas moléculas en sistemas de producción sostenible.

### **Inducción de resistencia a plagas**

La inducción de resistencia (IR) a patógenos fue descubierta a comienzos del siglo pasado (1901), con los estudios de inmunización, realizados por Ray y Beauverie; mientras que los primeros trabajos de inducción de resistencia a insectos plaga se realizaron 70 años después. A éstos se sumaron otros investigadores que hacían referencia al fenómeno (Beuverie 1901, Chester 1933, Green y Ryan 1972, Haukioja y Hakala 1975, Kuč *et al.* 1959, Loebenstein 1963, Ray 1901, Ross 1966). Sin embargo, la comunidad científica de la época hizo caso omiso a estos hallazgos, siendo ignorados completamente durante mucho tiempo. En los años 70 y 80 se publicaron algunos trabajos, que tampoco fueron considerados (Carter *et al.* 1978, Doubrava *et al.* 1988, Kuč 1982, Kuč 1987). En 1993, se demostró como funcionaban las moléculas activadoras, tanto en condiciones de invernadero como en campo, con enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus (Kuč 1993). Estos trabajos despertaron el interés de compañías transnacionales privadas, las cuales iniciaron trabajos con el propósito de obtener y evaluar moléculas activadoras abióticas sintéticas, que catalogaron como excelentes candidatas para la inducción de resistencia. Desde entonces, el camino se ha ido abriendo lentamente y a inicios de este siglo, algunas de ellas han sido incorporadas en programas de agricultura y horticultura a escala comercial (Kuč 2001).

Esta lenta aceptación por parte de la comunidad científica es la constante en los avances de investigación. Por ejemplo, la utilidad del conocimiento generado por la genetista Barbara McClintock sobre los "genes saltarines" en maíz, fue hallada 35 años después, cuando descubrieron su aplicabilidad en medicina, para explicar genéticamente el cáncer.

En la actualidad, se han completado estudios de inducción de resistencia en 30 especies de plantas aproximadamente y, paradójicamente, el mayor desarrollo se ha experimentado en insectos, donde se han estudiado 100 especies, esto incluye resistencia inducida por patógenos, insectos plaga o sus productos y diversos grupos de moléculas activadoras orgánicas e inorgánicas (Karban y Kuč 2000).

## Moléculas activadoras o promotoras de resistencia

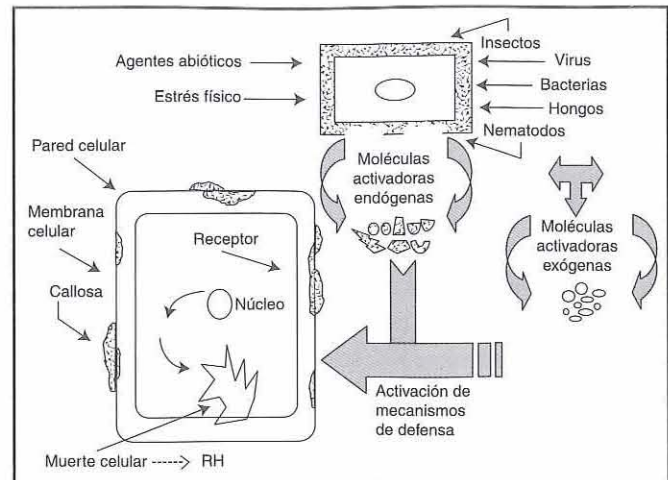
El concepto de activador desde el inicio, fue utilizado para moléculas capaces de inducir la síntesis de fitoalexinas en la planta, en ausencia del patógeno (Albersheim y Valent 1978, Keen *et al.* 1972). En la actualidad, esta definición, se ha generalizado y aceptado para cualquier molécula química que pueda estimular mecanismos de defensa o asociados con la respuesta de defensa en las plantas. Estas moléculas activadoras hacen referencia a un amplio ámbito de compuestos, los cuales pueden ser derivados a partir de plagas, de plantas u de otros microorganismos así como a partir de preparados biológicos de origen vegetal o de análogos producidos sintéticamente. Las moléculas activadoras no deben ser tomadas como sustitutos de fungicidas, sino como, una alternativa adicional dentro de una estrategia de manejo integrado (Lyon y Newton 2000).

En una relación planta-patógeno, es conveniente hacer la distinción entre moléculas activadoras de origen vegetal, llamadas activadoras endógenas y las de origen parasitario o producidas por algún agente físico externo, conocidas como activadoras exógenas (Fig. 1). En el caso de las primeras, se sabe que las células vegetales poseen una pared celular, la cual presenta un 90% de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectinasa) asociados a un 10% de proteínas y esta pared celular puede liberar moléculas activadoras endógenas, responsables de la inducción de mecanismos de defensa en ellas. Mientras que las moléculas activadoras exógenas pueden ser clasificadas en bióticas y abióticas (Cuadro 1).

La mayor parte de las moléculas activadoras exógenas producidas *in vitro*, han sido obtenidas, experimentalmente, a partir de la pared de microorganismos patógenos o no, por métodos como hidrólisis ácida parcial, tratamiento con álcalis, tratamiento al calor y degradación enzimática. Una vez aisladas estas moléculas pueden ser purificadas y caracterizadas mediante técnicas cromatográficas de separación.

Las moléculas activadoras exógenas bióticas producidas *in vivo*, son liberadas espontáneamente en los filtrados de cultivo de microorganismos patógenos o no, o pueden ser extraídas de tejido infectado por métodos de infiltración de un tampón que lave los espacios intercelulares, donde supuestamente ha estado colonizando previamente el patógeno biotrófico (Rivers y Lepoivre 1998, Waldmüller *et al.* 1992).

En cuanto a las moléculas activadoras exógenas abióticas, actualmente, hay disponible gran cantidad de productos (Cuadro 1), donde se incluyen aquellos semisintéticos.



**Figura 1.** Tipos de moléculas activadoras resultantes de la interacción planta-patógeno o planta-insectos plaga y algunas respuestas de defensa. Se observa el receptor de membrana y la traducción de señal desde el núcleo.

Las moléculas activadoras de inducción de resistencia pertenecen a familias químicas diversas como ácidos grasos, RNA levaduras, glicoproteínas, proteínas, peptidos, glicolípidos, lípidos, lipoproteínas, lipopolisacáridos, oligosacáridos, polisacáridos, entre otras.

## Mecanismos de defensa de las plantas asociados con la resistencia

La hipótesis gen-por-gen expuesta por Flor (1971), define en esencia, la resistencia vertical (monogénica u oligogénica), donde por cada gen que confiere resistencia a la planta le corresponde un gen en el patógeno que le confiere virulencia o viceversa. En el análisis de la interacción planta-patógeno, se puede ver que las plantas poseen genes de resistencia (alelo dominante R-) y genes que codifican para la susceptibilidad (alelos recesivos rr) y por otro lado, el patógeno cuenta con los genes de avirulencia que lo imposibilitan para causar enfermedades (alelo dominante Avr-) y genes que determinan su virulencia (alelos recesivos avr avr). Esto es lo que explica la capacidad de resistencia de la planta, y por consiguiente se tiene una relación incompatible; por el contrario, cuando la planta es infectada, la relación es compatible. El intento de penetración del patógeno será exitoso en una relación compatible donde no exista la etapa de reconocimiento. El escenario es totalmente diferente en la relación incompatible, donde se da una fase de reconocimiento seguida de una etapa de expresión de mecanismos de defensa (Fig. 2). Entre más rápida y eficiente sea la fase de expresión, asimismo, se designa la resistencia o

**Cuadro 1.** Moléculas activadoras o agentes bióticos y abióticos reportados como inductores de resistencia.

| Origen biótico   | Origen abiótico   |
|--|---|
| Hongos, bacterias, virus, nematodos, insectos (asperjados, inyectados o puestos en contacto)                                     | Fosfatos de potasio o de sodio  |
| Fragmentos de pared celular desde bacterias (peróxido de hidrogeno)y EDTA  | Especies de oxígeno activo (los AOS): ácido per-acético (ácido acético +                                    |
| Fraciones de pared celular desde hongos  | Cloruro férrico, Aliette (fosetil-Al)   |
| Fragmentos de pared celular de células vegetales   | Silica, glicina, ácido glutámico, ácido $\alpha$ y $\beta$ -aminobutírico, ácido $\alpha$ -aminoisobutírico |
|  | D-fenilalanina, D-alanina, dodecyl-DL-alanina, dodecyl DL-valina, DL-triptofano y riboflavin                |
| Fluido intercelular extraído de plantas infectadas   | Acido <i>m</i> -hidroxibenzoico, ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico  |
|  | Acido salicílico, metil ester del ácido jasmónico, etileno  |
| Extractos de origen vegetal  | Acido isovanílico, ácido vanílico, ácido siringico, ácido protocateiquico                                   |
|  | Floroglucinol, ácido galico, ácido 1,3,5 benzeno tricarbóxico, ácido poliacrílico                           |
| Preparaciones de cultivos en crecimiento de: bacterias, levaduras e insectos   | Acido D-galacturónico, ácido D-glucurónico, glicolato, ácido oxálico  |
| Fluido de esporas en germinación de hongos   | Acido oleico, ácido linoleico, ácido arácidonico, ácido eicosapentaenoico                                   |
|  | Paraquat, acifluorfen, clorato de sodio, óxido nítrico  |
|  | Acido 2,6-dicloroisonicotínico  |
| Preparaciones a partir de aparatos bucales y secreciones de insectos (volicitin)   | Benzo(1,2,3)thiadiazolel-7-carbothioic acid s-methyl ester  |
| Fraciones de glucano, quitin, pectina o <b>quitosan</b> degradados desde la pared de microorganismos por tratamiento con enzimas | Probenazole, Acido 2,2 dicloro-3,3 di-metil ciclopropano carboxílico  |
| Exudados de rizobacterias promotoras de crecimiento  | Penantrolina y sales de metales complejos como: cobalto, hierro y cobre                                     |
|  | Laminarina, quitosan, quitin, quitin coloidal y glucanos sintéticos   |
|  | Messenger™, Detergentes   |

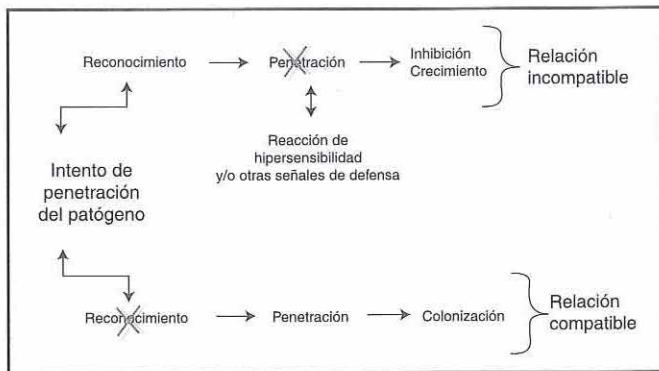
tolerancia del hospedante. Con base en este concepto Keen (1975) realizó una serie de investigaciones, las cuales le permitieron plantear la hipótesis de molécula activadora específica-receptor específico.

Estas reacciones de defensa han sido caracterizadas ampliamente en el ámbito celular, histológico, bioquímico, enzimológico y molecular (Fig. 3). Como respuestas pasivas en la pared celular o en los espacios intercelulares están la lignina, la callosa, capas de corcho o suberina, depósitos de gomas, la cutina, glicosidos fenólicos, fenoles, quinonas, esteroides, glicoalcaloides, terpenoides y proteínas (tioninas). Entre las respuestas activas, las cuales progresan después de la infección están las fitoalexinas, especies activas de oxígeno, activación del programa de muerte celular (PMC), radicales libres, los iones calcio, siliconas y silicatos, polifenoloxidasas, peroxidadas, fenilalanina amoniaco liasa, polímeros de pared unidos a formas fenólicas, glicoproteínas ricas en glicina o hidroxiprolina, callosa, lignina, lipooxigenasas, fosfolipasas, tioninas, proteínas ricas en leucina, proteínas antimicrobianas, ribonucleasas, proteasas, péptidos y proteínas relacionadas con la pato-

genicidad (quitinasas y  $\beta$ -1,3-glucanasas, entre otras).

Las proteínas relacionadas con la patogenicidad (PRs), se les ha definido como proteínas que se acumulan en respuesta a la infección, y se pueden localizar tanto en los espacios inter como intracelulares, lo cual las hace ser básicas o ácidas; sin embargo, principalmente se han encontrado almacenadas en las vacuolas (Yun *et al.* 1997). Inicialmente, en la relación planta-patógeno, se identificaron cinco clases de proteínas relacionadas con la patogenicidad, caracterizadas mediante técnicas bioquímicas y moleculares (Bol *et al.* 1990). Posteriormente, se reconocieron 11 familias de proteínas relacionadas con la patogenicidad y recientemente, se han incluido tres familias más (PR-12, PR-13 y PR-14) a la lista (van Loon y van Strien 1999). También en la relación planta-insectos plaga, se ha informado la inducción de las proteínas relacionadas con la patogenicidad y se ha recomendado tener especial cuidado con las quitinasas, porque se han determinado efectos negativos sobre insectos mutualistas (Heil *et al.* 1999, Inbar *et al.* 1999, Mayer *et al.* 1996).

Otro mecanismo que ha sido trascendental en la



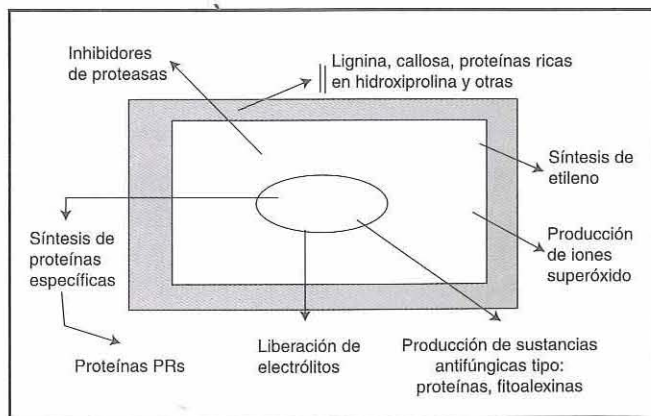
**Figura 2.** Comunicación parasitaria entre planta-patógeno para determinar la compatibilidad o incompatibilidad de la relación.

inducción de resistencia, es la reacción de defensa necrótica rápida y localizada, reacción hipersensible acompañada de muerte celular. La reacción hipersensible fue descrita por primera vez por Stakman (1915) ocurriendo únicamente en plantas resistentes. La reacción hipersensible está asociada al bloqueo en el desarrollo del patógeno (bacteria, hongo o virus), por la aparición de gránulos café que se tornan rápidamente en puntos necróticos coalescentes que se extienden al citoplasma de la célula invadida (Fig. 1). Se ha considerado que la reacción hipersensible es una forma de programa de muerte celular en plantas, donde intervienen intermediarios de oxígeno reactivos "sistema redox", iones superóxidos y el peróxido de hidrógeno. No se conoce si la reacción hipersensible es pre-requisito para la resistencia o simplemente es la consecuencia de otros mecanismos que limitan al patógeno. Se han encontrado casos de plantas interactuando con bacterias, hongos y virus que siendo resistentes, no utilizan la señal de reacción hipersensible, lo cual cuestiona el papel central y prioritario que siempre se les había asignado (Bendahmane *et al.* 1999). No obstante, aún quedan preguntas sin responder sobre este tipo de reacción y el programa de muerte celular que deben ser abordadas con técnicas genéticas, bioquímicas y citológicas (Kombrink y Schmelzer 2001).

### La inducción de resistencia en tejido local y sistémico

La inducción de resistencia como ya se mencionó consiste en la estimulación, por parte de moléculas activadoras, de los mecanismos de defensa en el hospedante. Ross (1966) denominó este mecanismo como resistencia sistémica adquirida. En esta sección se profundizará en la inducción de resistencia sistémica (IRS) y la resistencia sistémica adquirida (RSA). Es

importante mencionar que ha existido confusión en la terminología y su significado, inclusive, algunos investigadores emplean estos términos como sinónimos mientras otros los consideran diferentes. En el Iº Congreso Internacional sobre inducción de resistencia a enfermedades en plantas, celebrado en Corfu, Grecia en mayo del 2000, se discutió esta terminología, aceptando ambos términos como sinónimos. Por tanto, se puede hacer referencia a inducción de resistencia sistémica en la relación planta-insectos plaga y a la resistencia sistémica adquirida en la interacción planta-patógeno, pues aunque el término inicial fue adquirida a partir de 1997, se le conoce como inducida. Estas comienzan con una inducción de resistencia local, con producción de una señal desde la parte infectada y luego se traslada a otra parte de la planta, induciendo o amplificando las reacciones de defensa (Fig. 4). Cuando se está frente a bacterias promotoras (no patogénicas) del crecimiento, que normalmente colonizan la raíz, ellas son capaces de inducir resistencia local y transferirla a otras partes de células y tejidos de la planta, consiguiéndose la inducción de resistencia sistémica, en este caso, se recomienda colocar el prefijo inducción por rizobacteria (Métraux 2001).

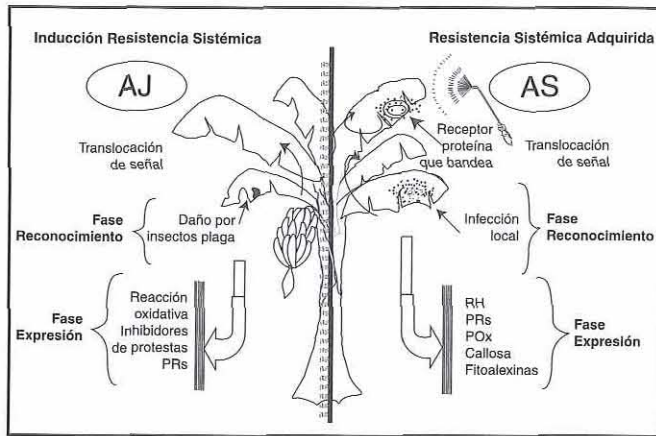


**Figura 3.** Respuestas de defensa de la planta posterior al reconocimiento de la plaga y desencadenamiento de mensajes desde el núcleo celular con translocación al sitio donde se encuentra localizado el agresor.

### Aplicaciones prácticas de las moléculas activadoras de IRS o RSA como mecanismos de protección en agricultura

En programas de mejoramiento para la resistencia a plagas un objetivo es lograr la completa inmunidad. Esa excelencia no se ha logrado por la dificultad de integrar múltiples niveles de resistencia contra un amplio ámbito de plagas, unido a otras características deseables como productividad y calidad de la cosecha (Lyon y Newton 2000).

Actualmente, se cuenta con gran cantidad de moléculas activadoras de inducción de resistencia local o sistémica (Cuadro 1). Estas moléculas han sido evaluadas en invernadero y algunas de ellas probadas también en condiciones de campo y posteriormente, patentadas. Las siguientes son algunas de las moléculas activadoras comercializadas, que han logrado la protección de cultivos, es decir la aspersión del producto funciona como una "vacuna" para la planta y la protege de infecciones futuras, lo cual constituye una labor preventiva y no curativa.



**Figura 4.** Comparación del modo de acción de los mensajeros secundarios AS y AJ en la IRS o RSA, tanto en la relación planta-patógeno como en la relación planta-insectos plaga.

Mediante el empleo del modelo biológico para resistencia sistémica adquirida en pepino cohombro propuesto por Kuč (1982), se descubrieron dos clases de moléculas activadoras que reproducían la misma actividad biológica: la primera el INA, ácido 2,6-dicloro isonicotínico y la segunda, el benzo[1,2,3]thiadiazole con el derivado comercial producido por Novartis Crop Protection para 1998, el S-metil benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothiate (=acibenzolar-S-metil o BTH) catalogada como CGA245704 y adscrito con la denominación de BION<sup>®</sup> para Europa o ACTIGARD<sup>™</sup> para los Estados Unidos. El INA y el BTH actúan como sustitutos del ácido salicílico (AS) en una resistencia sistémica adquirida. BASF Corporation comercializa con el nombre de MILSANA<sup>™</sup>, un producto sintético equivalente al obtenido del extracto de la planta *Reynoutria sachalinensis*, el cual ha dado buenos resultados en ornamentales y huertos hortícolas (Daayf *et al.* 1998).

El probenazole (ORYZEMATE<sup>™</sup>) ha sido utilizado en la relación parasitaria arroz-*Pyricularia*

*oryzae-o-Xanthomonas oryzae*; no obstante, su modo de acción no está aún totalmente claro (Watanabe *et al.* 1979).

El producto comercial OXYCOM<sup>™</sup> (Redox Chemicals, Idaho, USA), está constituido por dos componentes: un 5% v/v de una solución de ácido peracético {ácido acético + peróxido de hidrógeno} y por una mezcla de nutrimentos de plantas, los dos componentes son mantenidos por separado antes de mezclarse y aplicarse inmediatamente. El modo de acción de este producto está dentro de un sistema de resistencia sistémica adquirida con inducción de enzimas asociadas con el proceso de oxidación (Kim *et al.* 2001).

Las proteínas "harpins" dieron origen al producto comercial MESSENGER<sup>™</sup> registrado por la Empresa Eden Biosciences (WA-USA). Este consiste de una molécula activadora de inducción de resistencia natural y promotora de sistemas de crecimiento, evaluada para el control de enfermedades bacterianas y fungosas en tomate, pimienta, trigo, fresa, uva, pepino, melón, arroz y manzana. Este producto combina biotecnología y tecnologías no contaminantes, el cual fue avalado por la EPA en abril de 2000 (Barón 2001).

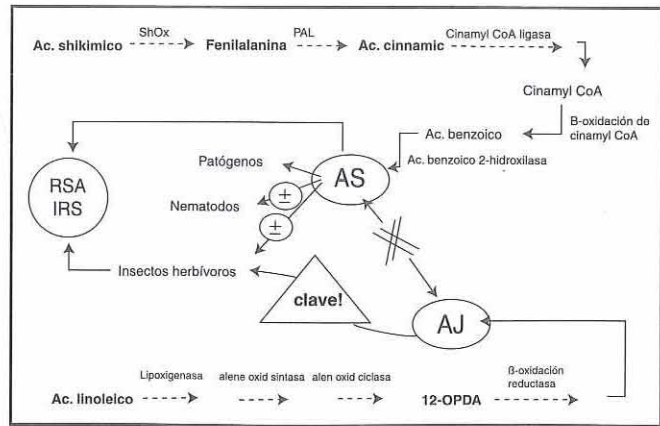
La figura 4 ilustra el análisis comparativo entre el modo de acción del ácido salicílico y el ácido jasmónico en musáceas. La resistencia sistémica adquirida se representa con una molécula mediadora de la resistencia, un mensajero secundario; mientras el ácido salicílico muestra lo determinado por Tally *et al.* (2000) en evaluaciones del BION<sup>™</sup> sobre cultivares susceptibles. Esto es una inducción de resistencia local generada por el patógeno que inicia la transferencia de la señal de defensa a otras partes de la planta, que son reforzadas con la aspersión del producto protector o la molécula activadora, logrando que los mecanismos bioquímicos de resistencia alcancen niveles similares a los que se dan en un tejido inducido biológicamente. Estos autores indican que el tiempo de inducción para alcanzar un umbral verdadero de protección varía entre 2 y 4 días y que la duración del efecto de protección es de aproximadamente seis semanas. Ellos también trabajaron con otros cultivos y aunque se informó en plantas dicotiledoneas, la duración del efecto podría ser menor debido a la presencia de múltiples meristemas, lo cual aumenta el gasto metabólico. En este artículo no se analiza el consumo ni uso de la energía en la inducción de resistencia porque en un artículo (Bustamante y Patiño 2001) publicado anteriormente en esta revista se incluye una revisión extensa sobre el tema.

En la figura 4 se muestra, el proceso de inducción de resistencia sistémica para las Musáceas, este es hipotético porque no se han realizado estudios de reconocimiento de la señal en este cultivo vs el control de insectos plaga. La inducción de resistencia sistémica es bien conocida en la relación planta-insectos plaga, en la cual todo gira en torno al ácido jasmónico que como mensajero secundario realiza un trabajo muy similar a la inducción de resistencia local y luego se generaliza en la planta. El análisis conjunto de la actividad del ácido salicílico y del ácido jasmónico (Fig. 5), muestra que no deben usarse ambos productos simultáneamente, porque existe una acción de bloqueo que inhibe ciertas reacciones de defensa. Es importante notar que el modo de acción del ácido jasmónico para el control de insectos plaga resulta más eficaz que otros mediadores como etileno o ácido salicílico empleados aisladamente (Staswick y Lehman 2000).

### Comentarios finales

La revisión del tema muestra que se han dado progresos en el estudio de la inducción de resistencia sistémica o resistencia sistémica adquirida. No obstante, es claro que se requiere mayor investigación para comprender los pasos intermediarios en las vías biosintéticas, porque aún no es evidente como se lleva a cabo la regulación del ácido salicílico ni del ácido jasmónico como intermediarios de las reacciones de defensa. Es aquí donde los mutantes con deficiencias en la producción de uno de estos componentes claves en la biosíntesis o en el caso del programa de muerte celular ayudarían a responder preguntas. Muchos otros elementos claves de la interacción planta-patógeno o planta-insectos plaga son desconocidos, y no se ha determinado con exactitud cuales son los supresores que pueden intervenir. En los próximos años, sin duda, se van a dar avances en el reconocimiento de un mayor número de receptores de membrana.

En cuanto a las moléculas sintéticas activadoras de la inducción de resistencia, en la última década, se han producido avances significativos, tanto el conocimiento como el entendimiento y aceptación de su importancia. Actualmente, a nivel mundial gran cantidad de investigadores en el tema trabajan en diferentes aspectos de esta temática. Muchas instituciones de América Latina y el Caribe también desarrollan investigaciones en este sentido, específicamente aplicando el control alternativo de plagas en cultivos de importancia económica para la región. Una implementación adecuada de estas metodologías requerirá un po-



**Figura 5.** Análisis comparativo de las rutas metabólicas de los intermediarios de defensa AS y AJ. 12-OPDA= ácido oxo-fitodienoico.

co más de tiempo, y es necesario contar con estudios de costo-beneficio de los productos generados, en función del gasto metabólico y energético de la planta susceptible para activar sus mecanismos de defensa y ponerlos en condiciones óptimas para contrarrestar al invasor. Quizás, este costo sea menor, dependiendo del genoma del hospedante; un genotipo tolerante requeriría mucha menos inversión de energía. También es prioritario estudiar en detalle la fitotoxicidad y su manejo y así como los efectos sobre los microorganismos mutualistas que coexisten en sistemas agrícolas.

### Literatura citada

- Albersheim, P; Valent, BS. 1978. Host-pathogen interactions in plants: plants when exposed to oligosaccharides of fungal origin defend themselves by accumulating antibiotics. *J. Cell. Biol.* 78: 627-643.
- Baron, J. 2001. Estrategias de manejo de la resistencia. IR-4 Project. Eden Bioscience, WA, USA
- Beauverie, J. 1901. Essais d'immunization des vegetaux contre les maladies cryptogamiques. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Paris* 133: 107-110.
- Bendahmane, A; Kanyuka, K; Baulcombe, DC. 1999. The Rx gene from potato controls separate virus resistance and cell death responses. *Plant Cell* 11: 781-791.
- Bol, JF; Linthorst, HJM; Cornelissen, BJC. 1990. Plant pathogenesis-related proteins induced by virus infection. *Annual Review of Phytopathology* 28:113-138.
- Bustamante, E; Patiño, LF. 2001. En búsqueda de un sistema de resistencia estable en plantas cultivadas. *Manejo Integrado de Plantas (Costa Rica)* 60:3-14.
- Carter, GA; Chamberlain, K; Wain, RL. 1978. Investigations on fungicides. XX. The fungitoxicity of analogues of the phytoalexin 2-(2'-methoxy-4'-hydroxyphenyl)-6-methoxy-benzofuran (vignafuran). *Annals of Applied Biology* 88: 57-64.
- Chester, K. 1933. The problem of acquired physiological immunity in plants. *Quar. Rev. Biol.* 8: 129-154, 275-324.

- Daayf, F; Schmitt, A; Belanger, RR. 1998. Evidence of phytoalexins in cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalensis*. *Plant Physiology* 113: 719-727.
- Doubrava, NS; Dean, RA; Kuc, J. 1988. Induction of systemic resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum lagenarium* in cucumber by oxalate and extracts from spinach and rhubarb leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 33: 69-79.
- Flor, HH. 1971. Currents status of the gene-for-gene concept. *Annual Review of Phytopathology* 9: 275-296.
- Green, TR; Ryan, CA. 1972. Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves a possible defense mechanism against insects. *Science* 175 776-777.
- Haukioja, E; Hakala, T. 1975. Herbivore cycles and periodic outbreaks . Formulation of a general hypothesis. Report of the Kevo Subarctic Research Station 12: 1-9.
- Heil, M; Fiala, B; Boller, T; Linsenmair, KE. 1999. Reduced chitinase activities in ant plants of the genus *Macaranga*. *Natur-wissenschaften* 86: 146-149.
- Inbar M; Doostdar, H; Leibee, GL; Mayer, RT. 1999. The role of plant rapidly induced responses in asymmetric inter-specific interactions among insect herbivores. *J. Chem Ecol* 25: 1961-1979.
- Karban, R; Kuc, J. 2000. Induced resistance against pathogens and herbivores: an overview. *In* Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture. Agrawal, AA; Tuzun, S; Bent, E.. Ed. St. Paul, Minnesota, USA, APS Press. p. 1-16.
- Keen, NT; Partridge, JE; Zaki, AI. 1972. Pathogen produced elicitor of a chemical defense mechanisms in soybeans monogenically resistant to *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. *Phytopathology* 62: 768.
- Keen, NT. 1975. Specific elicitors of plant phytoalexin production: determinants of race specificity in pathogens?. *Science* 187: 74-75.
- Kim, YC; Blee, KA; Robins, J; Anderson, AJ. 2001. Oxycom<sup>TM</sup> under field and laboratory conditions increases resistance responses in plants. *In* Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture. Agrawal, AA; Tuzun, S; Bent, E. Ed. St. Paul, Minnesota, USA, APS Press. p.129-136.
- Kombrink, E; Schmelzer, E. 2001. The hypersensitive response and its role in local and systemic disease resistance. *European Journal of Plant Pathology* 107: 69-78.
- Kuč, J; Barnes, E; Daftsios, A; Williams, E. 1959. The effect of amino acids on susceptibility of apple varieties to scab. *Phytopathology* 49: 313-315.
- Kuč, J. 1982. Induced immunity to plant disease. *BioScience* 32: 854-860.
- Kuč, J. 1987. Plant immunization and its applicability for disease control. *In* Innovative approaches to plant disease control. Chet, I. Ed. New York, John Wiley. p. 255-274.
- Kuč, J. 1993. Non pesticide control of plant disease by immunization. *In* Lyr, H; Potter, C Ed. Stuttgart, Ullmer Publication. p. 225-237.
- Kuč, J. 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants its application. *European Journal of Plant Pathology* 107: 7-12.
- Loebenstein, G. 1963. Further evidence on systemic resistance induced by localized necrotic virus infections in plants. *Phytopathology* 53: 306-308.
- Lyon, GD; Newton, AC. 2000. Implementation of elicitor mediated induce resistance in agriculture. *In* Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture. Agrawal, AA; Tuzun, S; Bent, E. Eds. St. Paul, Minnesota, USA, APS Press. p. 299-318..
- Mayer, RT; McCollum, TG; McDonald, RE; Polston, JE; Doostdar, H. 1996. *Bemisia* feeding induces pathogenesis-related proteins in tomato. *In* Gerling, D; Mayer RT Ed. *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage control and management Andover, Hants, UK, Intercept. p. 179-188.
- Métraux, JP. 2001. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. *European Journal of Plant Pathology* 107: 13-18.
- Ray, J. 1901. Les maladies cryptogamiques des vegetaux. *Revue Generale de Botanique* 13: 145-151.
- Riveros, AS; Lepoivre, PH. 1998. Alternativas bioquímicas para el control indirecto de Sigatoka en Musáceas. *In* Reunión ACORBAT (8, 1998, Guayaquil, Ecuador). Resúmenes. p. 436- 447.
- Ross, A. 1966. Systemic effects of local lesion formation. *In* Beemster, A; Dykstra, S Eds.. Amsterdam, North. p. 127-150.
- Stakman, EC. 1915. Relation between *Puccinia graminis* and plants highly resistant to its attack. *J. Agric. Res* 4: 193-199.
- Staswick, PE; Lehman, CC. 2000. Jasmonic acid-signaled responses in plants. *In* Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture. Agrawal, AA; Tuzun, S; Bent, E.. Eds. St. Paul, Minnesota, USA. APS Press. p. 117-136.
- Tally, A; Oostendorp, M; Lawton, K; Staub, TH; Bassi, B. 2000. Commercial development of elicitors of induced resistance to pathogens. *In* Induced plant defenses against pathogens and herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture. Agrawal, AA; Tuzun, S; Bent, E. Ed. St. Paul, Minnesota, USA, APS Press. p. 357-369.
- Van Loon, LC; van Strien, EA. 1999. The families of pathogenesis-related proteins, their activities and comparative analysis of PR-1 type proteins. *Physiol Molec Plant Pathol* 55: 85-97.
- Waldmüller, T; Cosio, EG; Grisebach, H; Ebel, J. 1992. Release of highly elicitor- active glucans by germinating zoospores of *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea*. *Planta* 188: 498-505.
- Watanabe, T; Sekizawa, Y; Shimura, M; Suzuki, Y; Matsumoto, K; Iwata, M; Mase, S. 1979. Effects of probenazole (Oryzmate®) on rice plants with reference to controlling rice blast. *Journal of Pesticides Science* 4: 53-59.
- Yun, D; Bressan, RA; Hasegawa, P. 1997. Plant antifungal proteins. *Horticultural Review* 14: 39-87.

# La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas

Oscar Ortiz<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Existen pocos ejemplos de la implementación del manejo integrado de plagas (MIP) en la región Andina. Uno de ellos fue el proyecto MIP-Andes que se llevó a cabo entre 1993 y 1996 con la participación del Centro Internacional de la Papa (CIP) y CARE-Perú. El objetivo de este proyecto fue capacitar agricultores sobre el manejo de *Pemnotrypes* spp. En este artículo se analiza qué sucede cuando el conocimiento campesino entra en contacto con la información técnica sobre MIP, basado en la experiencia del proyecto MIP-Andes. Se propone un modelo para simplificar el proceso de interpretación de la información sobre MIP. Se observaron interacciones formadoras, modificadoras y reforzadoras de conocimiento; pero también algunas que generaron confusión, específicamente cuando los agricultores no lograron interpretar apropiadamente la información debido a la forma en que la recibieron. Con respecto a la influencia del conocimiento y de otros factores en la toma de decisiones para adoptar prácticas de MIP se determinó que el conocimiento es un factor esencial, pero no el único que determina la adopción. Se considera que el principal nivel de integración para lograr la adopción del MIP se logra al integrar el conocimiento campesino con la información técnica. Pero también son necesarios otros niveles de integración, como la de prácticas de manejo del cultivo, de la comunidad, de las organizaciones y de las políticas institucionales y gubernamentales.

**Palabras clave:** Manejo Integrado de Plagas, Transferencia de tecnología, Conocimiento campesino, Información, Aprendizaje, Toma de decisiones.

**ABSTRACT. Information and knowledge as the principal inputs for the adoption of integrated pest management.** There are few examples of integrated pest management (IPM) implementation in the Andean Region. One of these was the MIP-Andes project, which was carried out between 1993 and 1996, with the participation of the International Potato Center (CIP) and CARE-Peru. The objective of this project was to train farmers in the management of *Pemnotrypes* spp. This paper presents an analysis of what happens when farmers' knowledge interacts with technical information about IPM, based on the experience of the MIP-Andes project. A model is proposed to simplify the process of interpretation of IPM information. Formation, modification and reinforcement of knowledge interactions were observed; but some also that generated confusion, particularly when the farmers could not interpret the information appropriately due to the form in which they received it. The influence of knowledge and other factors in decision-making to adopt IPM practices was determined and it is concluded that knowledge is an essential factor but it is not the only factor that determines adoption. In order to achieve the adoption of IPM, integrating farmers' knowledge and technical information is considered to be the main level of integration. However other levels of integration are also required, such as crop management practices, the community, organizations and institutional and governmental policies.

**Key words:** Integrated Pest Management, Technology transfer, Farmers' knowledge, Information, Learning, Decision-making.

## Introducción

Las tecnologías de agricultura sostenible se presentan como alternativas deseables para mantener o elevar la producción de alimentos sin dañar el ambiente. Toda tecnología tiene dos componentes: una parte física, por ejemplo una nueva semilla o un fertilizante y una

parte de información sobre cómo usar el componente físico; esto ha sido llamado el "hardware" y el "software" por Rogers (1995). La mayoría de tecnologías de agricultura convencional están basadas en el uso de insumos, por lo cual consisten principalmente de la

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Sociales. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. o.ortiz@cgiar.org



parte física y en menor proporción, consideran el componente de información requerida para su uso. Sin embargo, cuando se trata de tecnologías de agricultura sostenible, éstas casi no tienen una parte física, sino un gran componente de información y conocimiento sobre el funcionamiento del agroecosistema. Por lo tanto, cuando se trabaja con tecnologías que consisten principalmente en información y conocimiento, es obligatorio entender los procesos y los métodos para facilitar la interpretación correcta de la información y promover el aprendizaje.

Hay pocos ejemplos de la implementación del manejo integrado de plagas (MIP) en la región Andina. Cabe destacar uno de estos ejemplos, el cual probablemente fue pionero en este campo y fue la implementación del control del gorgojo de los Andes o gusano blanco (*Premnotrypes* spp.) y de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Symetrichema tangolias*) en áreas piloto en Perú (Cisneros *et al.* 1995). Entre 1993 y 1996, el Centro Internacional de la Papa (CIP) y la organización no gubernamental CARE-Perú desarrollaron un proyecto colaborativo conocido como MIP-Andes. El objetivo de este proyecto fue diseminar información sobre el MIP en las plagas mencionadas a agricultores que producían papa (Chiri *et al.* 1996). Parte de este proyecto se desarrolló en la Sierra Norte del Perú, en el Departamento de Cajamarca.

En este artículo se analiza la difusión de información y los cambios en el conocimiento de los agricultores dentro del proyecto MIP-Andes, discutiendo la importancia de la información y del conocimiento. El análisis se dividió en cinco aspectos: 1. Tipo de información sobre MIP que llegó a los agricultores; 2. Interacción entre el conocimiento campesino y la información técnica sobre el MIP; 3. Un modelo para analizar la forma en que la información fue interpretada y cómo

se formó el conocimiento; 4. Análisis de la influencia del conocimiento y de otros factores en la toma de decisiones para usar prácticas de MIP y 5. Niveles de integración que se requieren para lograr una adopción sostenible del MIP.

### Comunidades participantes en el estudio

Este estudio se desarrolló en tres comunidades: Chilimpampa, Chagmapampa y Santa Clotilde. Las dos primeras recibieron capacitación sobre MIP del CIP y CARE. En el Cuadro 1 se describen las principales características de cada comunidad.

Las tres comunidades participantes son relativamente pequeñas, con un total de familias que varía entre 35 y 50. El porcentaje de alfabetismo es muy similar al igual que los años de escolaridad de los miembros de cada comunidad. Las fincas en esas comunidades tienen en promedio 1,89; 1,96 y 2,5 ha en las comunidades de Chilimpampa, Chagmapampa y Santa Clotilde, respectivamente. Todas las familias en las tres comunidades siembran papa como el principal cultivo, seguidos de otros tubérculos andinos como oca y olluco, cereales como trigo y cebada, legumbres como haba y arveja y pastos como rye grass y avena. En cuanto a nivel económico, estas comunidades tienen un sistema de subsistencia y usan una tecnología tradicional no mecanizada.

### La información sobre el MIP

Normalmente se utilizan los términos conocimiento e información como sinónimos, pero en realidad son diferentes. Conocimiento es lo que existe dentro de la mente de cada individuo y es formado continuamente durante su vida. Información es lo que se puede encontrar fuera de la mente de las personas y por lo tanto puede ser transmitida de una persona a otra. La información está formada por series de datos que tienen un

**Cuadro 1.** Principales características de las comunidades analizadas.

| Características                        | Chilimpampa  | Chagmapampa  | Santa Clotilde |
|--|--------------|--------------|----------------|
| Altitud (m)                            | 3450         | 3300         | 3100           |
| Número total de familias               | 40           | 35           | 50             |
| Area promedio de la finca (ha)         | 1,89         | 1,96         | 2,5            |
| Porcentaje de fincas que siembran papa | 100          | 100          | 100            |
| Alfabetismo (%)                        | 85           | 88           | 80             |
| Promedio de escolaridad (años)         | 5            | 5            | 4              |
| Nivel económico                        | Subsistencia | Subsistencia | Subsistencia   |
| Nivel tecnológico                      | Tradicional  | Tradicional  | Tradicional    |

significado para la gente que la recibe (Röling 1998, 1990). El conocimiento es definido por Wilson (1987) como el resultado de la información que es recibida, decodificada apropiadamente en la mente, interpretada, re-codificada y almacenada en el mapa cognoscitivo o sea todo lo que una persona conoce. Este es un factor fundamental para lograr la innovación tecnológica (Rogers 1995) y actualmente se considera un factor de producción (Anthold 1992, Zijp 1994).

En el caso del manejo de *Premnotrypes* spp. promovido por el proyecto MIP-Andes, se pudo diferenciar claramente tres tipos de información (Ortiz 1997). La **información básica**, la cual estaba relacionada con los aspectos biológicos del insecto, tales como reproducción, ciclo biológico, fuentes de infestación y comportamiento, y cómo la biología del insecto se relaciona con la fenología del cultivo de la papa. El segundo tipo es la **información aplicada**, la cual se relaciona con las prácticas de control como la rotación de cultivos, la eliminación de malezas, la remoción de suelos en fuentes de infestación donde las larvas y pupas se concentran, el uso de barreras vegetales o físicas (zanjas) alrededor de campos de papa para evitar el ingreso de *Premnotrypes* (este insecto sólo camina), el uso de zanjas alrededor de los almacenes de papa para capturar los adultos que salen del suelo, la captura manual nocturna de adultos, el uso del hongo *Beauveria brongniartii* como entomopatógeno y los almacenes de luz difusa (Alcázar *et al.* 1994). El tercer tipo de información se denomina **complementaria** y estaba relacionada con los detalles específicos sobre dónde conseguir insumos relacionados con el MIP. En general se puede decir que la implementación de algunas prácticas sólo requieren de información básica y aplicada, pero otras requieren información complementaria.

### **La interacción entre la información técnica y el conocimiento campesino**

La información técnica sobre el MIP llegó a los agricultores que participaron en el proyecto MIP-Andes; sin embargo, ellos ya tenían un conocimiento propio sobre las plagas y su control. Este conocimiento campesino interactuó de diferentes formas con la información técnica. Antes de analizar las formas de interacción, es importante describir la forma en que la información llegó a los agricultores.

Los extensionistas de CARE-Perú recibieron capacitación sobre los aspectos técnicos del MIP por parte de especialistas del CIP y ellos organizaron la

capacitación para los agricultores. Sin embargo, los extensionistas no recibieron capacitación específica sobre cómo enseñar el MIP porque el CIP tampoco tenía una metodología definida en 1993; sin embargo, poseía materiales de capacitación desarrollados para este fin. Esta fue una clara limitación del proyecto y los extensionistas se dieron cuenta de que para enseñar MIP no se podían usar los métodos de capacitación convencionales usados para otro tipo de tecnologías. Por lo tanto, los extensionistas comenzaron a crear y adaptar métodos para facilitar el aprendizaje de los agricultores, pero esto requirió casi la mitad del tiempo del proyecto. Esta experiencia demostró que la capacitación podría haber sido más eficiente si se hubiera contado con un programa de capacitación estructurado, pero flexible para los agricultores (Ortiz 1997, Sherwood y Ortiz 1999). Pero a pesar de esta limitación, la información del MIP llegó a los agricultores e interactuó con su conocimiento.

Hay pocos estudios sobre adopción del MIP que analizan la forma en que la información es interpretada por los agricultores. En muchos casos se asume que ésta es entendida, pero no se conoce cómo sucede este proceso. Pimbert (1991) indica que el MIP depende de varias formas de conocimiento: técnico, tradicional (campesino), el resultante de la interacción de ambos y un conocimiento sobre el sistema de producción; sin embargo, no señala cómo ocurre la síntesis entre el conocimiento campesino y el conocimiento técnico. Ortiz (1997, 1999) señala que el contacto entre la información técnica sobre manejo integrado de *Premnotrypes* spp. y el conocimiento campesino se dieron los siguientes tipos de interacción.

**Interacción formativa.** Esta se presentó cuando la información técnica interpretada en forma apropiada generó nuevo conocimiento y reemplazó algunas creencias locales. Por ejemplo, la mayoría de agricultores creían que este insecto se originaba del suelo o que era producido por el granizo. Creencias similares sobre el origen de los insectos han sido reportadas por Bentley (1989) y Ortiz *et al.* (1996). Los agricultores formaron nuevo conocimiento sobre la reproducción del insecto, su ciclo biológico y sus diferentes fases de desarrollo, después de recibir e interpretar apropiadamente dicha información.

**Interacción modificadora.** En algunos casos, los agricultores ya tenían conocimiento sobre algunas prácticas de control usadas en MIP, pero las realizaban en forma inapropiada. Por ejemplo, usaban mantas para cosechar la papa, la cual es una práctica co-

mún en muchas partes de los Andes cuyo propósito es capturar las larvas del *Premnotrypes* spp. que salen de los tubérculos cosechados y quedan atrapadas en ellas. Sin embargo, los agricultores simplemente sacudían las mantas permitiendo que las larvas volvieran al suelo y continuaran su ciclo biológico. Un caso similar ocurría con el uso de pollos que se alimentaban de las larvas, pero los agricultores no entendían la importancia de cortar el ciclo biológico del insecto. Ellos modificaron el uso de las mantas y de los pollos como una práctica para capturar y eliminar larvas, cuando la información técnica sobre la reproducción del insecto modificó el conocimiento local sobre estas prácticas.

**Interacción reforzadora.** En otros casos, los agricultores realizaban prácticas en forma apropiada pero no conocían su principio biológico. Por ejemplo, la rotación de cultivos era conocida como una práctica que disminuía la incidencia del *Premnotrypes* spp., pero los agricultores no conocían su propósito. Al recibir información sobre la reproducción del insecto, ellos comprendieron la importancia de la rotación para reducir la población de la plaga.

**Interacción confusa.** Esta interacción no generó conocimiento apropiado para el MIP y se presentó cuando el agricultor no pudo interpretar apropiadamente la información, debido a la forma en que la recibieron. Por ejemplo, cuando aún los agricultores no tenían el concepto de reproducción y metamorfosis, ellos recibieron capacitación sobre la recolección nocturna de adultos de *Premnotrypes* spp., lo cual les causó confusión porque desconocían que el adulto correspondía a una etapa anterior a la larva que causaba el daño a los tubérculos de la papa. Este tipo de interacción se presentó, en algunos casos, cuando se usaron métodos convencionales de capacitación que no contribuyeron a facilitar el aprendizaje de los agricultores y cuando no se dió una secuencia lógica en la presentación de la información. Analizando las opiniones de 39 extensionistas que participaron en el proyecto MIP-Andes y que estuvieron involucrados en el proceso de capacitación sobre MIP y de 17 agricultores capacitados en la comunidad de Chilimpampa, Cajamarca, Perú, se determinó que mientras el 72% de los técnicos mencionó las charlas formales con afiches y folletos como un método importante de capacitación, sólo 47% de agricultores lo consideró así. Por el contrario, el 82% de agricultores mencionaron la recolección, identificación y observación de insectos vivos como un método de capacitación importante para entender la biología del insecto, pero sólo 38% de los

técnicos opinaron lo mismo (Ortiz 1997). Estos resultados confirman que el método de capacitación es fundamental para evitar confusión y lograr que el agricultor interprete correctamente la información ofrecida. Por esta razón otros programas de MIP han enfatizado el aprendizaje por descubrimiento para lograr una mayor adopción del MIP (Röling y Van de Fliert 1994).

### **La interpretación de información sobre MIP**

La interpretación de la información que realiza el cerebro es un proceso muy complejo (Sekuler y Blake 1985, Malim 1994). En la figura 1 se presenta el modelo propuesto para simplificar el proceso de interpretación de la información sobre MIP. Este modelo presenta varios factores que influyen en la interpretación, los cuales se pueden agrupar en tres grupos:

#### **1-Factores relacionados a la cantidad de información recibida, la secuencia y la complejidad de la misma.**

Este es el grupo de factores relacionados con el método de capacitación utilizado, es decir son factores externos a la persona (identificado como F1 en la Fig. 1). Como se mencionó se presentaron discrepancias entre extensionistas y agricultores con respecto a la preferencia por los métodos. Los agricultores claramente indicaron que las mejores formas de aprender eran las que usaban la naturaleza como material de enseñanza (Ortiz *et al.* 1997, Ortiz 1997).

**2- Factores que influyen en la interpretación de la información y ocurren dentro de la mente de las personas** (identificado como F2 en la figura 1). El primer paso para la interpretación es encontrar una relación entre la nueva información y el conocimiento previo o ya existente en la persona. En algunos casos los agricultores tenían percepciones erradas sobre el origen de las plagas y éstas no cambiaron hasta que fueron presentados mediante métodos apropiados que les facilitaran visualizar la biología de los insectos. Si un agricultor no ha comprendido que los insectos tienen un ciclo biológico, entonces no entenderá la información que reciba sobre prácticas específicas para el control de cada etapa de desarrollo, tales como la recolección nocturna de adultos de *Premnotrypes* spp. y las prácticas preventivas, como la remoción del suelo en sitios donde se concentran larvas y pupas. Si un agricultor no comprende que al eliminar larvas en el suelo evitará nuevas generaciones en el siguiente ciclo de cultivo, simplemente no encontrará razón para re-

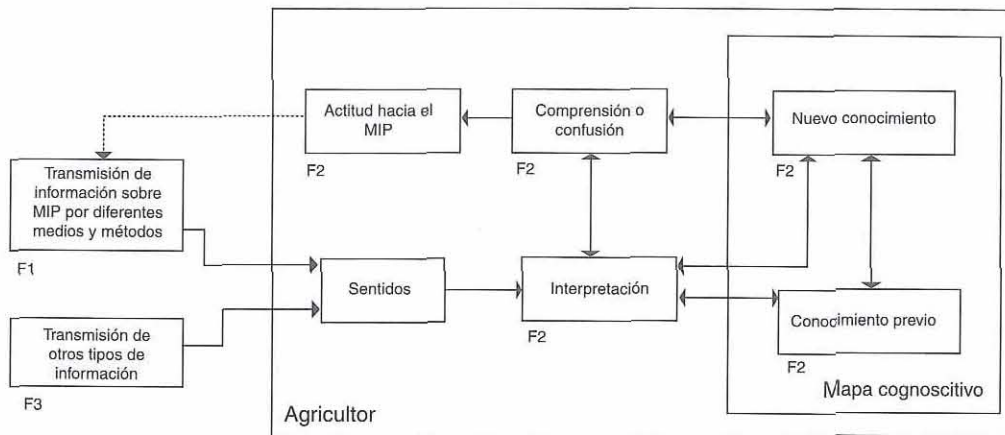


Figura 1. Proceso de interpretación de información sobre el MIP (adaptado de Ortiz, 1997 y Ortiz, 1999).

mover el suelo. Por el contrario, si un agricultor conoce que el insecto tiene diferentes etapas de desarrollo, entenderá fácilmente la necesidad de realizar prácticas para controlar cada una de ellas. Esto demuestra la necesidad de presentar la información en forma paulatina y secuencial que facilite su comprensión. Ortiz *et al.* (1997) sugieren comenzar enseñando aspectos sobre la biología, comportamiento y fuentes de infestación de los insectos para luego proseguir con las prácticas de control, pero siempre relacionando los principios biológicos con las prácticas de control.

En resumen, el proceso de interpretación sigue el camino correcto si el individuo tiene un conocimiento previo que le permita interpretar la información que recibe. La interpretación correcta genera nuevo conocimiento y a su vez permite interpretar mejor la información subsiguiente, lo cual genera una actitud positiva de aceptación a la tecnología. Por el contrario, si el agricultor no tiene un conocimiento previo para interpretar la información, se confundirá y en muchos casos formará un conocimiento equivocado, lo cual generará más confusión y finalmente una actitud de rechazo al MIP.

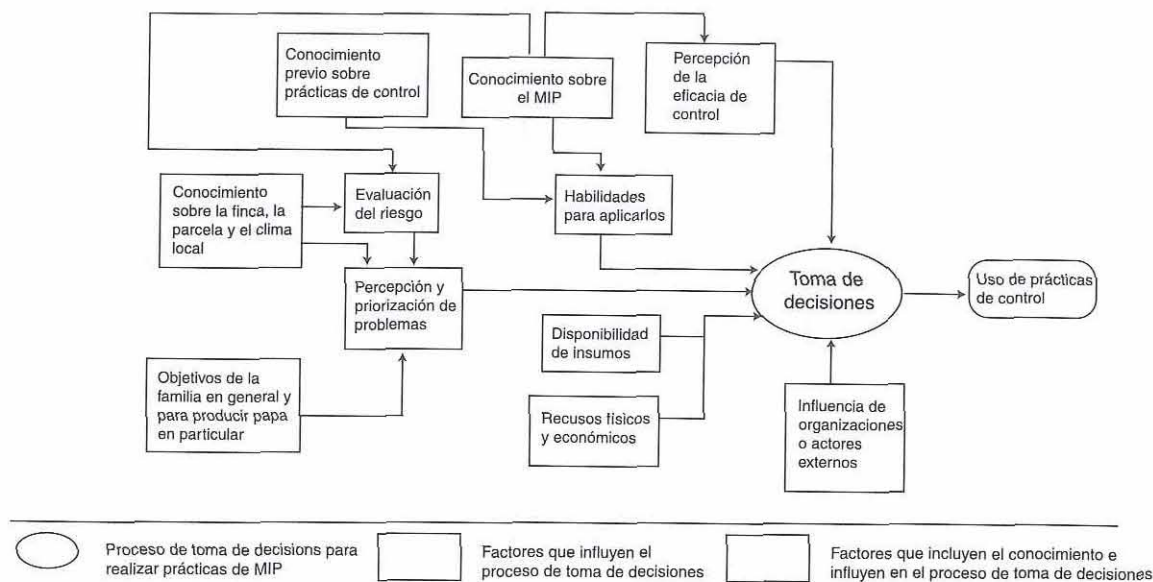
3-Factores relacionados al flujo continuo de otros tipos de información que compiten con el MIP (identificado como F3 en la figura 1). Este es el caso de información sobre el control químico indiscriminado que los agricultores capacitados en MIP continuaron recibiendo de diferentes fuentes. Durante el estudio se presentaron casos en que los agricultores de una misma comunidad recibieron información sobre MIP y control químico de dos fuentes simultáneamente, lo cual generó interferencia y confusión. La experiencia ha demostrado que facilitar el acce-

so de los agricultores a la información y su correcta interpretación es un elemento esencial para la adopción del MIP. Por tanto, los proyectos de MIP deben diseñar programas de capacitación o planes de estudio que faciliten el trabajo de los extensionistas. Es esencial el uso de métodos de enseñanza-aprendizaje interactivos, donde los agricultores sean actores centrales y aprendan descubriendo los conceptos y observando la naturaleza (Sherwood y Ortiz 1999).

### Los factores que influyen en la toma de decisiones para usar el MIP

Nowak (1992) indica que los agricultores adoptan nuevas tecnologías por dos razones simples: porque quieren hacerlo y porque pueden hacerlo. Sin embargo, en este caso querer y poder usar el MIP depende de una serie de factores que influyen en la toma de decisiones sobre el manejo integrado de *Premnotrypes* spp. (Ortiz 1997). La figura 2 muestra un modelo cualitativo donde se describe la interrelación de los factores. A continuación se analizan estos factores, haciendo énfasis en el papel del conocimiento en la toma de decisiones.

**Conocimiento sobre el MIP.** Para el caso del manejo integrado de *Premnotrypes* spp., el principal factor que influyó en las decisiones para querer y poder realizar prácticas de manejo fue el conocimiento resultante de recibir la información sobre MIP. El conocimiento influyó en las habilidades para realizar prácticas, en la percepción sobre la eficacia de control y en la evaluación del riesgo. Las personas con más conocimiento tendieron a tener menor temor al ries-



**Figura 2.** Factores que influyen en la toma de decisiones sobre la implementación de prácticas de MIP en las comunidades de Chilimpampa, Chagmapampa en Cajamarca, Perú. Adaptado de Ortiz (1997).

go. El conocimiento fue el factor más importante que influyó en las decisiones del agricultor para adoptar el MIP. Esta fue la principal diferencia entre agricultores que no recibieron información y aquellos que participaron en el proyecto. En la comunidad de Santa Clotilde, Cajamarca, Perú, en la cual no se realizaron actividades de capacitación sobre MIP, se entrevistaron 17 agricultores y se determinó que ellos identificaban la larva de *Premnotrypes* spp., pero sólo 15% identificaba al adulto y ningún agricultor identificaba los huevos o pupas. Por el contrario, en las comunidades capacitadas sobre el manejo integrado de este insecto (Chagmapampa y Chilimpampa) se entrevistaron 37 agricultores, de los cuales más del 94% de ellos conocían las cuatro fases de desarrollo de la plaga. En el caso del conocimiento sobre prácticas de control, los agricultores de una comunidad (Santa Clotilde) que no recibieron información sobre MIP mencionaron siete prácticas de control, en cambio agricultores que recibieron capacitación en las comunidades de Chilimpampa y Chagmapampa mencionaron hasta 18 prácticas de control (Cuadro 2), lo cual demuestra que los agricultores capacitados incrementaron su conocimiento sobre las opciones para el manejo de esta plaga (Ortiz 1997).

Ortiz (1997) evaluó si el porcentaje de agricultores que indicaron conocer una práctica la habían implementado, determinando que en las comunidades donde no se recibió capacitación sobre MIP no había

una asociación significativa entre la frecuencia de agricultores que señalaron conocer una práctica y la frecuencia de los que la habían implementado (Cuadro 3). Por el contrario, en las comunidades donde se había ofrecido la capacitación se determinó una asociación entre las prácticas más conocidas con las implementadas con mayor frecuencia. Esto demuestra la influencia del nuevo conocimiento en la decisión de realizar prácticas específicas. Habían prácticas como la recolección manual de adultos de *Premnotrypes* spp., el uso de mantas para cosechar la papa, el uso de pollos y la cosecha oportuna, en las cuales el mismo número de agricultores que mencionó conocerlas también las implementó. Sin embargo, para otras prácticas como el control químico, la rotación de cultivos, la eliminación de malezas, el uso de barreras vegetales y de zanjas, la remoción de suelo en fuentes de infestación, el uso de plantas repelentes y el uso de *B. brongniartii*, fue mayor el porcentaje de agricultores que dijo conocerlas con respecto a los que las implementaron. Cuando se midió la diferencia entre frecuencias de prácticas conocidas e implementadas, se observó que ésta era significativa usando la prueba no paramétrica del Signo en las tres comunidades, lo cual indica que el conocimiento no es el único factor que influye en esta decisión y que si bien el agricultor conocía las prácticas y quería implementarlas, no podía hacerlo debido a otros factores que se discuten a continuación.

**Cuadro 2.** Frecuencia de prácticas conocidas e implementadas en Santa Clotilde, Chilimpampa y Chagmapampa, Perú en las dos últimas CIP y CARE realizaron capacitación sobre MIP (adaptado de Ortiz 1997).

| Prácticas de control                            | Comunidades    |    |             |     |             |     |
|---|----------------|----|-------------|-----|-------------|-----|
|   | Santa Clotilde |    | Chilimpampa |     | Chagmapampa |     |
|   | C              | I  | C           | I   | C           | I   |
| Uso de insecticidas (E)                         | 100            | 25 | 100         | 15  | 100         | 59  |
| Recolección manual de insectos (N)              | 0              | 0  | 100         | 100 | 100         | 100 |
| Uso de mantas al momento de la cosecha (E-M)    | 0              | 0  | 100         | 100 | 94          | 71  |
| Uso de pollos como depredadores de larvas (E-M) | 80             | 70 | 100         | 100 | 100         | 100 |
| Cosecha oportuna (E-R)                          | 55             | 25 | 75          | 75  | 53          | 35  |
| Rotación de cultivos (E-R)                      | 65             | 65 | 70          | 40  | 76          | 47  |
| Eliminación de malezas (N)                      | 0              | 0  | 60          | 10  | 41          | 35  |
| Barreras vegetales alrededor de campos (N)      | 0              | 0  | 60          | 30  | 59          | 41  |
| Zanjas alrededor de campos (N)                  | 0              | 0  | 60          | 40  | 29          | 18  |
| Remoción del suelo en focos de infestación (N)  | 0              | 0  | 55          | 20  | 59          | 35  |
| Exposición de tubérculos a la luz del sol (E)   | 40             | 30 | 55          | 40  | 71          | 59  |
| Remoción de campos cosechados (N)               | 0              | 0  | 40          | 20  | 41          | 35  |
| Uso de plantas repelentes (E-M)                 | 45             | 30 | 35          | 25  | 76          | 59  |
| Uso de ceniza (E)                               | 0              | 0  | 30          | 25  | 47          | 35  |
| Uso de almacenes de luz difusa (N)              | 0              | 0  | 25          | 15  | 65          | 18  |
| Uso de cal (E)                                  | 0              | 0  | 25          | 15  | 53          | 35  |
| Zanja alrededor del almacén (N)                 | 0              | 0  | 20          | 0   | 29          | 0   |
| Uso del hongo <i>Beauveria brongniartii</i> (N) | 0              | 0  | 10          | 0   | 59          | 35  |
| Uso de ají molido en aspersión (E)              | 10             | 10 | 0           | 0   | 0           | 0   |

1: Comunidad de Santa Clotilde (n=20). Comunidad de Chilimpampa (n=20); 2: comunidad de Chagmapampa (n=17)

C: Porcentaje de agricultores que reportó conocer la práctica.

I: Porcentaje de agricultores que reportó implementar la práctica.

N: Práctica nueva introducida por el proyecto.

E: Práctica existente (conocimiento campesino).

E-M: Práctica existente modificada por la información sobre MIP.

E-R: Práctica existente reforzada por la información sobre MIP.

**Cuadro 3.** Correlación y diferencias entre frecuencia de agricultores que conocen una práctica y los que la implementaron en tres comunidades en Perú. (adaptado de Ortiz, 1997).

| Comunidad   | Correlación entre conocido e implementado* | Diferencia entre conocido e implementado** |
|---|--|--|
| Santa Clotilde (no recibió información sobre MIP) | 0,4 (no significativo)                     | Significativo                              |
| Chilimpampa (recibió capacitación sobre MIP)      | 0,7 (significativo al 0,05)                | Significativa al 0,05                      |
| Chagmapampa (recibió capacitación sobre MIP)      | 0,8 (significativo al 0,05)                | Significativa al 0,05                      |

\* Se usó la correlación no paramétrica Spearman entre el porcentaje de agricultores que indicaron conocer una práctica y el porcentaje que la implementaron (C y I en el Cuadro 2).

\*\* Se usó la prueba no paramétrica del Signo "Sign test" para medir la diferencia entre el porcentaje que conoce una práctica y el porcentaje que la implementó (C y I en el Cuadro 2).

### Las habilidades para aplicar el nuevo conocimiento.

Las prácticas de manejo de plagas requieren de habilidades específicas, las cuales dependen del conocimiento sobre el propósito de utilizarlas y cómo proceder. Por ejemplo, cuando se trata de la recolección nocturna de adultos de *Premnotrypes* spp., los agricul-

tores requieren conocer la relación entre el insecto adulto y la larva, así como tener la habilidad para detectar los insectos y sacudir las plantas en recipientes en el momento apropiado. En el caso de *B. brongniartii* su aplicación también demanda habilidades específicas para asegurar su eficiencia. Para otras prácticas los

agricultores no requieren habilidades especiales, porque éstas se basan en actividades que ellos realizan cotidianamente. Por ejemplo, las remociones de suelo en las fuentes de infestación.

**Conocimiento sobre la finca y las parcelas de papa.** El agricultor conoce las condiciones de su finca y de sus parcelas, y esto influyó en la evaluación del riesgo y en la percepción y priorización de los problemas en cada sitio. Por tanto, este aspecto influyó en la decisión de utilizar prácticas para el manejo integrado de *Premnotrypes* spp. Por ejemplo, si una parcela estaba ubicada en un lugar donde el agricultor sabía que había alto riesgo de heladas, limitaba la inversión que demandaba la implementación de prácticas para el control de la plaga. Lo mismo sucedió cuando las condiciones climáticas (época de siembra) favorecían el riesgo del ataque del tizón tardío. En algunos casos, la experiencia previa de los agricultores con respecto a la ubicación de la parcela influyó en el uso de algunas prácticas. Por ejemplo, cuando la parcela estaba ubicada en pendiente, el uso de zanjas alrededor de los campos era limitado porque la lluvia dañaba rápidamente las zanjas.

**La percepción sobre la eficacia de control.** La percepción visual está relacionada al concepto de la posibilidad de observar el resultado de una innovación (Rogers 1995). En esta investigación la percepción visual tuvo un efecto psicológico importante en los agricultores quienes al observar insectos adultos muertos o capturados sentían que estaban controlado la plaga, porque conocían que al eliminar adultos reducían el número de larvas que afectarían los tubérculos de la papa. Quispe *et al.* (1999) señala que este entendimiento fue esencial para la aceptación de la recolección nocturna de adultos de la plaga porque los agricultores vieron y pesaron millones de insectos capturados. También los agricultores observaron los insectos muertos durante las remociones de suelo en sitios de infestación. Por el contrario, otras prácticas como la preparación apropiada del suelo para la siembra, la siembra de barreras vegetales y la eliminación de plantas voluntarias no les permitían tener una percepción visual de control directo de la plaga, lo cual ocasionó que fueran menos aceptadas.

Rogers (1995) también define la percepción de la eficiencia de control en el tiempo, la cual está relacionada con el concepto de ventaja relativa. Este tipo de

percepción se manifestó en la opinión de los agricultores sobre los cambios en los daños causados por *Premnotrypes* spp., esto generalmente lo percibieron al momento de la cosecha. En comunidades que recibieron capacitación (Chilimpampa y Chagmapampa) se entrevistaron 37 agricultores de los cuales el 63% indicó que habían observado una disminución del daño en los últimos años y el 68% lo asociaban al uso de prácticas de MIP. Por el contrario en la comunidad donde no se ofreció capacitación (Santa Clotilde), sólo el 15% de los 17 agricultores entrevistados percibió una disminución (Ortiz 1997). Ortiz *et al.* (1996) confirmaron la disminución de daño en Chilimpampa.

**Los objetivos de la familia.** Las familias de agricultores tienen sus objetivos de producción definidos, los cuales son actualizados y cambiados según las circunstancias. Según los objetivos, los agricultores perciben y priorizan los problemas. Para aquellos agricultores que sembraban papa para autoconsumo, como parte importante de su sistema alimentario, el MIP era importante. Ellos consideraban que con algunas prácticas de MIP podían obtener una cosecha con un nivel de daño entre 15% y 20%, lo cual era aceptable para ellos, porque aún la papa dañada era utilizada de alguna manera (como semilla, para alimentación de la familia o del ganado). Sin embargo, para otros, la papa era sólo un complemento de varias actividades generadoras de ingresos, lo cual reducía la importancia del MIP. Estos agricultores tendían a utilizar insecticidas, lo cual les demandaba menos tiempo que la implementación de otras prácticas MIP. Algunos agricultores cuyo objetivo era la comercialización del producto, o estaban interesados en producir semilla, indicaron que las prácticas de MIP no eran suficientes y que tenían que usar insecticidas para asegurar un nivel de daño menor (menos de 5%).

**La evaluación del riesgo, la percepción y priorización de problemas.** Los agricultores priorizan los problemas de plagas según su evaluación del riesgo para una parcela específica en un momento dado, según su conocimiento sobre las alternativas de control y según los objetivos de la familia para esa parcela. Esto implica que ellos pueden priorizar el control de determinadas plagas y brindar menos atención al manejo de otras plagas. Ortiz (1997) determinó que una de las razones por las cuales los agricultores no habían realizado algunas de las prácticas de manejo integrado de

*Premnotrypes* spp. era porque ellos consideraban que sus parcelas de papa tenían mucho riesgo de sufrir daños por el ataque del tizón tardío o por helada. Este alto riesgo limitaba su inversión en tiempo o dinero para controlar esta plaga, lo cual era un razón muy lógica.

Como se mencionó, los objetivos de la familia para la producción de papa también influyeron en la priorización de los problemas y de las prácticas de control. Los agricultores con una mentalidad más comercial y por tanto, mayor temor de tener tubérculos dañados (representa una pérdida de valor), creían que las prácticas de MIP deberían necesariamente ser complementadas con control químico. Por el contrario, los agricultores cuya producción era dedicada a la subsistencia de la familia, no creían necesario e imprescindible usar insecticidas, porque su percepción del valor de la cosecha era diferente y consideraban que aún los tubérculos dañados tenían valor (Ortiz *et al.* 1996).

La evaluación del riesgo y la priorización de problemas también fue influida por el conocimiento del agricultor sobre el origen y el manejo de las plagas. Algunos agricultores de comunidades que no recibieron capacitación creían que *Premnotrypes* spp. era producido por el granizo y esto tenía una explicación mágica religiosa, lo cual los llevaba a considerar la plaga como muy peligrosa e incontrolable. Por el contrario, en comunidades que habían recibido capacitación, los agricultores comprendían que las causas eran controlables, por tanto su percepción sobre el riesgo y la peligrosidad de la plaga disminuyó. Esto influyó en su decisión de realizar prácticas MIP (Ortiz 1997).

**Los recursos.** La disponibilidad de tierra, tiempo y capital (especialmente dinero en efectivo) influyeron claramente en las decisiones de los agricultores de realizar algunas prácticas de MIP. Por ejemplo, si los agricultores no poseían un terreno de un tamaño que les permitiera hacer rotación de cultivo, ellos tenían que continuar sembrando papa en las mismas parcelas. Por otro lado, si ellos estaban ocupados en otras actividades generadoras de ingresos como la producción de leche, no disponían de tiempo para las prácticas de MIP que requerían una cantidad significativa de mano de obra, y por consiguiente utilizaban insecticidas. La disponibilidad de dinero en efectivo en el momento oportuno también influyó para realizar prácticas de control que requerían la compra de insu-

mos externos. Esto afectó tanto la adquisición de plaguicidas como las inversiones adicionales requeridas para implementar prácticas, por ejemplo el alquiler de una yunta para remover el terreno donde se cultivó papa o construir un almacén de luz difusa.

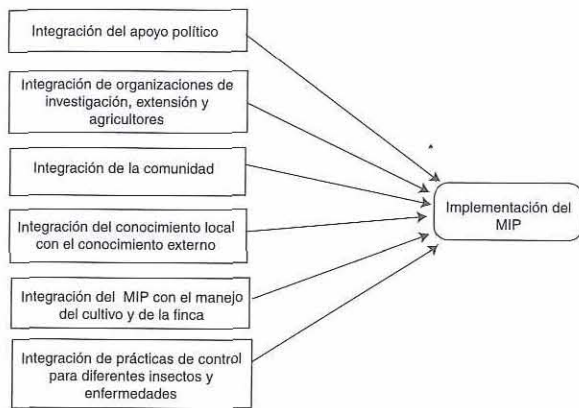
**La disponibilidad de insumos.** El uso de *B. brongniartii* se vio limitado por su escasez en el mercado. Muchos agricultores que habían aprendido sobre el fundamento y el uso de entomopatógenos querían utilizarlo pero no pudieron porque el producto no estaba disponible (Ortiz 1997, Winters y Fano 1997). Este es un error frecuente cuando se promociona el control biológico como parte del MIP sin asegurar al agricultor un acceso fácil y oportuno a los insumos necesarios.

**Influencia de factores externos.** En las comunidades mencionadas anteriormente, se observó que los agricultores no sólo recibían capacitación sobre MIP, sino también sobre manejo convencional de plagas, ofrecida por otras organizaciones. En general, estas organizaciones no promocionaban el MIP sino el control basado en uso de plaguicidas, brindando créditos para este propósito. El agricultor, en muchos casos se encontraba indeciso sobre el tipo de manejo de plagas a utilizar, lo cual creaba confusión y limitaba el uso del MIP (Ortiz 1997).

### **La integración de varios niveles para hacer del MIP una realidad**

Tradicionalmente se ha definido al MIP como la integración de diferentes prácticas de manejo en forma armónica, flexible y apropiada al sistema local (Altman y Collier 1983, Pimbert 1991, Malena 1994). Otros autores lo definen como el manejo de un cultivo, lo más saludable posible, con un buen conocimiento sobre las plagas y los enemigos naturales, observación sistemática del campo, toma de decisiones basadas en el conocimiento y la experimentación. Este enfoque integra al MIP dentro de lo que es el manejo integrado del cultivo, que fue desarrollado para el MIP en el cultivo de arroz en Asia (Roling y van de Fliert 1994). Ambos conceptos enfocan la integración en términos técnicos. Sin embargo, el MIP para ser implementado requiere de varios niveles de integración. En un análisis de la implementación del MIP en comunidades de la Sierra Norte del Perú, Ortiz (1997) determinó que se requieren varios niveles de integración, que no son necesariamente técnicos (Fig. 3), los cuales se discuten a continuación:





**Figura 3.** Niveles de integración requeridos para apoyar la implementación del MIP en Perú.

**La integración de prácticas de manejo.** Este es el nivel de integración comúnmente estudiado en proyectos de MIP y se refiere a la integración del manejo de plagas del cultivo de la papa. En este proyecto sólo se incluyó el manejo integrado de *Premnotrypes* spp., aunque también se diseminó información sobre el manejo integrado de la polilla de la papa. Sin embargo, los agricultores no sólo enfrentan problemas causados por éstos insectos, sino que otros insectos como *Epitrix*, *Diabrotica*, y algunas especies de la familia Noctuidae también provocan daños. Las enfermedades como el tizón tardío también representan un problema serio en las comunidades donde se realizó el estudio. Sin embargo, en algunos casos las prácticas para controlar diferentes plagas se contraponen y requieren de un proceso de ajuste y adaptación según la percepción del agricultor sobre la importancia de cada una de ellas.

**La integración del MIP dentro del manejo del cultivo.** Este es un nivel de integración necesario para lograr un manejo integrado del cultivo. Aunque el MIP plantea mantener el cultivo lo más saludable posible y manejar el ambiente para dificultar la reproducción de las plagas, la mayoría de proyectos enfatizan el manejo de plagas en forma aislada, sin considerar que los agricultores también requieren información y conocimiento sobre el manejo de otros factores como la fertilización y las prácticas culturales.

**La integración del conocimiento local con el conocimiento externo o técnico.** En el artículo se ha enfatizado la importancia de integrar el conocimiento campesino con la información técnica para mejorar la adopción de prácticas de MIP, así como también sobre la importancia de encontrar formas que ayuden a los agricultores a recibir, interpretar y entender la información sobre el MIP. Por lo tanto, es importante el desarrollo de

métodos de capacitación que faciliten este proceso. La experiencia sugiere que los métodos que usan la naturaleza como material de enseñanza son más apreciados por los agricultores y pueden contribuir a lograr este nivel de integración.

**La integración de la comunidad.** La comunidad o el grupo de agricultores en una localidad específica requieren integrarse para lograr acciones comunales orientadas a implementar el MIP. En el caso del manejo integrado de *Premnotrypes* spp., los agricultores comenzaron a realizar acciones conjuntas y coordinadas, porque dentro de la comunidad compartían focos de infestación. Si un agricultor realiza prácticas de MIP pero su vecino no controla las fuentes de infestación, éstas prácticas no tendrán efecto. El problema es lograr que las acciones conjuntas sean permanentes.

**La integración entre organizaciones de investigación, extensión y grupos de agricultores.** Para evitar que los agricultores reciban información contradictoria, se requiere que las organizaciones se integren y definan estrategias comunes orientadas a promover el MIP. De esta manera se podría uniformar los criterios sobre el control de plagas para lograr un control más eficiente, sostenible y evitar la competencia entre enfoques, lo cual resta sinergia a los esfuerzos.

**La integración de medidas políticas.** Es poco lo que se puede hacer con el MIP si no hay políticas apropiadas que apoyen su implementación, tanto a nivel institucional como gubernamental. La adopción de esta tecnología estará limitada siempre que los insecticidas sean promovidos como la única alternativa de manejo por políticas inapropiadas. En Perú existe una ley del MIP pero aún no se implementa apropiadamente en condiciones de campo. Por otro lado, no existe un control eficiente sobre la comercialización y uso de plaguicidas, lo cual agrava la situación.

### Conclusiones

Muchos proyectos de MIP han estado orientados a lograr la adopción de prácticas sin prestar mucha atención a los pasos previos. El MIP para ser ampliamente adoptado debe llegar primero a la mente de las personas. Los productores tienen que entender primero las bases o principios de la tecnología y luego cómo realizarla, para posteriormente decidir su adopción. Para lograr que esta tecnología sea aprendida, se requiere que la información llegue en forma adecuada y secuencial, de tal manera que interactúe sinérgicamente con el conocimiento campesino local y genere nuevo conoci-

miento válido (forme, modifique o refuerce el conocimiento existente), en lugar de generar confusión y conocimiento inapropiado. Para esto es fundamental entender cómo se interpreta la información sobre MIP. El conocimiento es un factor esencial para que el agricultor quiera y pueda adoptar prácticas de MIP; sin embargo, hay una serie de factores que también influyen y determinan el uso de una práctica, los cuales son específicos para cada comunidad, cada finca e incluso para cada parcela.

Es inapropiado hablar de transferir el MIP, ya que lo único que se puede transferir es información sobre el MIP; lo cual implica que esta tecnología no se transfiere sino se enseña. Por lo tanto, se debe prestar más atención al diseño de métodos que faciliten la interpretación correcta de la información y el aprendizaje de los agricultores, quienes son los que finalmente toman las decisiones. Integrar el conocimiento campesino con el conocimiento técnico es el principal nivel de integración para lograr la adopción del MIP. Sin embargo, también hay otros niveles de integración que son necesarios, como la integración de prácticas de control, del manejo del cultivo, de la comunidad, de las organizaciones y de las políticas.

### Literatura citada

- Alcázar, J; Catalán, W; Raman, KV; Cisneros, F; Torres, H; Ortiz, O. 1994. Control integrado del gorgojo de los Andes. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa.
- Altman, R; Collier, C. 1983. Pests, pesticides and pest management. *In* Horizons Diciembre. p. 29-34.
- Antholt, C. 1992. Relevancy, responsiveness and cost-effectiveness. Issues for agricultural extension in the 21st century. *Journal of Extension Systems* 8(2):1-36.
- Bentley, J. 1989. What farmers don't know can't help them: the strengths and weaknesses of indigenous technical knowledge in Honduras. *Agriculture and Human Values*. Summer 1989. p. 25-30.
- Chiri, A; Fano, H; Cama, F; Dale, W. 1996. Final evaluation of the integrated pest management for Andean communities (MIP-Andes) project. Lima, Perú, CARE.
- Cisneros, F; Alcázar, J; Palacios, M; Ortiz, O. 1995. A strategy for developing and implementing integrated pest management. *CIP Circular* 21(3):2-7.
- Malena, C. 1994. Gender Issues in Integrated Pest Management in African Agriculture. Socioeconomic Series 5. Natural Resources Institute.
- Malim, T. 1994. Cognitive processes. Attention, perception, memory, thinking and language. London, UK, Mac Millan.
- Nowak, P. 1992. Why farmers adopt production technology, *en* *Journal of Soil and Water Conservation* 47(1):14-16.
- Ortiz, O; Alcázar, J; Catalán, W; Villano, W; Cerna, V; Fano, H; Walker, T. 1996. Economic impact of IPM practices on the Andean potato weevil in Peru. *In* Case studies of the economic impact of CIP-related technology. Walker, T; Crissman, C. Ed. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa. p. 95-110
- Ortiz, O. 1997. The information system for IPM in subsistence potato production in Peru: experience of introducing innovative information in Cajamarca Province. Tesis Ph.D. Reino Unido, University of Reading. 367 p.
- Ortiz, O; Alcázar, J; Palacios, M. 1997. La enseñanza del manejo integrado de plagas en el cultivo de la papa: la experiencia del CIP en la Zona andina del Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa* (Perú) 9/10:1-22.
- Ortiz, O. 1999. Understanding interactions between indigenous knowledge and scientific information. *Indigenous Knowledge Development Monitor* 7(3):7-10.
- Pimbert, M. 1991. Designing Integrated Pest Management for sustainable and productive futures. International Institute for Environment and Development. Gatekeeper Series N.A. 29. UK.
- Quispe, V; Catalán, W; Vallenás, J. 1999. Recojo manual del gorgojo de los Andes en Chinchero, ¿una alternativa viable?. Cusco, Perú, Asociación Arariwa, Centro Internacional de la Papa, Inter-American Foundation. p 98-101.
- Rogers, EM. 1995. Diffusion of innovations. 4 ed. New York, Free Press. 519 p.
- Röling, N. 1988. Extension science. Information systems in agricultural development. Cambridge University Press. UK.
- Röling, N. 1990. The Agricultural research-technology transfer interfaces. A knowledge systems perspective. *In* Making the link. Agricultural research and technology transfer in developing countries. Kaimowitz, D. Ed. Westview, USA. p. 1-41.
- Röling, N; Van de Fliert, E. 1994. Transforming extension for sustainable agriculture. The case of integrated pest management in rice in Indonesia. *Agriculture and Human Values*. 11(2-3): 96-108.
- Sekuler, R; Blake, R. 1985. Perception. Alfred A. Knopf. New York, USA.
- Sherwood, S; Ortiz, O. 1999. Introducción. *In* Herramientas de aprendizaje para facilitadores. Manejo integrado del cultivo de la papa. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias y Centro Internacional de la Papa. p 15-20.
- Wilson, T. 1987. Trends and issues in information science - a general survey. *In* Media, knowledge, and power. Barret, B; Brahand, P. Eds. London, UK, Open University. Set Book. p. 407-422.
- Winters, P; Fano, H. 1997. The economics of biological control in peruvian potato production. Centro Internacional de la Papa. Departamento de Ciencias Sociales. Documento de Trabajo N°1997-7. 33 p.
- Zijp, W. 1994. Improving the transfer and use of agricultural information. A guide to information technology. World Bank Discussion Paper No 247. Washington DC, The World Bank.

# Combate de *Fusarium thapsinum* y *Claviceps africana* mediante semillas de sorgo tratadas con productos naturales

Roberto Montes Belmont<sup>1</sup>  
Hilda Elizabet Flores Moctezuma<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Se evaluó el efecto del bicarbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), extractos acuosos, etanólicos, polvos y aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*, Lauraceae), clavo (*Syzygium aromaticum*, Myrtaceae), epazote (*Teloxys ambrosioides*, Chenopodiaceae), orégano (*Origanum vulgare*, Lamiaceae) y tomillo (*Thymus vulgaris*, Lamiaceae), solos y combinados entre sí, así como de los aceites esenciales de yerbabuena (*Mentha x piperita* L., Lamiaceae) y ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae) sobre dos patógenos del sorgo: *Claviceps africana* y *Fusarium thapsinum*. Esto se hizo tanto sobre su desarrollo micelial *in vitro* como *in vivo*, tratando semillas contaminadas con uno u otro hongo. La dosis letal mínima (Dlm) de los extractos acuosos *in vitro* varió de 1 - 6% para *C. africana* con los extractos de clavo, canela, epazote y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , mientras que para *F. thapsinum* únicamente se determinó una Dlm para el clavo al 6%; los otros extractos no retrasaron el crecimiento de las colonias de los hongos o no mostraron ningún efecto sobre éstos. En la evaluación *in vivo* el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , los extractos acuosos, etanólicos y polvos solo tuvieron un efecto fungistático pero después de 2 o 3 días los hongos recuperaron su capacidad de crecimiento. Todos los aceites tuvieron un efecto fungicida, al igual que la combinación de los aceites de canela y clavo a dosis inferiores a su Dlm. Únicamente el aceite de tomillo no afectó la germinación de las semillas ni la altura de las plántulas de sorgo, y el resto de los aceites tuvo efecto fitotóxico.

**Palabras clave:** *Claviceps africana*, *Fusarium thapsinum*, Sorgo, Semillas, Patógenos, Extractos vegetales, Polvos vegetales, Aceites esenciales.

**ABSTRACT.** Sorghum seeds treated with natural products for the control of *Fusarium thapsinum* and *Claviceps africana*. The effect of sodium bicarbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), aqueous and ethanol extracts, powders and essential oils of: cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*), clove (*Syzygium aromaticum*), Mexican tea (*Teloxys ambrosioides*), oregano (*Origanum vulgare*) and thyme (*Thymus vulgaris*), singly and in combination, as well as of the essential oils of yerbabuena (*Mentha x piperita* L., Lamiaceae) and rue (*Route chalepensis*, Rutaceae) on two pathogens *C. africana* and *F. thapsinum*, of sorghum was evaluated. The effects on mycelial growth were determined *in vitro* and *in vivo* on seeds contaminated with one or other of the fungi. The minimum lethal doses (Mld) for the aqueous extracts *in vitro* ranged from 1 to 6% in *C. africana* with cinnamon, clove, Mexican tea and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , whilst for *F. thapsinum* only clove had a Mld in 6%. The other extracts did not delay colony growth of the fungi and showed no effect on them. In *in vivo* tests,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , aqueous and ethanol extracts and powders were found to have a fungistatic effect but after 2 or 3 days the fungi recuperated their capacity for growth. All the essential oils and the combination of clove with cinnamon had a fungicidal effect with doses less than their Mld. Only thyme essential oil did not affect either seed germination or sorghum seedling height. The rest of the oils were phytotoxic.

**Key words:** *Claviceps africana*, *Fusarium thapsinum*, Sorghum, Seeds, Pathogens, Plant extracts, Powders, Essential oils.

<sup>1</sup> Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México. rbelmont@redipn.ipn.mx

## Introducción

En la producción de semillas de híbridos de sorgo las empresas productoras utilizan, como parte de su tecnología de producción, el tratamiento con fungicidas como captan y thiram para evitar problemas de germinación, así como para disminuir la incidencia del ahogamiento de plántulas ocasionadas por hongos como *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Phoma* spp. (Odvody y Forbes 1992, Fredericksen y Odvody 2000). Desde la aparición del ergot del sorgo *Claviceps africana* Fredericksen, Mantle y de Millano en el Continente Americano en 1995 (Ries *et al.* 1996), se ha estipulado también la necesidad de estrictas medidas fitosanitarias que incluyan el tratamiento de semillas con fungicidas durante el intercambio de material genético entre países (Bandyopadhyay *et al.* 1998) y en regiones de un mismo país. En los últimos años se ha cuestionado la eficacia de esta medida fitosanitaria para el maíz debido a que en la región media occidental de Estados Unidos se han detectado incidencias de ahogamiento de plántulas cercanas al 35% (McGee 1998, Mao *et al.* 1997). En sorgo también se ha informado de la ineficacia de los fungicidas thiram y captan para controlar enfermedades de plántulas (Fredericksen y Odvody 2000). En 1998 se constató en los municipios de Yautepec y Jonacatepec del estado de Morelos (parte central de México con clima subtropical), incidencias de entre 70 y 90% de pudriciones de raíces en plántulas de híbridos de sorgo Pioneer 8418, tratadas con captan, (datos sin publicar). De éstas se hicieron aislamientos resultando como especie predominante *Fusarium thapsinum* Klittich, Leslie, Nelson et Manasas, con un 83% de frecuencia, y el 17% restante correspondió a *Fusarium graminearum* Schwabe y a otra especie no identificada. Esto mostró que a pesar de que el porcentaje de germinación era cercano al 95%, la protección postemergente era muy pobre.

Otro factor importante en este problema es la creciente presión de organismos no gubernamentales de carácter ecologista y de algunas instituciones gubernamentales, especialmente en países desarrollados, para evitar el uso de fungicidas sintéticos y consecuentemente el desarrollo de razas de patógenos resistentes y el potencial efecto carcinógeno de algunos de estos productos (Zaki *et al.* 1997, Wilson y Wisniewsky 1992). Una opción para el control de patógenos de semillas ha sido el uso de microorganismos benéficos, tanto bacterias como hongos antagónicos aplicados a las semillas (Harman 1991); sin embargo,

su uso ha sido limitado porque su eficacia es disminuida por factores ambientales. Otra opción potencial son los productos naturales derivados de plantas con propiedades antifúngicas que han dado resultados contra *Aspergillus flavus* en semillas de maíz (Montes y Carvajal 1998). En estudios *in vitro* con *Fusarium moniliforme* se ha encontrado que los polvos de *Amphipteridium adstringens*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Piper nigrum*, *Cestrum nocturnum* y *Haematoxylon brasiletto* retrasan el crecimiento micelial y afectan la esporulación (Bravo *et al.* 2000). También se ha demostrado el efecto fungicida de aceites esenciales vegetales sobre este hongo (Bravo *et al.* 1998). En este trabajo se evaluó el efecto de extractos acuosos, etanólicos, polvos y aceites esenciales de origen vegetal, así como el bicarbonato de sodio, en forma individual y combinaciones de los tratamientos que lograron mejores resultados; tanto sobre el desarrollo micelial *in vitro*, como para el control de *F. thapsinum* y *C. africana* en semillas de sorgo, con base en experiencias previas de este tipo de productos con varios hongos fitopatógenos (Horst *et al.* 1992, Wilson 1997, Montes *et al.* 1997).

## Materiales y métodos

**Hongos y semillas utilizadas:** En la comunidad de Tlayca, Jonacatepec, Morelos, México se recolectaron panojas de sorgo con síntomas de moho de los granos y panojas con granos infectados con ergot. De cada enfermedad se hicieron aislamientos en el laboratorio a partir de granos enfermos usando como medio de cultivo papa-dextrosa -agar (PDA). Se obtuvieron cepas de *Sphacelia sorghi* (anamorfo de *C. africana*) y *F. thapsinum*. Se seleccionó una cepa de cada especie y se cultivaron en medio PDA, manteniendo los cultivos bajo refrigeración para su conservación.

Se separaron dos muestras de 1 kg de semillas del híbrido Pioneer 8418, una de semillas maduras con síntomas de moho de los granos y otra con semillas inmaduras con glumas contaminadas con secreciones de *S. sorghi* y esfacelios del hongo, para su utilización en el tratamiento de semillas.

**Productos naturales:** Se utilizó corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blum., Lauraceae), brotes florales de clavo (*Syzygium aromaticum* Merr. Perry, Myrtaceae), hojas, tallos e inflorescencias de epazote (*Teloxys ambrosioides* Weber, Chenopodiaceae), de orégano (*Origanum vulgare* L., Lamiaceae) y de tomi-

llo (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae). El epazote fue obtenido en fresco y secado a la sombra, las otras plantas se adquirieron secas. Todos los materiales fueron pulverizados en una picadora de vegetales (Moulimex) y después cernidos con un tamiz de 100 mallas/pulg<sup>2</sup>.

Los aceites esenciales concentrados de tomillo, canela, clavo, epazote, yerbabuena (*Mentha x piperita* L., Lamiaceae) y ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae) se obtuvieron de la empresa Esencias y Aceites S. A. (México D. F.); el bicarbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) usado fue un producto farmacéutico de grado alimenticio.

**Determinación de la dosis letal mínima de extractos acuosos.** Se determinó la dosis letal mínima inhibitoria (Dlm) de cada especie vegetal en forma de extracto acuoso incluyendo  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , en medio de cultivo sobre *S. sorghi* y *F. thapsinum*. Cada extracto se preparó agregando 20 g de polvo en 100 ml de agua destilada, dejando en reposo durante 12 h; después se filtró la suspensión con papel Whatman No. 1. La solución filtrada se evaporó en cápsulas de porcelana en baño María hasta obtener 20 ml para tener una concentración estandarizada que contenía 1 g/ml de material seco. Del extracto resultante se agregó al medio de cultivo (PDA) la cantidad necesaria para tener concentraciones de 10; 8; 6; 4; 3,5; 1,5; 1 y 0,5%. Posteriormente, todos los medios de cultivo con extracto y sin éste se esterilizaron en autoclave a 15 lb de presión durante 15 min. Cada medio de cultivo conteniendo extracto fue colocado en cajas de Petri (4 /concentración/hongo) y en cada caja se inocularon en la parte central un disco de medio de cultivo con cada uno de los hongos de prueba. Todas las cajas se incubaron a temperatura ambiente (23-25 °C en promedio diario) y a los 5 días se les determinó su efecto sobre el crecimiento del micelio comparando con el respectivo testigo. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y Prueba de Tukey.

**Efecto sinérgico de extractos acuosos.** Usando dosis menores a la Dlm de cada especie vegetal (0,5% para clavo de olor, 3,5% para canela y epazote y 3,0%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) se hicieron combinaciones de los cuatro mejores productos para *S. sorghi*, siguiendo el procedimiento de preparación y evaluación descrito para la determinación de la Dlm. Después de cuatro días de incubación se midió el diámetro de las colonias de los hongos, en los tratamientos que mostraban crecimen-

to. Se consideró sinergismo cuando la combinación de dos dosis menores a la Dlm ejercieron un efecto fungicida. Al igual que la prueba anterior, los datos fueron sometidos a análisis de varianza y Prueba de Tukey.

**Tratamiento de semillas con productos naturales.** Con base en los resultados de las Dlm y al efecto sinérgico con extractos acuosos, se establecieron lotes experimentales para el tratamiento de semillas visiblemente infectadas con *C. africana* o *F. thapsinum*. Se probaron extractos acuosos, etanólicos, polvos y aceites esenciales. Los extractos acuosos y etanólicos se prepararon agregando 10 g de polvo en 100 ml de solvente. Los aceites se evaluaron en concentraciones de 100, 50, 25, 10, 5 y 1 % usando como solvente etanol-agua en una relación 1:1. Todos los extractos se prepararon 18 h antes de su uso y se filtraron con papel Whatman No. 1. Se incluyeron también las mejores combinaciones de la prueba anterior, más las combinaciones de los mejores aceites esenciales, en este último caso sólo se evaluó para el control de *F. thapsinum*. En cada una de las soluciones filtradas se colocaron 100 semillas infectadas por cada hongo y se dejaron en agitación constante durante 30 min. Después las semillas se retiraron de la solución y se colocaron en toallas de papel por 30 min y finalmente se sembraron 25 de ellas por caja de PDA previamente preparadas (4 cajas/tratamiento). En el caso de los polvos, las semillas fueron remojadas previamente en agua destilada durante 10 min y posteriormente se espolvorearon con el polvo cubriendo totalmente la superficie con el producto; luego se sembraron como los demás tratamientos. Todas las cajas se incubaron a temperatura ambiente y diariamente, durante cuatro días, se determinó el número de semillas con crecimiento micelial. Los datos obtenidos para este tipo de pruebas fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey.

**Efecto de aceites esenciales en la emergencia y el desarrollo de plántulas de sorgo.** Se recolectaron 100 kg de suelo infestado en forma natural con *F. thapsinum*, la mitad del suelo se esterilizó en una autoclave a 15 lb de presión por 2 h. Posteriormente, el suelo esterilizado y no esterilizado se depositó en macetas de plástico de 500 g de capacidad en un invernadero. Se seleccionaron 200 semillas de sorgo del híbrido Pioneer 8418 para cada uno de los aceites esenciales a evaluar: tomillo, canela, clavo, epazote, yerbabuena y ruda. Los

tratamientos consistieron en la inmersión de las semillas en soluciones del aceite al 10 % (usando como solvente etanol), durante 30 min. Después se retiraron de la solución, se dejaron secar durante 30 min en toallas de papel y se sembraron 5 semillas por maceta. En total se sembraron 100 semillas por cada tratamiento de aceite en suelo estéril y 100 por tratamiento de aceite en suelo sin tratar. El total de tratamientos fueron arreglados en un diseño de parcelas subdivididas, siendo las parcelas grandes suelo infestado y suelo estéril; con cinco repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue de cuatro macetas. Diariamente, a partir del tercer día después de la siembra, se registró el número de plántulas emergidas en cada maceta. A los 10 días de emergida cada plántula se registró su altura en cm. También se registró el porcentaje de superficie radical con síntomas del hongo en cada planta. Los datos fueron procesados para análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey.

## Resultados y discusión

**Determinación de la dosis letal mínima de extractos acuosos.** La respuesta de los extractos fue variable entre plantas y dosis para cada hongo (Cuadro 1). Los hongos en PDA sólo crecieron sobre toda la superficie del medio en un diámetro de 10 cm. *S. sorghi* en general, fue más susceptible a los extractos y en el caso de *F. thapsinum*, de las Dlm evaluadas, sólo el clavo tuvo efecto fungicida. Para *S. sorghi* la menor Dlm se obtuvo con el clavo en una concentración de 1%,

también se determinó efecto con canela, epazote y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; el orégano y el tomillo sólo retrasaron el crecimiento del micelio (fungistasis) en la máxima concentración. Estos resultados amplían el conocimiento del espectro de acción del clavo, la canela, el epazote y el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , de los cuales se conoce acción sobre diversos hongos fitopatógenos pertenecientes a los grupos Deuteromycetes, Ascomycetes y Basidiomycetes (Montes 1996, Smilanick *et al.* 1999). La acción fungicida de los extractos, a pesar de la esterilización a que son sometidos, demuestra que sus principios activos no son termolábiles, al menos dentro de las temperaturas alcanzadas en esta evaluación.

### Efecto sinérgico de extractos acuosos sobre *S. sorghi*.

De las combinaciones de los cuatro productos que dieron resultados en la Dlm (clavo, canela, epazote y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sólo dos combinaciones, clavo-epazote y canela epazote, no tuvieron efecto fungicida a las dosis probadas (Cuadro 2), lo que evidencia su carácter incompatible. El  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en cualquiera de sus combinaciones se comportó como sinérgico. Estos resultados confirman lo determinado en una evaluación con semillas de maíz para prevenir la contaminación con *Aspergillus flavus*, en la cual la combinación de la canela con el clavo produjo un efecto sinérgico (Montes y Carvajal 1998). Este potencial sinérgico es considerado como la mejor alternativa para prevenir los problemas de resistencia que podrían presentarse con el uso de las plantas antifúngicas, debido a que las com-

**Cuadro 1.** Efecto de diferentes concentraciones de extractos acuosos sobre el desarrollo micelial\* de *S. sorghi* y *F. thapsinum*.

| Extracto                 | Patógeno            | Concentración de los extractos en el medio de cultivo (%) |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          |                     | 10  | 8     | 6     | 4     | 3,5   | 1,5   | 1     | 0,5   |
| Clavo                    | <i>S. sorghi</i>    | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 4,0 b |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 4,1 b | 9,2 c | 9,2 c | 9,1 c | 9,6 c |
| Canela                   | <i>S. sorghi</i>    | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 5,3 b | 9,3 c | 9,5 c | 9,8 c |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 5,4 b   | 5,3 b | 9,0 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
| Epazote                  | <i>S. sorghi</i>    | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 3,4 b | 8,3 c | 7,8 c | 9,2 c |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 5,1 b   | 8,7 c | 9,5 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
| Orégano                  | <i>S. sorghi</i>    | 5,3 b   | 9,1 c | 8,9 c | 9,4 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
| Tomillo                  | <i>S. sorghi</i>    | 5,1 b   | 9,2 c | 9,6 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 5,0 b   | 9,4 c | 9,9 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | <i>S. sorghi</i>    | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 0 a   | 5,8 b | 6,1 b | 10 c  | 10 c  |
|                          | <i>F. thapsinum</i> | 3,3 b   | 3,6 b | 9,0 c | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  | 10 c  |

\* Diámetro de las colonias en cm.

Valores seguidos de la misma letra en cada fila no difieren entre sí. (Tukey 0,05).

binaciones de productos diversifican los principios activos, y por tanto, los hongos requieren un mayor número y combinación de mutaciones para evitar la acción de estos productos (Wilson *et al.* 1999).

**Cuadro 2 .** Efecto sinérgico de extractos combinados entre sí a dosis inferiores a la mínima letal sobre *S. sorghi*.

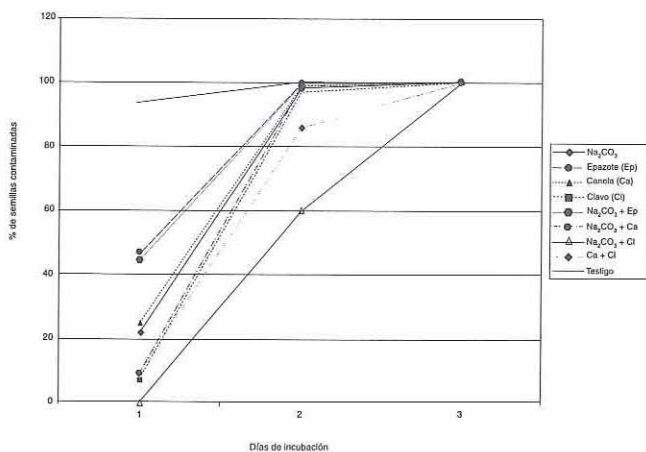
| Combinación de extractos acuosos                       | Crecimiento micelial* (cm) |
|--|----------------------------|
| Clavo (0,5 %)-Canela (3,5 %)                           | 0 a                        |
| Clavo (0,5 %)-Epazote (3,5 %)                          | 7,3 b                      |
| Clavo (0,5 %)- Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (3 %)   | 0 a                        |
| Canela (3,5 %)-Epazote (3,5 %)                         | 5,5 b                      |
| Canela (3,5)- Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (3 %)    | 0 a                        |
| Epazote (3,5 %)- Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (3 %) | 0 a                        |
| Testigo sin extractos                                  | 10 b                       |

\*Diámetro de las colonias en cm.

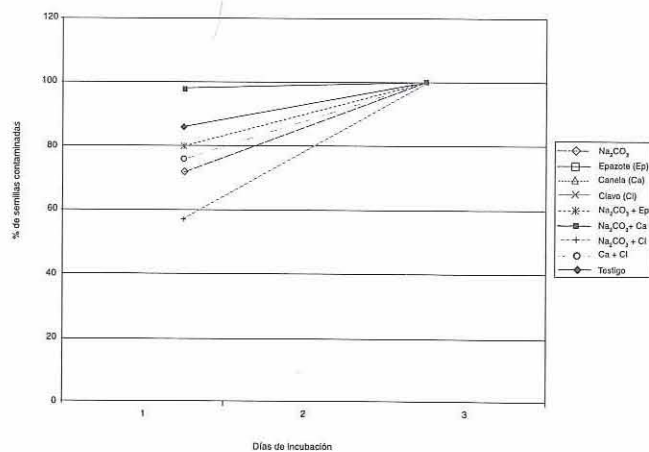
Valores seguidos de la misma letra, no difieren entre sí (Prueba de Tukey 0,05)

### Tratamiento de semillas con productos naturales.

**Extractos acuosos.** En el caso de *C. africana* (Fig. 1) en la mayoría de los tratamientos se obtuvo una notable disminución en la contaminación de las semillas en el primer día de incubación, pero a las 48 h desapareció el efecto, excepto para la combinación del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> con el clavo, que redujo la contaminación significativamente (40%); a las 72 h ningún tratamiento permanecía libre de contaminación de sus semillas. Con *F. thapsinum* (Fig. 2) sólo la combinación del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> con el clavo tuvo efecto fungistático durante las primeras 24 h y posteriormente perdió el efecto, ninguno de los demás tratamientos redujo la contaminación



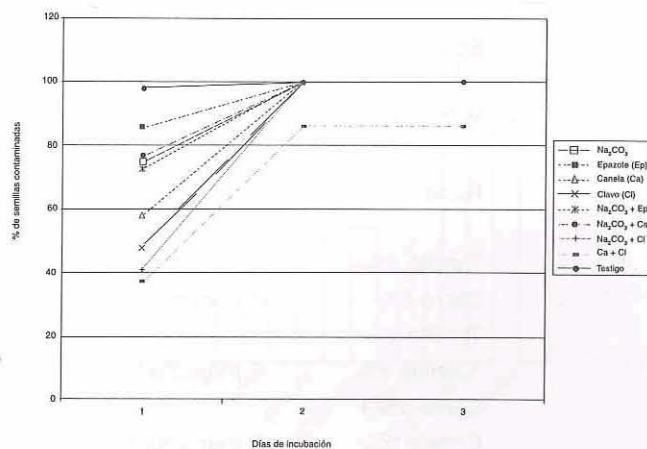
**Figura 1.** Efecto de extractos acuosos sobre el porcentaje de semillas contaminadas con *C. africana*.



**Figura 2.** Efecto de extractos acuosos sobre el porcentaje de semillas contaminadas con *F. thapsinum*.

significativamente. La corta duración de la acción se explica por la inestabilidad de los principios activos, debida en unos casos al carácter volátil (Domínguez 1978), así como a que el pericarpio de las semillas no permite su penetración en el embrión, sitio en donde permanece el hongo, pero que después de un tiempo crece hacia el exterior de las semillas (Williams y McDonald 1983), cuando la concentración del extracto disminuye al diluirse por el agar circundante.

**Extractos etanólicos.** Tanto en *C. africana* (Fig. 3) como en *F. thapsinum* (Fig. 4) se presentó una situación similar de efecto fungistático a las 24 h en los tratamientos de clavo, canela y las combinaciones de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> con clavo y canela con clavo. Al segundo día ningún extracto fue diferente al testigo. La similitud de los resultados con los extractos acuosos, se debe a que ambos tipos de solventes tienen una polaridad que no difiere notablemente porque los principios activos que se liberan no



**Figura 3.** Efecto de extractos etanólicos sobre el porcentaje de semillas contaminadas con *C. africana*.

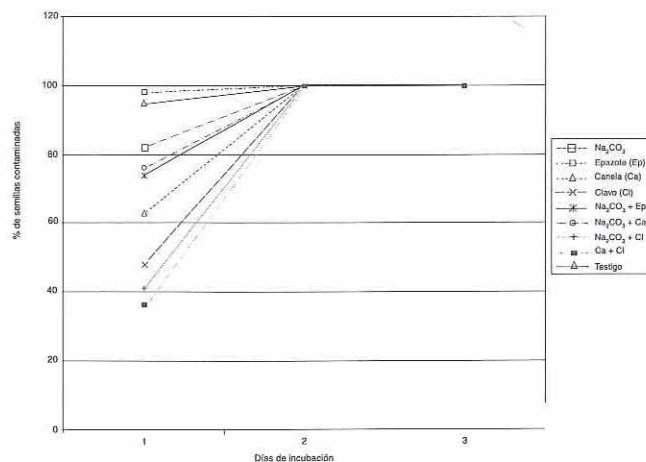


Figura 4. Efecto de extractos etanólicos sobre el % de semillas contaminadas con *F. thapsinum*.

son muy diferentes cualitativamente y por tanto, su acción sobre los hongos es similar (Valencia 1995).

**Polvos.** En *C. africana* (Fig. 5) durante el primer día hubo una reducción de 100% de la contaminación en los tratamientos de aceites de clavo, canela y las combinaciones de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  con clavo y de canela con clavo. El segundo día sólo el clavo mantuvo ese grado de eficacia y los otros tratamientos comenzaron a tener

contaminación con hongos de los géneros *Rhizopus* y *Fusarium*, sin aparente presencia de *S. sorghi*; el mismo problema se presentó con el clavo al tercer día. Con *F. thapsinum*, sólo la combinación de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  con el clavo mantuvo una eficacia de 100% a las 24 h, pero a las 48 h se redujo a 60% y desapareció totalmente a las 72 h (Fig. 6). Estos resultados confirman lo discutido para los extractos acuosos, de que estas formulaciones no son estables en su acción debido a la disminución de la concentración en el tiempo por la dilución de los principios activos en el agar, o bien que sólo son capaces de detener temporalmente el crecimiento del hongo y finalmente éste es capaz de desactivar los mecanismos inhibitorios por reacciones bioquímicas (Akgul *et al.* 1991).

**Aceites esenciales y sus combinaciones.** Con excepción del de ruda, todos los aceites esenciales tuvieron efecto fungicida en por lo menos dos de las concentraciones probadas (Cuadro 3) porque después de 7 días de incubación no existía ningún signo de crecimiento de *C. africana* o *F. thapsinum*. *C. africana* fue más sensible a los aceites esenciales porque el efecto se presentó en concentraciones menores que *F. thapsinum*; los aceites

Cuadro 3. Efecto fungicida de aceites esenciales de seis especies vegetales y tres combinaciones sobre *C. africana* y *F. thapsinum* a diferentes concentraciones.

| Aceite      | Patógenos           | Concentración del aceite (%) |    |    |    |   |   |
|-------------|---------------------|------------------------------|----|----|----|---|---|
|             |                     | 100                          | 50 | 25 | 10 | 5 | 1 |
| Tomillo     | <i>C. africana</i>  | +                            | +  | +  | +  | - | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | +*                           | +  | +  | +  | - | - |
| Canela      | <i>C. africana</i>  | +                            | +  | +  | +  | + | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | +                            | +  | +  | +  | - | - |
| Clavo       | <i>C. africana</i>  | +                            | +  | +  | +  | + | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | +                            | +  | +  | +  | - | - |
| Epazote     | <i>C. africana</i>  | +                            | +  | +  | -  | - | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | +                            | +  | -  | -  | - | - |
| Yerbabuena  | <i>C. africana</i>  | +                            | +  | +  | +  | - | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | +                            | +  | +  | -  | - | - |
| Ruda        | <i>C. africana</i>  | -                            | -  | -  | -  | - | - |
|             | <i>F. thapsinum</i> | -                            | -  | -  | -  | - | - |
| Tomillo 5%+ |                     |                              |    |    |    |   |   |
| Clavo 5%    | <i>F. thapsinum</i> |                              |    |    |    | - |   |
| Tomillo 5%+ |                     |                              |    |    |    |   |   |
| Canela 5%   | <i>F. thapsinum</i> |                              |    |    |    | - |   |
| Clavo 5% +  |                     |                              |    |    |    |   |   |
| Canela 5%   | <i>F. thapsinum</i> |                              |    |    |    | + |   |

+ con efecto fungicida; -sin efecto fungicida



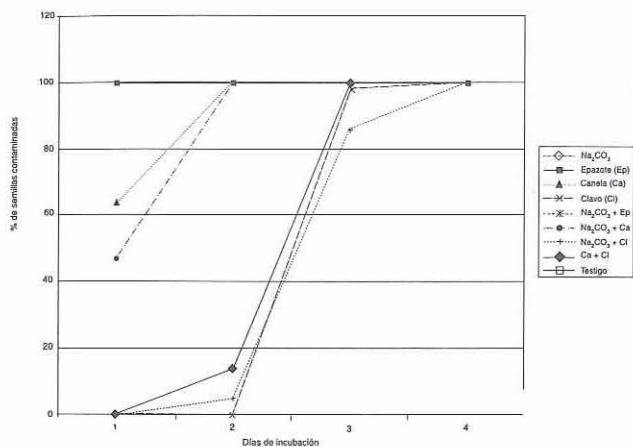


Figura 5. Efecto de polvos sobre el porcentaje de semillas contaminadas con *C. africana*.

de epazote y yerbabuena fueron los que requirieron mayores concentraciones para ser eficaces contra ambos hongos. De las combinaciones sólo la de canela con clavo fue eficaz contra *F. thapsinum*, lo que confirma el efecto sinérgico encontrado contra *Aspergillus flavus* con esta misma combinación (Montes y Carvajal 1998); las otras combinaciones resultaron incompatibles, lo

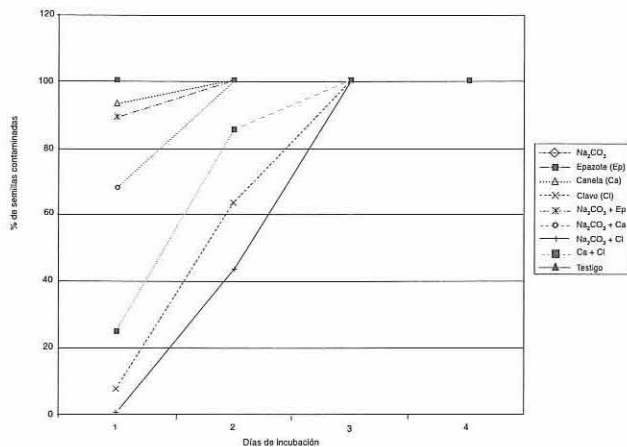


Figura 6. Efecto de polvos sobre el porcentaje de semillas contaminadas con *F. thapsinum*.

que se evidenció al perderse el efecto de los principios activos que tienen los aceites por separado.

**Efecto de aceites esenciales en la emergencia y el desarrollo de plántulas de sorgo.** En cuanto al porcentaje de plántulas emergidas sólo el tomillo y el clavo tuvieron un comportamiento estadísticamente igual al testigo (Fig. 7) y el resto de los tratamientos no evitaron la reducción significativa de la germinación de las semillas ( $\leq 0,05$ ); sin embargo, en cuanto a la altura el clavo y

los demás aceites esenciales la redujeron significativamente; sólo el tomillo tuvo un comportamiento similar al testigo (Fig. 8). Este evidente efecto fitotóxico que afectó tanto la germinación como el desarrollo de las plantas se explica porque los aceites esenciales son un complejo de sustancias químicas entre las que se inclu-

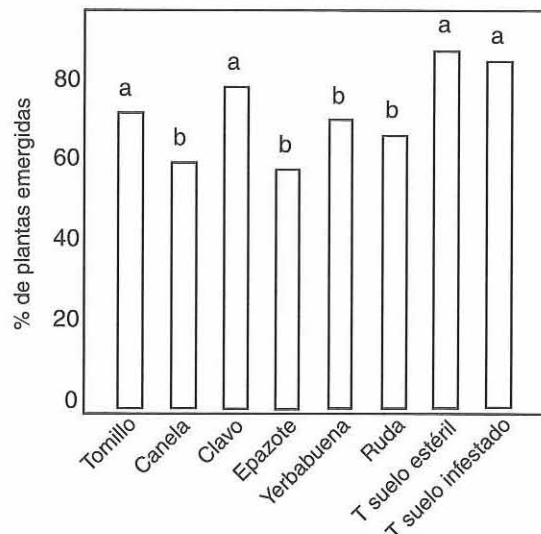


Figura 7. Efecto de aceites esenciales en el porcentaje de emergencia de plántulas de sorgo.

yen componentes oxigenados como cetonas, fenoles y óxidos además de componentes nitrogenados y azufrados algunos de los cuales podrían ser responsables de este efecto fitotóxico (Heath 1978). No se descarta la posibilidad de que una formulación especial podrían evitar este problema, como sucede con los aceites de uso agrícola usados para enfermedades foliares (Wellman 1977). En cuanto a la sanidad de las raíces, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, fluctuando los porcentajes de raíces infectadas desde 1,5

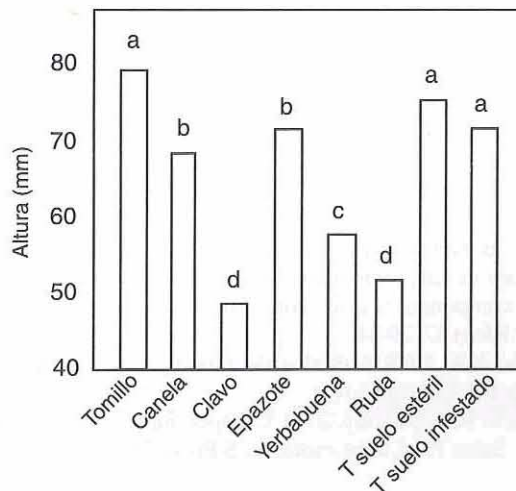


Figura 8. Efecto de aceites esenciales en la altura de plántulas de sorgo.

hasta 3,8%, lo cual pudo deberse a una baja población del hongo en el sitio en donde se recolectó el suelo.

Es necesario investigar la respuesta de diferentes tipos de semillas, tanto de granos básicos como hortalizas a los aceites esenciales probados, además de probar otros aceites esenciales como el de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) que tiene un amplio espectro de acción (Maruzzella y Balter 1959). Otra posibilidad para evaluar es la aplicación de estos aceites directamente al suelo para el control de hongos habitantes de este medio (Bowers y Locke 2000).

## Conclusiones

Existe una mayor susceptibilidad de *C. africana* a los productos naturales en comparación a *F. thapsinum*. De los tratamientos evaluados, únicamente los aceites esenciales vegetales tuvieron un efecto fungicida destacando los de clavo, canela y tomillo por actuar a menores concentraciones. Las combinaciones de extractos acuosos de clavo, canela y epazote con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y la de clavo con canela tienen efecto sinérgico *in vitro* y sólo la de clavo y canela mantienen su efecto *in vivo*. Con excepción del de tomillo, todos los aceites esenciales tuvieron efecto fitotóxico. Los aceites esenciales son productos naturales con posibilidades para su uso en el tratamiento de semillas para el combate de hongos fitopatógenos.

## Literatura citada

- Akgul, A; Kivanc, M; Sert, S. 1991. Effect of carvacrol on growth and toxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Sciences des Aliments* 11: 361-370.
- Bandyopadhyay, R; Frederiksen, DE; McLaren, NW; Odvody, GN; Ryley, MJ. 1998. Ergot: A new threat to sorghum in the Americas and Australia. *Plant Disease* 82: 356-367.
- Bowers, JH; Locke, JC. 2000. Effect of botanical extracts on the population density of *Fusarium oxysporum* in soil and control of *Fusarium* wilt in the greenhouse. *Plant Disease* 84: 300-305.
- Bravo, LL; Bermúdez, TK; Montes, BR. 1998. Inhibición del crecimiento micelial y esporulación de *Fusarium moniliforme* Sheld., mediante aceites esenciales vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 16: 18-23.
- Bravo, LL; Bermúdez, TK; Montes, BR. 2000. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 57: 29-34.
- Domínguez, XA. 1978. Métodos de investigación fitoquímica. México, Ed. Limusa. 204 p.
- Frederiksen, RA; Odvody. 2000. Compendium of sorghum diseases. Saint Paul, Minnesota, APS Press. 78 p.
- Harman, GE. 1991. Seed treatments for biological control of plant disease. *Crop Protection* 10: 166-171.
- Heath, HB. 1978. Flavor technology: profiles, products applications. Avi Publishing Inc. Westport Connecticut, USA. 542 p.
- Horst, RK; Kawamoto, SO; Porter, LL. 1992. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease* 76: 247-251.
- Mao, W; Lewis, JA; Hebbar, PK; Lumsden, RD. 1997. Seed treatment with a fungal or a bacterial antagonist for reducing corn damping off caused by species of *Pythium* and *Fusarium*. *Plant Disease* 81: 450-454.
- Maruzzella, JC; Balter, J. 1959. The action of essential oils on phytopathogenic fungi. *Plant Disease Reporter* 43: 1143-1147.
- McGee, DC. 1998. Maize Diseases. A reference source of seed technologist. Part 3. Diseases that are not seedborne or seed transmitted. Saint Paul, Minnesota, APS Press. p 100-103.
- Montes, BR. 1996. Productos naturales de origen vegetal para el combate de fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 14: 9-14.
- Montes, BR; Carvajal, M; Figueroa, R; Méndez, I. 1997. Extractos sólidos acuosos y hexánicos de plantas para el combate de *Aspergillus flavus* Link. en maíz. *Revista Mexicana de Fitopatología* 15: 26-30.
- Montes, BR; Carvajal, M. 1998. Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oils and their components. *Journal of Food Protection* 61: 616-619.
- Odvody, GN; Forbes, G. 1992. *Pythium* root and seedling rots. In Mughogho, LK. Ed. Sorghum root and stalk rots: A critical review. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p 31-35.
- Ries, EM; Mantle, PG; Hassan, HAG. 1996. First report in the Americas of sorghum ergot disease, caused by a pathogen diagnosed as *Claviceps africana*. *Plant Disease* 80: 463-469.
- Smilanick, JL; Margosan, DA; Mhikota, F; Usallo, J; Michael, IF. 1999. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. *Plant Disease* 83: 139-145.
- Valencia, OC. 1995. Fundamentos de Fitoquímica. México, Trillas. 235 p.
- Wellman, RH. 1977. Problems in development, registration and use of fungicides. *Annual Review of Phytopathology* 15: 153-163.
- Williams, RJ; MacDonald, D. 1983. Grain molds in the tropics: problems and importance. *Annual Review of Phytopathology* 21: 153-178.
- Wilson, CL; Wisniewski, ME. 1992. Future alternatives to synthetic fungicides for control of postharvest diseases. In Tjamos, ET. Ed. Biological control of plant diseases. New York, Plenum Press. p. 133-138.
- Wilson, CL. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81:204-210.
- Wilson, CL; El Ghaouth, A; Wisniewski, ME. 1999. Prospecting in Nature's Storehouse for Biopesticides. *Revista Mexicana de Fitopatología* 17: 49-53.
- Zaki, K; Misaghi, IJ; Heydari, A. 1997. Control of cotton seedling damping off in the field by *Burkholderia (Pseudomonas) cepacia*. *Plant Disease* 82: 291-293.

51

## Eficácia de *Beauveria bassiana*, imidacloprid e thiacloprid no controle de *Bemisia tabaci* e na incidência do BGMV

Sérgio B. Alves<sup>1</sup>  
C.A. Silveira<sup>2</sup>  
Rogério B. Lopes<sup>1</sup>  
Marco Antonio Tamai<sup>1</sup>  
Elizabeth Q. Ramos<sup>1</sup>  
Sérgio de Salvo<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Se evaluó la eficiencia de *Beauveria bassiana* (cepa PL63) asociada o no con los insecticidas Calypso 480SC (thiacloprid), Gaucho 700 PM y Provado 200 SC (imidacloprid), para el control de *Bemisia tabaci* (biotipo B) y la incidencia del *Virus del mosaico dorado del frijol* (BGMV) en condiciones de invernadero y de campo. En el experimento de invernadero, las aplicaciones de *B. bassiana*, Calypso, y el hongo asociado con este insecticida sintético causaron mortalidades entre 57 a 87%. Bajo condiciones de campo, los tratamientos redujeron de 71 a 85% la incidencia de la enfermedad viral en las plantas, con respecto a las áreas no tratadas. El tratamiento Gaucho + Provado mostró el promedio más bajo, con 4 ninfas/hoja, mientras que en las áreas no tratadas la infestación fue de 54 ninfas/hoja. Cuando se aplicaron individualmente los insecticidas Calypso y Gaucho y *B. bassiana* no difirieron estadísticamente ( $P < 0,05$ ) en la reducción de las poblaciones de las ninfas (66-87%) y el porcentaje de plantas con el BGMV (71-77%). El uso de *B. bassiana* asociado con insecticidas es una estrategia importante para la prevención del desarrollo de la resistencia de la población de *B. bassiana* a estos insecticidas.

**Palabras clave:** Frijol, *Bemisia tabaci*, *Beauveria bassiana*, Control biológico, BGMV.

**ABSTRACT. Efficacy of *Beauveria bassiana*, imidacloprid and thiacloprid for the control of *Bemisia tabaci* and the incidence of BGMV.** The efficacy of *B. bassiana* (strain PL63), associated or not with the insecticides Calypso 480SC (thiacloprid), Gaucho 700PM and Provado 200SC (imidacloprid), for control of *B. tabaci* (B biotype) and the incidence of the *Bean gold mosaic virus* (BGMV) was evaluated under greenhouse and field conditions. In the greenhouse experiment, applications of *B. bassiana*, Calypso, and the fungus associated with this chemical insecticide caused mortality between 57 and 87%. Under field conditions, the treatments reduced the incidence of viral disease on plants by 71 to 85%, when compared to untreated areas. The treatment Gaucho + Provado showed the lowest average, with 4 nymphs per leaf, while in untreated areas the infestation was 54 nymphs per leaf. When applied separately, the insecticides Calypso and Gaucho, and the fungus *B. bassiana*, did not differ statistically ( $P < 0.05$ ) in the reduction of nymph populations (66 to 87%) or in the percentage of plants with BGMV (71 to 77%). The use of *B. bassiana* associated with insecticides is an important strategy for the prevention of resistance development by the *B. tabaci* pest population to these insecticides.

**Key words:** Bean, *Bemisia tabaci*, *Beauveria bassiana*, Biological control, BGMV.

<sup>1</sup>Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Depto. de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola (ESALQ/USP). Piracicaba-SP, Brasil. sebalves@carpa.ciagri.usp.br

<sup>2</sup> Bayer S.A. Piracicaba, Brasil.

## Introdução

O vírus do mosaico dourado do feijoeiro (*Bean golden mosaic virus*, BGMV) é considerado o agente causal da mais importante doença do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), ocorrendo nas principais regiões produtoras da cultura no Brasil (Yokoyama 1995). A redução na produção ocorre em consequência da diminuição do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso específico de grãos (Almeida *et al.* 1984). A alta incidência da virose nessa cultura, pode causar redução superior a 80% na produção (Bianchini *et al.* 1981, 1989).

A disseminação dessa doença é feita exclusivamente pelo inseto vetor, representado por espécies de mosca branca, principalmente, *Bemisia tabaci* (biótipo B) (Bellows *et al.* 1994). Atualmente, a importância deste inseto vem aumentando, em decorrência da alta capacidade reprodutiva, facilidade de dispersão, grande número de hospedeiros alternativos e desenvolvimento de linhagens resistentes a inseticidas.

A integração de diversas táticas de controle pode ser efetiva na redução da infestação de *B. tabaci*. Assim, a utilização de fungos entomopatogênicos associados ou não a inseticidas químicos seletivos, representa uma alternativa importante para o manejo integrado de mosca branca em diferentes culturas (Alves *et al.* 1997). Diversas espécies de fungos são capazes de provocar doença e morte em populações de mosca branca. Dentre as espécies mais promissoras, destacam-se *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., com algumas formulações comerciais no mercado europeu e norte americano, e algumas espécies de *Paecilomyces* (Osborne *et al.* 1990, De Barro 1995, Poprawski & Lacey 1995, Alves & Pereira 1998).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do fungo *B. bassiana*, associado ou não aos inseticidas Calypso 480SC (thiacloprid), Gaucho 700PM e Provado 200SC (imidacloprid), no controle de *B. tabaci* (biótipo B) e na incidência do BGMV em condições em casa-de-vegetação e de campo.

## Material e métodos

Os conídios do fungo *B. bassiana* (isolado PL63), com viabilidade acima de 98%, utilizados nos experimentos de casa-de-vegetação e campo foram produzidos no Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos (ESALQ/USP), em bandejas plásticas sobre arroz pré-cozido (Alves & Pereira 1989).

## Teste de compatibilidade em laboratório

O efeito tóxico dos produtos Calypso 480SC e Provado 200SC sobre *B. bassiana* foi determinado *in vitro*, através da adição dos produtos químicos ao meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) fundido, nas concentrações de 50, 100, 150 e 200 ml/ha de Calypso e 800 ml/ha de Provado, correspondentes as concentrações utilizadas no campo. Após a solidificação do meio de cultura em placas de Petri, foi feita a inoculação do fungo, utilizando-se uma alça de platina, em três pontos por placa, equidistantes entre si, visando-se evitar o contato entre as colônias durante o crescimento. As placas permaneceram em câmara climatizada ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de UR e fotofase de 12 h) por um período de 7 dias. Cada tratamento consistiu de 3 placas, sendo selecionadas seis colônias.

O efeito tóxico dos inseticidas sobre *B. bassiana* foi determinado medindo-se o crescimento vegetativo e a reprodução de seis colônias. O crescimento vegetativo foi determinado pela medição dos diâmetros médios das colônias em dois sentidos ortogonais. Para a avaliação da reprodução, as colônias foram recortadas, juntamente com o meio de cultura, transferidas para tubos de vidro com água destilada estéril mais espalhante adesivo (Tween 40® - 0,2 ml/L), procedendo-se o pincelamento da superfície para a retirada dos conídios, e posterior quantificação em câmara de Neubauer. Os valores médios da porcentagem de esporulação e crescimento vegetativo das colônias de *B. bassiana*, comparados com a testemunha, foram aplicados a um modelo de classificação de produtos fitossanitários quanto à toxicidade para fungos entomopatogênicos desenvolvido por Alves *et al.* (1998).

## Bioensaio em casa-de-vegetação

Nesta fase, os testes foram conduzidos no Setor de Entomologia da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP, no período de 20 de agosto a 24 de outubro de 1998.

Os insetos foram multiplicados em condições de laboratório, sobre plantas de feijão, *P. vulgaris* variedade "carioquinha", constituindo-se assim sua colônia estoque. As plantas foram produzidas em vasos plásticos tendo como substrato uma mistura de terra e areia, na proporção de 1:1. Em cada vaso, foram semeadas sete sementes, sendo os vasos mantidos em casa-de-vegetação por 20 dias. Nessa fase, as plantas apresentavam 20 cm de altura, sendo

utilizadas para a manutenção da colônia estoque e bioensaios com o inseto.

Posteriormente, os vasos plásticos permaneceram durante 24 h expostos a alta população de adultos de *B. tabaci* biótipo "B", na colônia estoque, para postura nas folhas. Após este período, os vasos foram transferidos para casa-de-vegetação ( $27 \pm 5^\circ\text{C}$  e  $80 \pm 10\%$  de UR), para eclosão e desenvolvimento nas ninfas. As plantas foram então pulverizadas uma única vez com suspensões dos tratamentos, com o auxílio de um micropulverizador manual PulverJet P500, 10 dias após a infestação. Neste momento, os insetos se encontravam no estágio de ninfa de terceiro ínstar.

As suspensões foram preparadas misturando-se os conídios do fungo em água destilada com espalhante adesivo (Tween 40<sup>®</sup> - 0,2 ml/L), minutos antes da aplicação. Os tratamentos utilizados foram: a-d) *B. bassiana* (200 g de conídios/ha ou  $3 \times 10^{13}$  conídios/ha) associado ao inseticida Calypso 480SC nas dosagens de 200, 150, 100 e 50 ml/ha; e) *B. bassiana* (200 g de conídios/ha ou  $3 \times 10^{13}$  conídios/ha); f) Calypso (200 ml/ha). A testemunha recebeu apenas água destilada com espalhante adesivo. Cada tratamento consistiu de seis vasos, sendo cada vaso uma repetição. Foram utilizados 10 ml de suspensão por vaso, volume que proporcionou boa cobertura das plantas sem perdas por escorrimento. A concentração utilizada de conídios de *B. bassiana* correspondeu, aproximadamente, a 30 kg/ha do produto Boveril PM<sup>®</sup> (Itaforte Industrial de BioProdutos Agro-Florestais Ltda).

Foi feita uma única avaliação, após 7 dias da pulverização, determinando-se o número de ninfas vivas e mortas por discos foliares de 2,5 cm de diâmetro, recortados de forma aleatória de uma planta de cada vaso. Para confirmação da mortalidade dos insetos pelo patógeno, os discos foliares foram colocados em placas plásticas contendo ágar + água a 1%, onde permaneceram durante sete dias em câmara climatizada ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de UR e fotofase de 12 h). Nessas condições foi possível observar o crescimento e reprodução do fungo sobre os cadáveres, evitando o secamento precoce dos discos foliares.

As porcentagens de ninfas mortas em plantas de feijão, obtidas para cada repetição, foram transformadas em raiz quadrada ( $x + 5$ ), e posteriormente submetidas a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 5\%$ ).

## Experimento em campo

O experimento foi conduzido em área de cultivo comercial de feijão, *P. vulgaris* variedade "pérola", em Goiânia-GO, no período de 28 de outubro a 12 de dezembro de 1998.

Cinco dias após a semeadura houve a emergência das plântulas, e a infestação da cultura pela praga ocorreu, em seguida, naturalmente. Cada tratamento foi representado por uma área total de  $24 \text{ m}^2$ , dividido em 4 repetições.

Foram realizadas três aplicações, após 7, 14 e 21 dias da emergência das plantas, através da pulverização das suspensões com o auxílio de um pulverizador costal Jacto PJH (bico cone JD-12P), no final da tarde, período em que a temperatura ( $27$  a  $30^\circ\text{C}$ ) era menos prejudicial ao patógeno. Foram utilizados 200 L/ha de suspensão, volume rotineiramente empregado nos tratamentos fitossanitários da propriedade.

As suspensões foram preparadas misturando-se o fungo *B. bassiana* em água destilada com espalhante adesivo, como descrito anteriormente. Os tratamentos utilizados foram: a-c) *B. bassiana* (200 g de conídios/ha ou  $3 \times 10^{13}$  conídios/ha) associado ao inseticida Calypso 480SC nas dosagens de 150, 100 e 50 ml/ha; d) *B. bassiana* (200 g de conídios/ha ou  $3 \times 10^{13}$  conídios/ha); e) Calypso (200 ml/ha); f) Gaucho 700PM (200 g/100 kg de semente); g) *B. bassiana* (200 g de conídios/ha ou  $3 \times 10^{13}$  conídios/ha) + Gaucho; h) Gaucho + Provado 200SC (800 ml/ha). O tratamento testemunha recebeu apenas água com espalhante adesivo. Os tratamentos com o inseticida Gaucho 700PM foram feitos antes da semeadura, incorporando a formulação às sementes.

Foram avaliados o número de ninfas vivas em três folíolos por repetição e o número de plantas com sintomas de BGMV, 7 e 17 dias após a terceira pulverização, respectivamente. O número de ninfas vivas em três folíolos de feijão, transformado em log ( $x + 5$ ), e o número de plantas doentes, obtidos para cada repetição, foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

### Teste de compatibilidade em laboratório

Os inseticidas Provado 200SC, na concentração de 800 ml/ha, e Calypso 480SC nas concentrações de 50, 100,

**Tabela 1.** Compatibilidade dos inseticidas Calypso 480SC e Provado 200SC, em diferentes concentrações, ao fungo *Beauveria bassiana* de acordo ao crescimento e a concentração de conídios. Piracicaba, Brasil. 1998.

| Tratamento        | ESP <sup>1</sup> (conídios) | CV <sup>2</sup> (mm) | VALOR DE T <sup>3</sup> | Categoria       |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Testemunha        | 5,10x10 <sup>7</sup>        | 25,83                | 100,00                  | -               |
| Calypso 50 ml/ha  | 14,60x10 <sup>7</sup>       | 25,34                | 248,70                  | compatível      |
| Calypso 100 ml/ha | 2,60x10 <sup>7</sup>        | 24,67                | 59,20                   | mod. compatível |
| Calypso 150 ml/ha | 2,70x10 <sup>7</sup>        | 22,17                | 59,50                   | mod. compatível |
| Calypso 200 ml/ha | 1,10x10 <sup>7</sup>        | 22,50                | 34,70                   | tóxico          |
| Provado 800 ml/ha | 8,50x10 <sup>7</sup>        | 24,50                | 152,20                  | compatível      |

<sup>1</sup> produção média de conídios/colônia

<sup>2</sup> crescimento vegetativo (diâmetro médio da colônia)

<sup>3</sup> correlação dos parâmetros (ESP e CV) segundo modelo proposto por Alves *et al.* (1998)

150 ml/ha foram compatíveis ou moderadamente compatíveis com o fungo *B. bassiana*. O Calypso na maior concentração (200 ml/ha) foi tóxico ao patógeno, não sendo utilizado em associação no experimento de campo (Tabela 1).

De acordo com os valores de T, que correlaciona o crescimento vegetativo e a esporulação do patógeno, o desenvolvimento das colônias nas concentrações de 50 ml/ha de Calypso e 800 ml/ha de Provado foi maior do que na testemunha. Neste caso, o fungo pode ter utilizado nutrientes da formulação dos inseticidas para seu desenvolvimento.

A maioria dos trabalhos realizados visando detectar o efeito de produtos fitossanitários sobre fungos entomopatogênicos foi conduzida *in vitro* (Raramaje *et al.* 1967, Ignoffo *et al.* 1975, Alves *et al.* 1993). Assim, faltam dados referentes às interações entre os entomopatógenos e agrotóxicos em condições de campo. Apesar disso, os estudos *in vitro* têm a vantagem de expor ao máximo o microrganismo à ação da formulação, fato que não ocorre em condições de campo, onde vários fatores servem de obstáculo a essa exposição, protegendo o entomopatógeno. Dessa forma, constatada a inocuidade de um agrotóxico em laboratório, não há

dúvidas sobre a sua seletividade em condições de campo. Por outro lado, a alta toxicidade de um produto *in vitro* nem sempre significa elevada toxicidade em campo, mas sim a possibilidade da ocorrência de danos dessa natureza.

#### Bioensaio em casa-de-vegetação

A mortalidade média de ninfas de *B. tabaci* em plantas de feijão nos tratamentos com o fungo *B. bassiana* associado com o inseticida Calypso 480SC, bem como a aplicação isolada dos mesmos, foi significativamente maior do que a testemunha, com mortalidades médias entre 56,7 a 86,7% (Tabela 2). Nos tratamentos com patógeno, foi observado crescimento e reprodução do fungo sobre 100% dos cadáveres.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatística entre os tratamentos contendo *B. bassiana* e Calypso, a média de mortalidade foi diretamente proporcional à concentração utilizada do inseticida químico, exceto, para a concentração de 150 ml/ha. Após a constatação de que é possível a redução da dosagem do produto químico sem perda da eficiência, foi realizado o experimento seguinte em condições de campo visando o controle associado da praga.

**Tabela 2.** Porcentagem de mortalidade de ninfas de terceiro instar de *B. tabaci* (biótipo B) em plantas de feijão. Piracicaba, Brasil, 1998.

| Tratamento                         | Dose (g ou ml/ha) | Média ± DP <sup>1</sup> |   |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------|---|
| Calypso 480SC                      | 200               | 86,7 ± 24,2             | A |
| <i>B. bassiana</i> + Calypso 480SC | 200 + 200         | 83,3 ± 19,7             | A |
| <i>B. bassiana</i> + Calypso 480SC | 200 + 100         | 70,0 ± 30,3             | A |
| <i>B. bassiana</i> + Calypso 480SC | 200 + 150         | 66,7 ± 39,3             | A |
| <i>B. bassiana</i> + Calypso 480SC | 200 + 50          | 66,7 ± 37,2             | A |
| <i>B. bassiana</i>                 | 200               | 56,7 ± 29,4             | A |
| Testemunha                         | Água              | 3,3 ± 8,2               | B |

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo Teste de Tukey (P ≤ 5%)

### Experimento em campo

A testemunha apresentou maior número médio de ninfas de *B. tabaci* (53,5) e plantas com BGMV (57,8), em ambos os casos, diferenciando-se dos demais tratamentos. Na observação do número de plantas doentes, os tratamentos reuniram-se, estatisticamente, em dois grupos: o primeiro representado pela testemunha e o segundo, pelos demais tratamentos, com redução de 70,6 a 85,3%, em relação ao número médio de plantas doentes nas parcelas não tratadas (Tabela 3).

Gaucho 700PM + Provado 200SC apresentou o menor número médio de ninfas (4,0). Entretanto, o produto Gaucho 700PM apresentou a mesma eficiência no controle de ninfas de *B. tabaci* quando usado isoladamente no tratamento de sementes (7,0), ou associado com pulverizações de conídios do fungo *B. bassiana* (12,0) e Provado 200SC. A utilização do inseticida imidacloprid (Gaucho 700PM) no tratamento de sementes resultou no controle de *B. tabaci* na fase inicial do desenvolvimento da planta, período de maior suscetibilidade da cultura ao BGMV.

Os produtos Calypso 480SC, Gaucho 700PM e o fungo *B. bassiana*, quando aplicados isoladamente, não se diferenciaram estatisticamente na redução de ninfas de *B. tabaci* (65,9 a 86,9%) e na incidência de plantas com BGMV (70,6 a 76,6%) (Tabela 3).

A aplicação de *B. bassiana* em associação com o inseticida Calypso 480SC nas concentrações de 50 e 100 ml/ha proporcionou redução de 90,7 e 83,6% no número de ninfas, respectivamente. Esses valores

foram superiores ao apresentado pelo produto químico na sua maior dosagem (200 ml/ha), quando observou-se redução de 65,9%.

Assim, visando o manejo da resistência, pode-se sugerir que a utilização de *B. bassiana* associada ao Calypso ou ao Gaucho constitui uma estratégia adequada para o controle dessa praga. A redução da concentração do inseticida Calypso em 50 e 75%, além de representar economia e menos poluição, resulta em menor pressão de seleção para o desenvolvimento de resistência na população da praga. Também, a utilização de entomopatógenos constitui avanço para o manejo dessa resistência.

### Literatura citada

- Almeida, LD; Pereira, JVNA; Ronzelli, JRP; Costa, AS. 1984. Avaliação de perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira* 9:213-219.
- Alves, SB; Pereira, RMP. 1989. Produção de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em bandejas. *Ecossistema (Brasil)* 14:188-192.
- Alves, SB; Moino Júnior, A; Vieira, SA. 1993. Ação tóxica de alguns defensivos agrícolas sobre fungos entomopatogênicos. *Ecossistema (Brasil)* 18:161-70.
- Alves, SB; Lopes, JRS; Alves, LFA; Moino Júnior, A. 1997. Controle microbiano de artrópodos associados a doenças de plantas. In Melo, IS. Ed. *Controle Biológico*. Jaguariúna. CNPMA-Embrapa. v.1 p.143-170.
- Alves, SB; Pereira, RM. 1998. Produção de fungos entomopatogênicos. In Alves, SB. Ed. *Controle Microbiano de Insetos*. Piracicaba, FEALQ. p.845-869.
- Alves, SB; Moino Júnior, A; Almeida, JEM. 1998. Produtos fitossanitários e entomopatogênicos. In Alves, SB Ed. *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba. FEALQ. p. 217-238.

**Tabela 3.** Número médio de ninfas de *B. tabaci* (biótipo B) por amostra e número de plantas de feijão com sintomas de BGMV. Goiânia, Brasil. 1998.

| Tratamento     | Dose<br>(g ou ml/ha) | Número de ninfas       |     | Plantas com BGMV  |            |      |      |
|----------------|----------------------|------------------------|-----|-------------------|------------|------|------|
|                |                      | MÉD. ± DP <sup>1</sup> |     | %RED <sup>2</sup> | MÉD. ± DP  | %RED |      |
| Testemunha     | Água                 | 53,5 ± 15,0            | A   |                   | 57,8 ± 9,2 | A    |      |
| Calypso        | 200                  | 18,3 ± 7,6             | B   | 65,9              | 16,0 ± 7,1 | B    | 72,3 |
| Bb             | 200                  | 15,8 ± 4,2             | BC  | 70,6              | 17,0 ± 2,6 | B    | 70,6 |
| Bb+Calypso     | 200 + 150            | 15,3 ± 6,0             | BCD | 71,5              | 15,5 ± 7,7 | B    | 73,2 |
| Bb+Gaucho      | 200g+200g/100 kg     | 12,0 ± 4,8             | BCD | 77,6              | 15,0 ± 6,2 | B    | 74,0 |
| Bb+Calypso     | 200 + 100            | 8,8 ± 7,6              | BCD | 83,6              | 14,0 ± 6,7 | B    | 75,8 |
| Gaucho         | 200g/100kg           | 7,0 ± 2,9              | BCD | 86,9              | 13,5 ± 4,4 | B    | 76,6 |
| Bb+Calypso     | 200 + 50             | 5,0 ± 4,2              | CD  | 90,7              | 8,8 ± 2,2  | B    | 84,9 |
| Gaucho+Provado | 200g/100kg+ 800ml    | 4,0 ± 0,8              | D   | 92,5              | 8,5 ± 1,9  | B    | 85,3 |

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo Teste de Tukey (P ≤ 5%)

<sup>2</sup>[(Tratamento x 100) / Testemunha] - 100

- Bellows, TS Jr; Perring, TM; Gill, RJ; Headrick, DH. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America* 87: 195-206.
- Bianchini, A; Hohmann, CL; Alberini, JL. 1981. Distribuição geográfica e orientação técnica para prevenção do vírus do mosaico dourado do feijoeiro no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR. 3p. (Informe de Pesquisa N° 42).
- Bianchini, A; Menezes, JR; Maringoni, AC. 1989. Doenças do feijoeiro. In *O feijão no Paraná*. Londrina, IAPAR. p.199-216. (Circular N° 63).
- De Barro, PJ. 1995. *Bemisia tabaci* biotype B: a review of its biology, distribution and control. Canberra, Australia, CSIRO. Nov. 36. 58p.
- Ignoffo, CM; Hostetter, DL; Garcia, C; Pinnel, RE. 1975. Sensitivity of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* to chemicals pesticides used on soybeans. *Environmental Entomology* 4:765-768.
- Osborne, LS; Storey, GK; McCoy, CW; Walter, JF. 1990. Potential for controlling the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, with the fungus, *Paecilomyces fumosoroseus*. In *International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control* (5, 1990, Adelaide, Australia). *Proceedings*. p. 386-390.
- Poprawski, TJ; Lacey, LO. 1995. History of ARS insect pathology researches: France. In *Coulson, JR; Vail, PV; Dix, ME; Nordlund, DO; Delfosse, ES. 110 years of Biological Research of Control and Development in the Department of United States of Agriculture*.
- Raramaje, NVU; Govindu, HC; Shastry, KSS. 1967. The effect of certain insecticides on the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 9:398-403.
- Yokoyama, M. 1995. Mosca-branca no feijoeiro comum: aspectos biológicos e controle. *Correio Agrícola*. São Paulo. 1: 8-9.



52

# Efecto de factores de estrés tecnológico en la predisposición del café al ataque de patógenos fungosos<sup>1</sup>

Héctor F. Lobos Medina<sup>2†</sup>  
Elkin Bustamante Rojas<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Plantas de café (*Coffea arabica*) se expusieron a factores de estrés tecnológico para evaluar su influencia en el desarrollo general del cultivo y en su susceptibilidad al ataque de hongos fitopatógenos. Su efecto no se manifestó de manera uniforme en las variables de crecimiento; sin embargo, las consecuencias fueron evidentes en algunas de las interacciones. La susceptibilidad al ataque de *Fusarium* spp. se incrementó cuando las plantas crecieron expuestas a alta luminosidad, presencia de residuos del herbicida diurón en el suelo del almácigo y dosis bajas de fertilización. La incidencia de *Phoma costarricensis* fue afectada significativamente por la exposición de las plantas al 75 o 100% de luminosidad y la presencia de residuos de diurón, obteniéndose el porcentaje más alto (76,38%) cuando se produjo un sinergismo entre el ataque de *Fusarium* spp. y los efectos de diurón. Se comprobó que al establecer el almácigo bajo el 50% de sombra, utilizar suelo sin residuos de diurón y aplicar dosis adecuadas de fertilización se reducen las condiciones de estrés para el cultivo, en cuyo caso es mínima la incidencia de *Fusarium* spp. y *P. costarricensis*.

**Palabras clave:** Café, *Fusarium* spp., *Phoma costarricensis*, Factores de estrés, Hongos fitopatógenos

**ABSTRACT.** Technical stress factors of coffee and its predisposition to attack by fungal pathogens. Coffee (*Coffea arabica*) plants were exposed to technological stress factors in order to evaluate the way in which they influence the general development of the crop and its susceptibility to attack by phytopathogenic fungi. Their effect on the growth variables was not uniform; however, consequences were evident in some of the interactions. Susceptibility to attack by *Fusarium* spp. increased when the plants were exposed to high light conditions, presence of residues of the herbicide diuron in the potting soil and low doses of fertilizers. The incidence of *Phoma costarricensis* was significantly affected by exposing the plants to 75 or 100% luminosity and the presence of diuron residues, reaching the highest percentage (76.38%) when there was a synergism between the attack of *Fusarium* spp. and the effects of diuron. It was shown that establishing the seedling bed under 50% shade, using soil without diuron residues and applying adequate doses of fertilization reduces the stress conditions for the crop and so the incidence of *Fusarium* spp. and *P. costarricensis* is minimal.

**Key words:** Coffee, *Fusarium* spp., *Phoma costarricensis*, Stress factors, Phytopathogenic fungi.

## Introducción

Las plantas son inmunes o resistentes al ataque de la mayoría de microorganismos con los cuales entran en contacto, la penetración y posterior infección se previene con frecuencia mediante barreras físicas o bioquímicas. Sin embargo, factores no genéticos actúan antes del proceso de infección y someten la planta a un estado de predisposición a las enfermedades (Heitefuss 1982).

La predisposición generalmente se debe a un estrés inducido, siendo necesario identificar y evitar las

condiciones que lo provocan (Schoeneviss 1983, Yarwood 1976).

La continua búsqueda de tecnologías que permitan incrementar la productividad agrícola incide en muchas ocasiones, en la adopción de prácticas de manejo que exponen a la plantación al denominado **estrés tecnológico**, mediante el cual se predispone a las plantas al ataque de enfermedades (Christiansen 1975).

Se han llevado a cabo investigaciones cuyos resultados coinciden en que el incremento en la susceptibi-

<sup>1</sup> Parte de la tesis de M.Sc. del primer autor. Escuela de Posgrado, CATIE, Turrialba, Costa Rica

<sup>2</sup> Fallecido.

<sup>3</sup> CATIE, Area de Fitoprotección 7170 Turrialba, Costa Rica. elkinbustamante@hotmail.com

lidad de las plantas a las enfermedades se debe principalmente a: (a) estrés por sequía, (b) deficiencias de nutrimentos, (c) altas intensidades de luz o (d) uso de herbicidas (Altman y Campbell 1977, Beddis y Burgess 1992, Carson *et al.* 1991, Colhoum 1973, Gristein *et al.* 1975, Huber y Watson 1974, Levesque y Rahe 1992, Levitt 1980, Papendick y Cook 1974, Percich y Lockwood 1975).

Sin embargo, pocas investigaciones en este tema se han realizado en café, por lo cual el objetivo de este estudio fue determinar si la intensidad de luz, el uso de herbicidas, el nivel de fertilización y las interacciones entre estos factores influyen en el desarrollo general de las plantas de esta especie y aumentan su susceptibilidad a las enfermedades, predisponiéndolas al ataque de hongos fitopatógenos.

Se busca resaltar la trascendencia de los factores de estrés en el establecimiento y desarrollo de una enfermedad, al incrementar la susceptibilidad del cultivo al ataque de agentes infecciosos, los cuales posiblemente no tendrían mayor importancia fitopatológica bajo condiciones adecuadas de manejo de la plantación.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en el Cantón de Turrialba, Cartago, Costa Rica. El experimento constó de tres fases: laboratorio, invernadero y almacigo. En almacigo se emplearon los tratamientos de sombra, herbicidas y fertilización. El tratamiento sombra incluyó niveles de 0, 25 y 50%; dos dosis de fertilización: la recomendada (5 g / maceta) y una baja equivalente al 30% de ésta. Para el tratamiento con herbicida se usaron dos productos comerciales con base en diurón, oxyfluorfen y un tratamiento sin herbicida.

El inóculo de *Fusarium* spp. se obtuvo de material enfermo recolectado en lotes de la Hacienda Juan Viñas, Cartago, Costa Rica, con antecedentes de presentar problemas de pudriciones radicales por este hongo.

Las pruebas de patogenicidad en raíces de plántulas de café se realizaron por el método de la tabla inclinada desarrollado por Kendall y Heat (1975). Para el ensayo se estableció un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos *Fusarium* spp. y el testigo y tres repeticiones. La severidad de daño se cuantificó con la escala propuesta por Smiley *et al.* (1992) y la cual va de 0 a 4, en donde 0=sana, 1=<25% del área con lesiones, 2=26 a 50% del área con lesiones,

3=51-75% área con lesiones y 4=>76% del área con lesiones.

Las plantas del semillero se trasladaron al almacigo en donde se utilizó un diseño de bloques al azar generalizado, con el tratamiento sombra como bloques (fijo) y con dos repeticiones dentro de cada bloque. Los tres niveles de sombra actuaron como factor de bloqueo y dentro de cada uno de ellos se establecieron dos repeticiones. Por tratarse de un arreglo factorial, también se contó con repeticiones ocultas o escondidas (Still y Torrie 1988).

Los porcentajes de sombra se obtuvieron mediante la utilización de sarán del calibre adecuado y a 2 m de altura. A cada maceta con el tratamiento de diurón se le incorporaron 4,42 mg del producto por kg de suelo, para simular condiciones reales de residualidad en el campo (Dawson *et al.* 1968). Se aplicó herbicida oxyfluorfen en las dosis comerciales equivalentes al área de la maceta, utilizando una microaspersora para evitar mojar el follaje de las plantas de café.

De las pruebas de patogenicidad en la tabla inclinada se concluyó que únicamente *Fusarium* sp. era el responsable de las pudriciones de la raíz, por lo cual este fue el hongo que se inoculó. Con el uso del hemacitómetro Spencer se calibró la solución a  $2 \times 10^6$  conidias/ml, concentración promedio que brindó los mejores resultados en estudios similares (Carson *et al.* 1991, Mandeel y Bakel 1991, Percich y Lockwood 1975, Sivan y Chet 1989, Ykema y Stutz 1991). En cada maceta se inocularon 5 ml de esta solución y con una cuchilla se practicaron lesiones a las raíces de las plantas. Un fertilizante fórmula 18-5-15-6-2, se aplicó cuatro veces incorporándose 5 y 1,5 g por maceta en cada ocasión (Carvajal 1984). Se llevaron registros periódicos de la temperatura mínima y máxima del suelo, de la intensidad luminosa y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) para lo cual se utilizaron seis geotermómetros, un luxímetro y un ceptómetro, respectivamente.

Se evaluaron las variables (a) altura de planta, (b) peso seco del follaje, (c) peso seco de las raíces, (d) incidencia de enfermedades foliares y (e) severidad de daño del sistema radical. La altura se midió con periodicidad de 10 días y el peso seco del follaje y las raíces se cuantificó al finalizar el experimento. De igual manera se procedió con la severidad de daño del sistema radical, utilizándose el índice de severidad (DSI) propuesto por Carson *et al.* (1991) y el cual se calculó para cada unidad experimental.

Los valores en la escala para la severidad oscila entre 1 y 5, en donde 1= raíz sana, sin síntomas; 2=<20% del tejido descolorido, con lesiones dispersas, sistema de raíces intacto; 3=20-50% del tejido descolorido, coalescencia de las lesiones, algunas pérdidas del sistema radical; 4=50-75% del sistema radical descolorido, lesiones unidas, pocas raíces laterales y 5= raíces con lesiones severas, no funcionales o desintegradas.

Los valores de dicho índice se encuentran entre 0,2 y 1,0 y se calculan con la siguiente fórmula:  $DSI = \text{número de plantas enfermas en la clase} \times \text{valor de la clase} / \text{número total de plantas} \times 5$ .

Aún cuando no se realizó inoculación de organismos patógenos del follaje, cada 10 días se evaluó la incidencia de las enfermedades foliares que se presentaron en forma natural en el almácigo.

El análisis de varianza de los datos se realizó con el GLM de SAS y se efectuaron pruebas de comparación múltiple Tukey para detectar posibles diferencias significativas entre tratamientos e interacciones entre estos. Para el análisis de las interacciones se utilizó la misma prueba Tukey.

## Resultados y discusión

En la prueba de patogenicidad de los aislamientos de *Fusarium* spp. se determinó una severidad promedio de 79,7% y con base en la escala propuesta por Smiley *et al.* (1992), corresponde a la clase 4 y el testigo a la clase 1.

En el almácigo se tomaron datos de radiación y se estableció que a las 12 h de un día nublado la intensidad lumínica alcanzó 8100 Lux y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue de  $106 \mu\text{LE m}^2 \text{s}^{-1}$ , pero a la misma hora de un día despejado la intensidad lumínica fue de 52000 Lux y la RFA alcanzó los 1748  $\mu\text{LE m}^2 \text{s}^{-1}$ . De acuerdo con los registros climáticos de la estación meteorológica del CATIE, durante el tiempo del ensayo en el campo (enero-junio) se produjeron cerca de 90 días con una radiación diaria superior o igual a los  $18 \text{ MJ m}^{-2}$  (Jiménez, F. Turrialba, CATIE. *Com personal*), lo cual indica que las plantas localizadas a plena exposición solar estuvieron sometidas con frecuencia a alta radiación durante varias horas.

Según investigaciones reportadas por el Coffee Board (1988-1989 a y b) indican que, bajo las condiciones de la experimentación analizadas, la máxima eficiencia fotosintética del cultivo se alcanza cuando la radiación es de  $140 \mu\text{E m}^2 \text{s}^{-1}$  y si ésta disminuye o

aumenta se reduce drásticamente dicha eficiencia debido al cierre parcial de los estomas. Esto significa que en los días nublados no se alcanzó la radiación requerida para obtenerla, mientras que en los despejados fue excesiva la cantidad de RFA que recibieron las plantas expuestas a pleno sol y posiblemente se produjo fotoinhibición con la consiguiente reducción de la tasa de fotosíntesis.

El efecto negativo producido a la fisiología de las plantas que recibieron más RFA se tradujo también en daños directos a la cutícula de las hojas de algunas de ellas, pues se observaron quemaduras provocadas por el sol en las láminas foliares, lo que facilitó la penetración y posterior infección de *Phoma costarricensis*, constituyéndose en importante fuente de inóculo para el resto de plantas que no estuvieron expuestas a estas condiciones.

Se midieron las temperaturas máximas y mínimas del suelo que se alcanzaron cada día. La máxima ocurrió en el mes de abril y alcanzó casi  $40^\circ\text{C}$  de promedio mensual, mientras que la mínima se presentó en marzo con aproximadamente  $12^\circ\text{C}$ . Las temperaturas más altas y las más bajas siempre se alcanzaron en las macetas instaladas a plena exposición solar, con el consecuente estrés y la posibilidad de la pérdida de nitrógeno a la atmósfera.

Aún cuando no se midió la evapotranspiración se asume que fue mayor en los tratamientos a plena exposición solar, lo cual incrementa la posibilidad de estrés por agua para el cultivo. En estas circunstancias también se produce un microclima menos estable, con una temperatura del aire y humedad relativa más fluctuantes que de alguna manera influyen negativamente en la fisiología de la planta.

Las plantas sometidas a distintos factores de estrés evidenciaron los efectos en diferente medida en las variables evaluadas, encontrándose significancias estadísticas entre algunos de los efectos principales e interacciones. En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los análisis de varianza para las variables evaluadas.

## Efecto de los factores de estrés en el desarrollo general de las plantas

**Altura.** Para esta variable se detectaron diferencias significativas entre dos de los efectos principales y las interacciones de primer y tercer orden (Cuadro 1). Las plantas expuestas a pleno sol (0% de sombra) al-

**Cuadro 1.** Resumen de los análisis de varianza y significancia para las variables evaluadas.

| Fuente de variación                          | Altura (cm) | PSR(g)    | PSF(g)    | IS        | I (%)     |
|--|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sombra                                       | 0,0021 **   | 0,9321 ns | 0,8320 ns | 0,0001 ** | 0,0001 ** |
| Fertilizante                                 | 0,1132 ns   | 0,0588 ns | 0,2999 ns | 0,001 2** | 0,2239 ns |
| Herbicida                                    | 0,0001 **   | 0,0057**  | 0,0001 ** | 0,0001 ** | 0,0001    |
| Patógeno                                     | 0,7067 ns   | 0,1146 ns | 0,2981 ns | 0,0001 ** | 0,1522 ns |
| Sombra xfertilizante                         | 0,0373*     | 0,1085 ns | 0,1953 ns | 0,1618 ns | 0,9874 ns |
| Sombra x herbicida                           | 0,1889 ns   | 0,0001 ** | 0,0073**  | 0,0011**  | 0,0804 ns |
| Sombra x patógeno                            | 0,9079 ns   | 0,8425 ns | 0,8602 ns | 0,0001 ** | 0,7874 ns |
| Fertilizante x patógeno                      | 0,0525 ns   | 0,0071 ** | 0,0001 ** | 0,001 2** | 0,4361 ns |
| Fertilizante x herbicida                     | 0,4751 ns   | 0,1180 ns | 0,3374 ns | 0,0570 ns | 0,3917 ns |
| Patógeno x herbicida                         | 0,5008 ns   | 0,2399 ns | 0,8025 ns | 0,0001**  | 0,0408*   |
| Sombra x fertilizante x herbicida            | 0,4231 ns   | 0,4002 ns | 0,5565 ns | 0,3623 ns | 0,5627 ns |
| Sombra x fertilizante x patógeno             | 0,4953 ns   | 0,0443*   | 0,1297 ns | 0,1618 ns | 0,4696 ns |
| Sombra x patógeno x herbicida                | 0,8738 ns   | 0,001 0** | 0,0323*   | 0,0011**  | 0,7478 ns |
| Fertilizante x patógeno x herbicida          | 0,3030 ns   | 0,001 2** | 0,0109*   | 0,0570 ns | 0,4528 ns |
| Sombra x fertilizante x patógeno x herbicida | 0,0011**    | 0,0943 ns | 0,1319 ns | 0,3623 ns | 0,6908 ns |

PSR = peso seco raíz

PSF = peso seco follaje

IS = índice de severidad del ataque *Fusarium* spp.

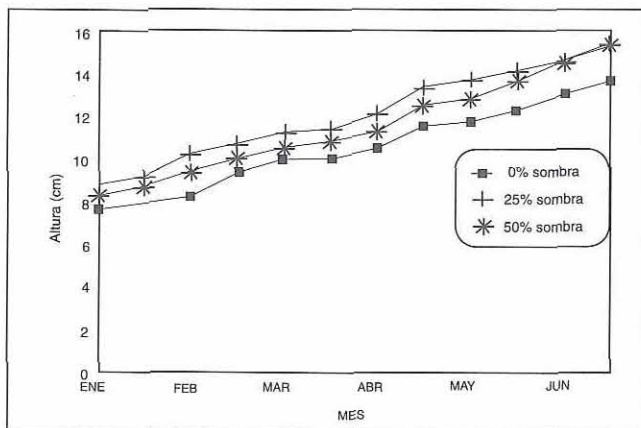
I=incidencia de *P. costarricensis*

ns = no significativo

\*\*significativo al 1 %

\*significativo al 5%

canzaron una menor altura promedio; sin embargo, no fue la mayor sombra lo que más les favoreció ya que se desarrollaron mejor las expuestas a 25% de sombra (Fig. 1). Se estableció que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos de 25 y 50% de sombra, pero sí entre estos y el de 0% ( $P < 0,05$ ).



**Figura 1.** Altura promedio de las plantas bajo diferentes porcentajes de sombra.

Esto se debe posiblemente a que hubo mayor evaporación del agua del suelo en las macetas ubicadas a pleno sol, lo que debió afectar la absorción de humedad y nutrimentos, además es normal que las plantas que crecen en condiciones de baja luminosidad tiendan a ser más altas que las expuestas a mayor radiación. Debe también considerarse que cuando esta radiación es elevada, se produce el cierre parcial de los estomas de la planta y la eficiencia fotosintética se reduce drásticamente.

La incidencia de *P. costarricensis* fue mayor en estos tratamientos, lo que también contribuyó a que las plantas alcanzaran menor altura ya que el ataque de este hongo tiende a detener el crecimiento de éstas.

En relación con los tratamientos de herbicidas, el crecimiento de las plantas que se encontraban en las macetas a las que se les aplicó oxyfluorfen no evidenció ninguna diferencia con respecto a las que crecieron libres de herbicidas (Fig. 2). Sin embargo, el efecto negativo del diurón es notorio y la altura alcanzada por las plantas expuestas a los efectos de este plaguicida fue significativamente menor. No se encontraron

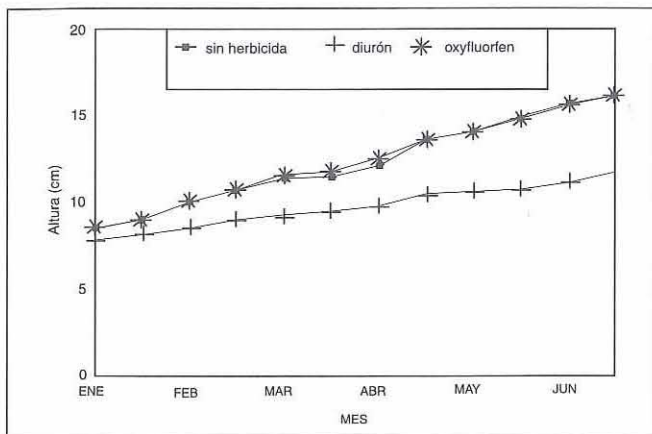


Figura 2. Altura promedio de las plantas bajo diferentes tratamientos de herbicidas.

diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos de oxyfluorfen y sin herbicida, aunque si entre éstos y el de diurón.

Entre los tratamientos de fertilización tampoco se determinaron diferencias significativas y se considera que esto se debió a que el suelo tenía buena fertilidad natural. Tampoco se encontraron diferencias entre los niveles del tratamiento de inoculación de *Fusarium* spp., lo que evidencia que el daño provocado por este patógeno no fue tan grave como para afectar la altura alcanzada por las plantas.

La prueba de Tukey para la interacción de sombra x fertilización detectó que el mayor estrés se produce cuando las plantas crecen a pleno sol y se les aplica una dosis baja de fertilizante (1,5 g / maceta).

Al analizar la altura alcanzada por las plantas bajo la interacción de herbicidas x fertilización x patógenos dentro de cada porcentaje de sombra, se comprobó que la más baja la alcanzaron las plantas expuestas a plena exposición solar y bajo el efecto de diurón (HI), fertilización baja (Fb) y a la presencia de patógenos (PI), aunque no se encontraron diferencias estadísticas cuando *Fusarium* spp. estuvo ausente (Po). Esto demuestra el mayor efecto de estrés que ejercen los tratamientos de 100% de luminosidad, el herbicida diurón y la baja fertilización en la altura alcanzada por las plantas bajo esta interacción.

**Peso seco de la raíz.** Unicamente se determinaron diferencias significativas ( $P > 0,0057$ ) entre los tratamientos de herbicidas, mientras que la fertilización, los porcentajes de sombra y la inoculación de *Fusarium* spp. no muestran diferencias estadísticas (Cuadro 1). Con respecto a los tratamientos de herbi-

cidas ( $p = 0,05$ ) no hay diferencias entre oxyfluorfen y la no utilización del plaguicida (Ho), pero si entre éstos dos y el uso de diurón, en cuyo caso las raíces alcanzaron un peso seco promedio de apenas 0,89 g, siendo entonces este producto el que causó el mayor estrés en perjuicio del desarrollo de biomasa de las raíces.

En lo que respecta a las interacciones, se encontró que el menor peso seco de las raíces se alcanzó cuando las plantas crecieron bajo un 25% de sombra, la fertilización fue baja y *Fusarium* spp. estuvo presente. Lo contrario ocurrió cuando la fertilización utilizada fue la recomendada, el patógeno estuvo ausente y la intensidad de luz fue la misma. Bajo el 25% de sombra hay una respuesta más evidente a las distintas interacciones y la heterogeneidad en el peso seco es bastante visible (Fig. 3).

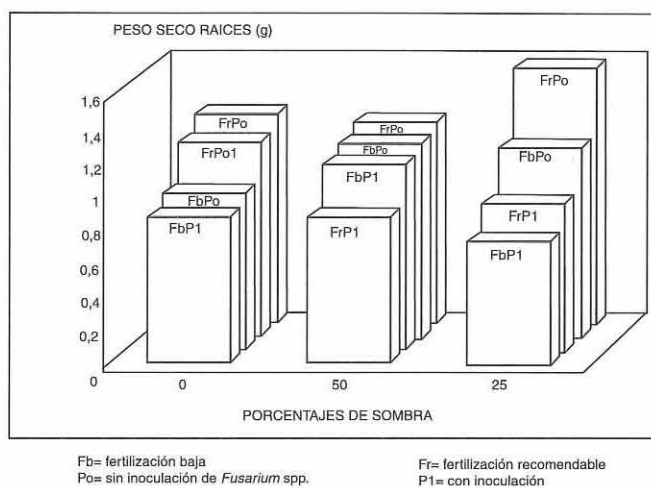
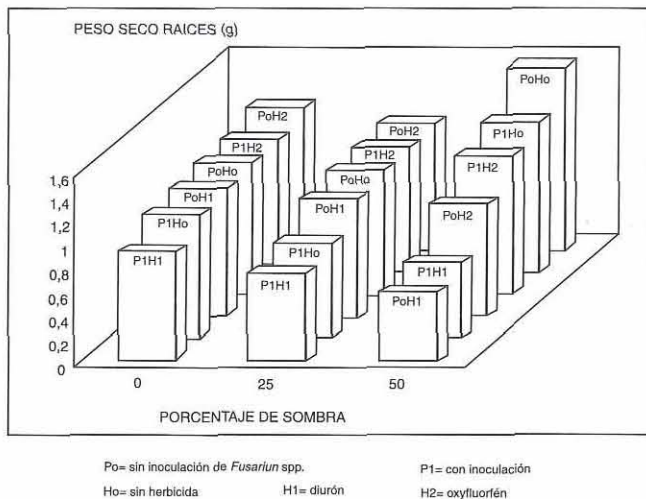


Figura 3. Peso seco promedio de la raíz bajo la interacción fertilización x patógeno para cada porcentaje de sombra.

Cuando no se consideró el nivel de fertilización, pero se utilizan herbicidas, las respuestas más evidentes a las diferentes interacciones se presentan en tratamientos con 50% de sombra y el estrés más severo se produce con este porcentaje de sombra y se utiliza diurón y así *Fusarium* spp. ataca la raíz (Fig. 4).

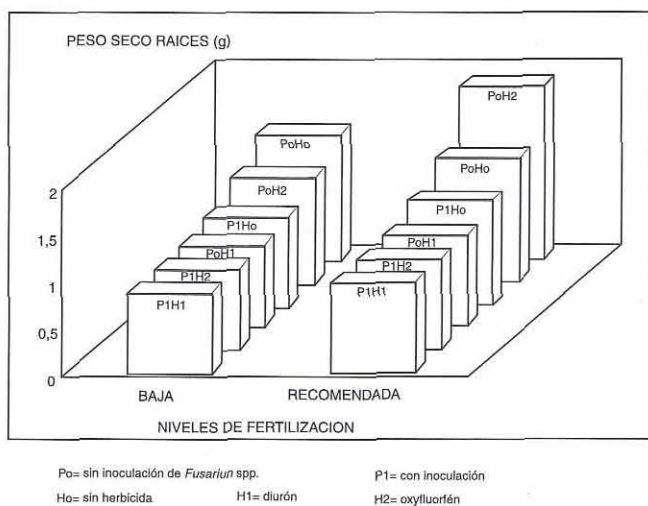
Para la interacción de herbicidas x patógenos dentro de cada porcentaje de sombra, se detectó que cuando el patógeno está presente en la raíz (PI) no existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tres tratamientos de herbicida bajo el 50% de sombra, lo cual hace suponer que el daño causado por *Fusarium* spp. enmascara el efecto negativo que el herbicida pudo ejercer sobre el peso seco de la raíz.



**Figura 4.** Peso seco promedio de la raíz bajo la interacción patógenos x herbicida para cada porcentaje de sombra.

Al analizar la interacción de patógenos x herbicida sin considerar el efecto de la intensidad de luz, se observa que al estar ausente *Fusarium* spp. las raíces alcanzaron el mayor peso seco aún en los tratamientos donde se usó oxyfluorfen, pero la dosis de fertilización fue la recomendada (Fig. 5). Por el contrario, el uso de fertilización redujo el ataque del patógeno, mientras la aplicación de diurón, es parte de los factores que inducen mayor estrés, y consecuentemente produjo menor peso seco de la raíz.

Como se esperaba, los tratamientos que incluyeron la inoculación de *Fusarium* spp. influyeron en el menor peso seco. Esta situación es obvia si se considera que el ataque del patógeno se traduce en una reducida proliferación del sistema radical, ocasionando menor capacidad de absorción de nutrimentos y agua.

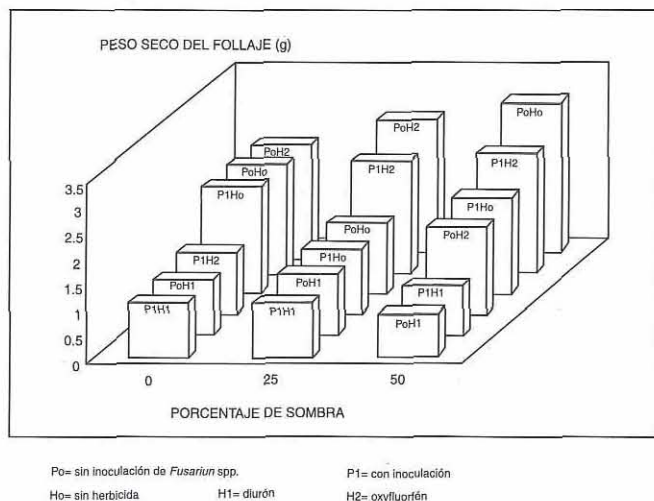


**Figura 5.** Peso seco promedio de la raíz bajo la interacción patógeno x herbicida para cada nivel de fertilización.

**Peso seco del follaje.** Lo que ocurre al sistema radical de las plantas de alguna manera tiende a evidenciarse en el follaje y en este caso los datos del peso seco de la parte aérea tienen similitud con los de la raíz. Los tratamientos de herbicidas muestran diferencias significativas, así como las interacciones de sombra x patógenos x herbicida y fertilización x patógenos x herbicida (Cuadro 1).

Con respecto al herbicida se determinó que el menor peso seco promedio del follaje (1,04 g) se obtuvo al aplicar diurón, mientras que en los tratamientos de oxyfluorfen y sin herbicida se alcanzó un peso de 2,05 y 2,06 g, respectivamente, encontrándose diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre el primero y los otros dos.

La interacción de patógenos x herbicida dentro de cada porcentaje de sombra mostró de manera similar a lo determinado con el peso seco de las raíces, que el efecto de estrés fue más evidente cuando se aplicó diurón y la luminosidad fue del 50%, aunque esto ocurrió aún sin presentarse ataque de *Fusarium* spp. en las raíces (Fig. 6). Bajo este mismo porcentaje de sombra se observa también una mayor variación del peso seco, siendo más evidente la respuesta de las plantas a las interacciones de los diferentes tratamientos.

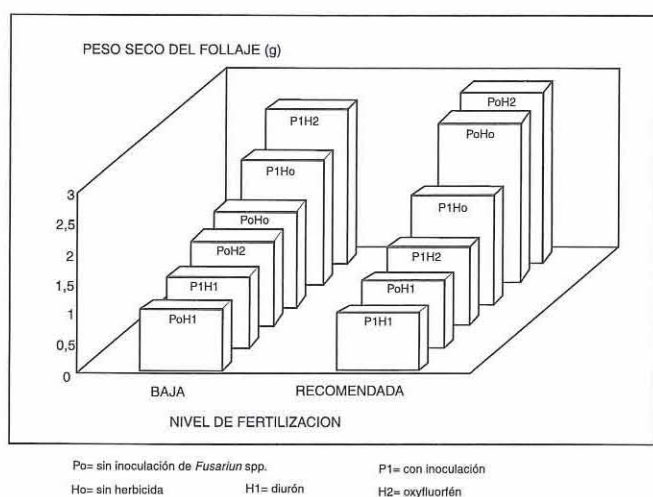


**Figura 6.** Peso seco promedio del follaje bajo la interacción patógeno x herbicida dentro de cada porcentaje de sombra.

Se comprobó que cuando el porcentaje de sombra fue de 50% las diferencias significativas entre los tratamientos son evidentes, lo cual no ocurre bajo el 100% de luminosidad. En la interacción de patógenos x herbicida se encontró que el menor peso seco pro-

medio del follaje se alcanzó en tratamientos donde se aplicó diurón, se inoculó *Fusarium* spp. y se utilizó la dosis recomendada de fertilización (Fig. 7). Esto significa que el patógeno y el herbicida inhibieron la respuesta de las plantas al fertilizante, puesto que la menor producción de biomasa se produjo aún en los tratamientos donde se utilizó dicha dosis. Esta observación la corrobora el hecho de que cuando el hongo no se encuentra atacando las raíces y no se aplica diurón, el mayor peso seco se alcanza al utilizar la dosis recomendada de fertilización.

Existió bastante homogeneidad en el peso seco promedio del follaje de las plantas dentro de los dos niveles de fertilización, lo que indica que hubo poca respuesta de las plantas a estos tratamientos, no así a la inoculación del hongo y al tipo de herbicida utilizado (Fig. 7).



**Figura 7.** Peso seco promedio del follaje bajo la interacción patógeno x herbicida dentro de cada dosis de fertilización.

**Efecto de los factores de estrés en la severidad del daño causado por *Fusarium* spp.** Producto del ataque de *Fusarium* spp. se presentaron varias interacciones, porque las lesiones provocadas por el hongo redujeron la proliferación de raíces y especialmente, la formación de pelos absorbentes. Esto dio como resultado un sistema radical poco profuso, menor área de contacto con las partículas del suelo y lógicamente, una menor capacidad de absorción de agua y nutrimentos.

El daño provocado por *Fusarium* spp. influyó no sólo en el estrés por nutrición, sino también pudo provocar cierto estrés por humedad, ya que aunque el suelo se encontrara en capacidad de campo, la escasez

de pelos absorbentes disminuyó la capacidad de las plantas para tomar agua del suelo. Experimentos realizados con diversos cultivos demuestran que éste es otro de los factores de estrés de importancia en la epidemiología de numerosas enfermedades (Davinderjith y Smalley 1974, International Seminar Coffee Technology 1988, Moore *et al.* 1974, Papendick y Cook 1974, Schoeneweiss 1975, 1979, 1983, Swart *et al.* 1992).

Para esta variable se determinaron diferencias significativas entre los niveles de efectos principales, en la mayoría de las interacciones de primer orden y en una de segundo (Cuadro 1).

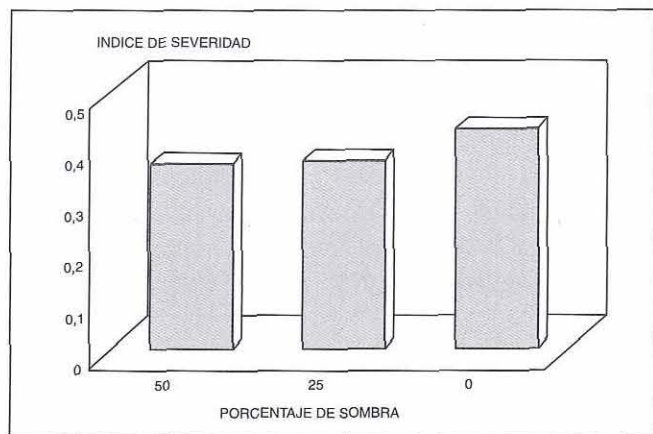
Diversos investigadores han demostrado la influencia que ejerce la inadecuada intensidad de luz sobre algunos cultivos al incrementar su susceptibilidad al ataque de patógenos. En esta investigación se comprobó que existe una relación directa entre la luminosidad y la severidad de daño causado por *Fusarium* spp. (Chase y Poole 1987, Jones *et al.* 1985, Kaiser *et al.* 1981, Pandey *et al.* 1970, Schoeneweiss 1975).

Para los tres niveles de sombra se encontró que las plantas que crecieron a pleno sol alcanzaron un índice de severidad significativamente mayor (0,43) que el de las que recibieron 50 y 75% de luminosidad (0,37 y 0,36, respectivamente). Entre éstas dos últimas no se detectaron diferencias estadísticas (Fig. 8). Se determinaron diferencias significativas entre los niveles de efectos principales, en la mayoría de las interacciones de primer orden y en una de segundo (Cuadro 1).

Diversos investigadores han demostrado la influencia que ejerce la inadecuada intensidad de luz sobre algunos cultivos al incrementar su susceptibilidad al ataque de patógenos. En esta investigación se comprobó que existe una relación directa entre luminosidad y severidad de daño causado por *Fusarium* spp. (Chase y Poole 1987, Jones *et al.* 1985, Kaiser *et al.* 1981, Pandey y Wilcoxson 1970, Schoeneweiss 1975).

Con respecto a los tres niveles de sombra se encontró que las plantas que crecieron a pleno sol alcanzaron un índice de severidad significativamente mayor (0,43) que el de las que recibieron 50 y 75% de luminosidad (0,37 y 0,36). Entre estas dos últimas no se detectaron diferencias estadísticas (Fig. 8).

Durante varios años se ha discutido si el café debe cultivarse a plena exposición solar o bajo sombra; sin embargo, en la mayoría de los casos el análisis de sus ventajas y desventajas se orienta exclusivamente a la producción. En esta investigación la discusión se ba-



**Figura 8.** Severidad de daño causado por *Fusarium* spp. bajo tres niveles de sombra.

sa en el efecto que la luminosidad ejerce sobre la mayor o menor severidad e incidencia de una enfermedad.

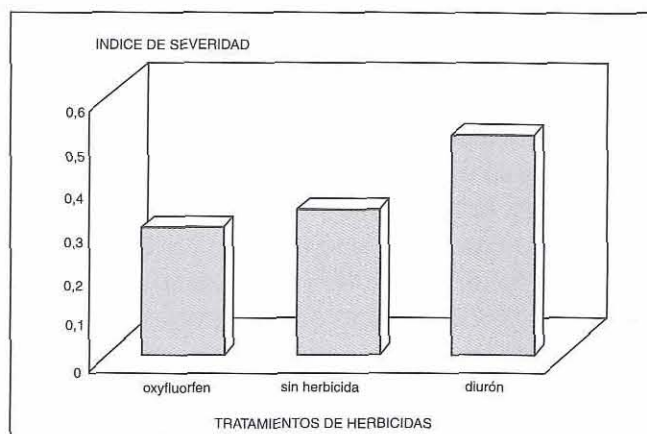
Las plantas que crecieron al sol recibieron niveles de radiación mayores que los obtenidos en los otros dos tratamientos. Los efectos negativos que esto puede tener sobre un cultivo fueron analizados por Levitt (1980) y Russell *et al.* (1989), resaltando el hecho de que produce fotoinhibición, cierre de estomas, interrupción del intercambio gaseoso y en consecuencia, reducción de la tasa de fotosíntesis.

En el caso del café, como ya se mencionó, se ha comprobado que cuando se expone a radiación fotosintéticamente activa superior a los  $140 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  se produce un cierre parcial de los estomas, reduciéndose significativamente la eficiencia fotosintética (Coffee Board 1988-89a y b). Esto se puede traducir en estrés por nutrición, lo cual se incrementa si consideramos que la evapotranspiración es mayor en las plantas expuestas al 100% de luminosidad y la poca disponibilidad de agua en el suelo no sólo incrementa las posibilidades de estrés por sequía, sino que limita la absorción de nutrientes.

Con respecto a la variable herbicidas, se detectó que la presencia de residuos de diurón incidió en que se alcanzara un mayor índice de severidad de la enfermedad (0,52) y no se detectaron diferencias entre los otros dos niveles (0,34 y 0,30). El oxyfluorfen presentó el menor índice, lo cual evidencia que su uso no afectó la susceptibilidad del cultivo (Fig. 9).

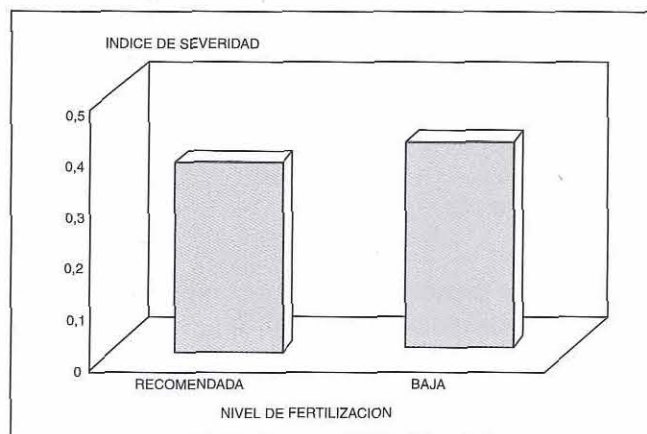
Se comprobó que al utilizar un bajo nivel de fertilización, la severidad del ataque de *Fusarium* spp. se incrementó, aunque ligeramente, situación congruen-

te con lo informado por varios investigadores en estudios similares (Chase y Jones. 1986, Chase y Poole 1986, Huber y Watson 1974, Sharma y Sharma 1991) (Fig. 10).



**Figura 9.** Severidad de daño causado por *Fusarium* spp. bajo el efecto de tres tratamientos de herbicidas.

En varios países del trópico se demostró que algunas especies de plantas incrementan su susceptibilidad al ataque de *Fusarium* spp. cuando existe estrés por sequía, se utilizan herbicidas, se aplican dosis inadecuadas de fertilización y existe exceso o déficit de luminosidad (Beddis y Burgess 1992, Carson *et al.* 1991, Gristein *et al.* 1975, Papendick y Cook 1974).



**Figura 10.** Severidad del daño causado por *Fusarium* spp. bajo el efecto de dos niveles de fertilización.

En Kenia, específicamente en café, encontraron que la mayor severidad de daño causado por este organismo está asociada a estrés por condiciones del ambiente y Kannan (1986) indica que los principales factores a considerar para no incrementar la suscepti-



bilidad de los cafetales a *Fusarium* spp. son la sombra adecuada y la aplicación balanceada de nutrimentos.

Esta investigación logró resultados similares, pero al analizar las interacciones que se presentaron se comprobó que la combinación de 0% o 25% de sombra y el uso de diurón resultó en los mayores índices de severidad (0,52 y 0,50, respectivamente), mientras que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos de oxyfluorfen y sin herbicida dentro de los tres porcentajes de sombra (Fig. 11).

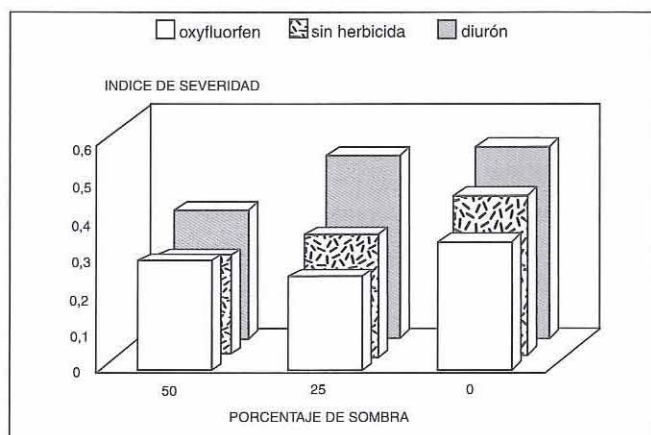


Figura 11. Severidad del daño causado por *Fusarium* spp. bajo la interacción sombra x herbicida.

**Efecto de los factores de estrés en la incidencia de *P. costarricensis*.** Aún cuando no se realizó inoculación de patógenos del follaje se esperaba que algún hongo de este tipo pudiese colonizar e infectar las plantas, por lo que periódicamente se midió la incidencia de enfermedades en la parte aérea.

Inicialmente se presentó el ataque de *Cercospora coffeicola*, aunque su incidencia fue temporal e insignificante, por lo que no se registró su comportamiento. Casi simultáneamente se estableció *P. costarricensis*, hongo que colonizó agresivamente el follaje de las plantas y persistió durante todo el experimento de campo.

*P. costarricensis* dañó los tejidos del follaje y provocó la defoliación continua de las plantas al formarse capas de abscisión en la base del peciolo de las hojas, lo que a su vez redundó en una tasa menor de fotosíntesis en aquellas que presentaron el mayor grado de ataque de la enfermedad.

El ataque de este patógeno redujo drásticamente el crecimiento de las plantas (apreciación visual, no cuantificado), el cual es un síntoma característico del

síndrome del mismo, porque tiende a dañar especialmente las regiones de tejidos jóvenes y en pleno desarrollo, provoca la defoliación prematura y el crecimiento de las plantas es lento o se detiene al ocurrir la muerte de las partes terminales (Carvajal 1984, Programa Cooperativo ICAFE-MAG 1989, Regalado y Villanueva 1990).

Para el combate del hongo, se realizaron aspersiones preventivas periódicas de clorotalonil (Daconil 2787 W-75 o Bravo); no obstante, el hongo se estableció y persistió durante todo el experimento. Esto indica que aparentemente el fungicida resulta ineficaz al encontrarse las plantas sometidas a condiciones de estrés e incapaces de desarrollar plenamente el potencial de sus mecanismos de defensa, siendo insuficiente la acción por sí sola del químico contra el patógeno.

La evolución de la enfermedad bajo los tres porcentajes de sombra, comprobó que la mayor incidencia se alcanzó en las plantas expuestas a plena exposición solar y la más baja en las que recibieron únicamente el 50% de luminosidad (Fig. 12).

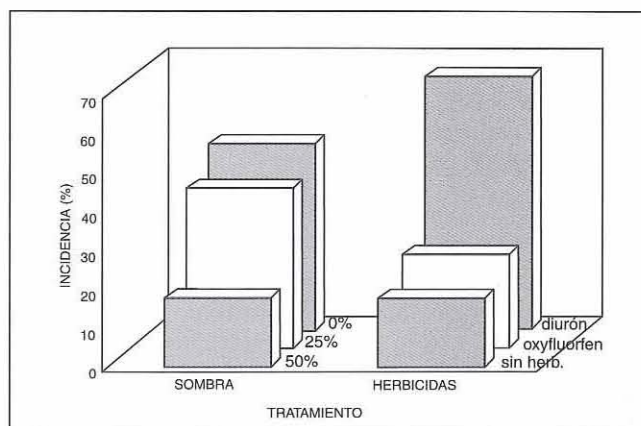


Figura 12. Incidencia de *P. costarricensis* bajo dos factores de estrés.

A pesar de que inicialmente se esperaba una menor incidencia de la enfermedad en las plantas expuestas a 50 y 75% de luminosidad, se considera que la fuente de inóculo por la presencia continua de plantas enfermas en los tratamientos ubicados a plena exposición solar, redundó en la contaminación de las primeras.

Durante los meses de enero y febrero se incrementó drásticamente el ataque del hongo, lo cual aparentemente se relaciona con el hecho de que en esta época las plantas se encontraban en su fase de adapta-

ción, el tamaño era reducido y los tejidos estaban tiernos, las cuales son condiciones ideales para el ataque de este patógeno, el cual tiende a dañar especialmente las regiones de tejidos jóvenes y en pleno crecimiento (Programa Cooperativo ICAFE-MAG 1989, Regalado *et al.* 1990). Posiblemente, las temperaturas bajas de esos meses favorecieron el desarrollo del hongo.

La alta luminosidad prevaleciente en los tratamientos expuestos a pleno sol causó quemaduras al follaje, lo que facilitó el establecimiento y penetración del hongo, constituyéndose en fuente importante de inóculo para las plantas bajo sombra.

También se considera que la alta luminosidad afecta la permeabilidad de la membrana celular, produce fotoinhibición, los tejidos protectores externos se desarrollan pobremente, hay ausencia de ceras, se inhibe la respiración y altera la actividad de muchas enzimas (Levitt 1980), por lo que la ocurrencia de uno o varios de estos daños debió contribuir al incremento en la susceptibilidad del café al ataque de *P. costarricensis*.

En cuanto al comportamiento de la enfermedad bajo el efecto de tres tratamientos de herbicidas, es evidente que no existen diferencias en la incidencia del patógeno en las plantas tratadas con oxyfluorfen y el tratamiento que no incluyó herbicidas, aspecto que fue corroborado por la prueba de Tukey realizada con estos datos (Fig. 12).

Contrario a lo que se esperaba, a pesar de que la incidencia fue ligeramente mayor en las plantas que recibieron la dosis baja, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización, considerándose que la buena fertilidad del suelo utilizado y las adecuadas características que este reunía para el establecimiento del almácigo, impidieron que se observaran diferencias entre ambos tratamientos, enmascarándose los efectos que una dosis baja pudo ejercer en la susceptibilidad del cultivo a la enfermedad.

Tampoco se observaron significancias entre los tratamientos con y sin inoculación de *Fusarium* spp. (Cuadro 1).

Al considerar la interacción de patógenos con herbicidas se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y la incidencia fue más alta en las plantas inoculadas con *Fusarium* spp. y que se les aplicó diurón (Fig. 13). El porcentaje alcanzado en este caso fue mucho mayor y aparentemente esto se debe a que se produjo un sinergismo entre el patógeno y el herbicida.

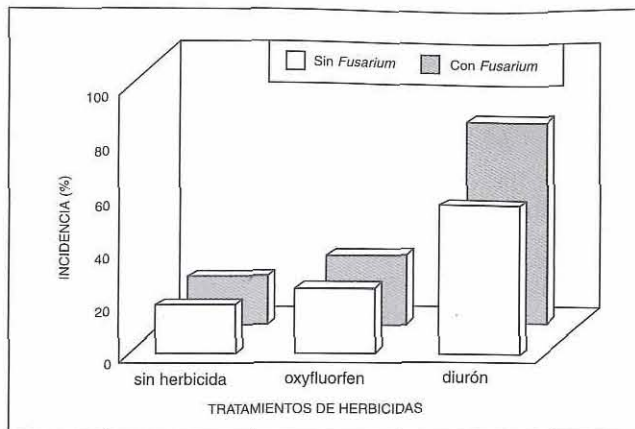


Figura 13. Incidencia de *P. costarricensis* bajo la interacción herbicidas x patógenos.

## Conclusiones

Los resultados de esta investigación indican que las plantas de café pueden ser dañadas considerablemente por *Fusarium* spp. o *P. costarricensis*, en especial si su manejo agronómico no es óptimo y están expuestas a condiciones de estrés.

El efecto de los factores de estrés no es uniforme sobre todas las variables de crecimiento; sin embargo, las consecuencias fueron evidentes en algunas de las interacciones.

La alta luminosidad, presencia de residuos de diurón en el suelo del almácigo y baja fertilización constituyeron los factores de estrés más importantes que incrementaron la susceptibilidad del cultivo al ataque de *Fusarium* spp.

La exposición de las plantas al 75 o 100% de luminosidad y la presencia de residuos de diurón fueron factores de estrés significativos en la incidencia de *P. costarricensis* la cual fue mayor (76,38%) especialmente cuando se produjo sinergismo entre el ataque de *Fusarium* spp. y los efectos del diurón.

Se comprobó que los residuos del diurón afectaron negativamente las variables de crecimiento y predispusieron a las plantas al ataque de *Fusarium* spp. y *P. costarricensis*.

Al establecer el almácigo bajo el 50% de sombra, utilizar suelo sin residuos de diurón y aplicar dosis adecuadas de fertilización se reducen las condiciones de estrés para el cultivo, en cuyo caso la importancia fitopatológica de *Fusarium* spp. y *P. costarricensis* es mínima.

## Literatura citada

- Altman, J; Campbell, C. 1977. Effect of herbicides on plant disease. *Annual Review of Phytopathology* 15:361-385.
- Beddis, A; Burgess, L. 1992. The influence of plant water stress on infection and colonization of wheat seedlings by *Fusarium graminearum* group 1. *Phytopathology* 82:78-83.
- Carson, M; Arnold, W; Todt, P. 1991. Predisposition of soybean seedling to *Fusarium* root with trifluralin. *Plant Disease* 75(4):342-347.
- Carvajal, J. 1984. *Cafeto-cultivo y fertilización*. 2 ed. Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. 141 p.
- Chase, A; Jones, J. 1986. Effects of host nutrition, leaf age, and preinoculation light levels on severity of leaf spot of dwarf scheffiera caused by *Pseudomonas cichorii*. *Plant Disease* 70:561-563.
- Chase, A; Poole, R. 1986. Effects of fertilizer rates on severity of *Alternaria* leaf spot of the three plant in the Araliaceae. *Plant Disease* 70(12):1144-1145.
- Chase, A; Poole, R. 1987. Effects of fertilizer rates on severity of *Xanthomonas* leaf spot of scheffiera and dwarf scheffiera. *Plant Disease* 71:527-529.
- Christiansen, N. 1975. Organization and conduct of plant stress research to increase agricultural productivity. *In* Stress physiology in crop plant. Mussell, H; Staples, E. Ed. New York, Wiley. p.1-14
- Coffee Board. 1988-1989a. Forty ninth annual report. Karnataka State, India, Green Fields Engineering Corp. 408 p.
- Coffee Board. 1988-1989b. Forty second annual report. Karnataka State, India, Jwalamnkhib Press. 395 p.
- Colhoum, J. 1973. Effects of environmental factors on plant disease. *Annual Review Phytopathology* 11:343-364.
- Davinderjith, B; Smalley, E. 1974. The development of *Hypoxylon* canker of *Populus tremuloides*: role of interacting environmental factors. *Phytopathology* 64:658-662.
- Dawson, J; Bruns, V; Clore, J. 1968. Residual monuron, diuron and simazine in a vineyard soil. *Weed Science Society of America* 16(1):63-65.
- Gristein, A; Katan, J; Eshel, Y. 1975. Effect of dinitroaniline herbicides on plant resistance to soilborne pathogens. *Phytopathology* 66:517-522.
- Heitefuss, R. 1982. General review of active defense mechanisms in plants against pathogens. *In* Active defense mechanisms in plants. Wood, RK. Ed. New York, Plenum Press. p.1-18
- Huber, D; Watson, R. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology* 12:139-165.
- International Seminar Coffee Technology (1, 1988, Chiang Mai, Thailand). 1988. Seminar. Highland Coffee Research and Development Centre. Chiang Mai, Thailand, Thanabhan Printer. 285 p.
- Jones, J; Chase, A; Harbaugh, B; Raju, B. 1985. Effects of leaf weatness, fertilizer rate, leaf age, and light intensity before inoculation on bacterial leaf spot of *Chrysanthemum*. *Plant Disease* 69(9):782-784.
- Kaiser, W; Kaiser, G; Prachuab, P; Wildman, S; Heber, U. 1981. Photosynthesis under osmotic stress. *Planta* 153(1):416-422.
- Kannan, N. 1986. Root diseases of coffee. *Indian Coffee* 50(12):21-24.
- Kendall, W; Leath, K. 1975. Sland-board culture methods for root observations of red dover. *Crop Science* 14:31 7-320.
- Levesque, C; Rahe, J. 1992. Herbicide interactions with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. *Annual Review of Phytopathology* 30:579-602.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. *In* Physiological ecology. Koslowski, TT. Ed. New York, Academic Press. 607 p.
- Mandeel, Q; Baker, R. 1991. Mechanisms involved in biological control of *Fusarium* wilt of cucumber with strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 81:462-469.
- Moore, I; Lagerstedt, B; Hartmann, N. 1974. Stress predisposition young filbert trees to bacterial blight. *Phytopathology* 63(12):1537-1540.
- Pandey, M; Wilcoxson, R. 1970. The effect of light and physiologic races of *Leptosphaerulina* leaf spot of alfalfa and selection for resistance. *Phytopathology* 60(10):1456-1465.
- Papendick, R; Cook, R. 1974. Plant water stress and development of *Fusarium* foot rot in wheat subjected to different cultural practices. *Phytopathology* 64:358-363.
- Percich, J; Lockwood, L. 1975. Influence of atrazine on the severity of *Fusarium* root in pea and corn. *Phytopathology* 65(2):154-159.
- Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Costa Rica. 122 p.
- Regalado, A; Villanueva, A. 1990. Enfermedades del cafeto. *In* El cultivo del cafeto en México. México, La Fuente. p.179-189
- Russel, G; Jarvisi P; Monteith, J. 1989. Absortion of radiation by canopies and stand growth. *In* Plant canopies: their growth, form and function. Russell, G; Marshall, B; Jarvis, P. Ed. New York, Cambridge Unviersity. p. 21-39
- Schoeneweiss, O. 1975. Predisposition, stress, and plant disease. *Annual Review of Phytopathology* 13:193-211.
- Schoeneweiss, O. 1979. Protection against stress predisposition to *Botryosphaeria* canker in containerized *Cornus stolonifera* by soil injection with benomil. *Plant Disease Reporter* 63(10):896-900.
- Schoeneweiss, O. 1983. Droughth predisposition to *Cytospora* canker in blue spruce. *Plant Disease* 67(4):383-385.
- Sharma, J; Sharma, U. 1991. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield and severity of turcicum blight of maize in Nagaland. *Indian Phytopathology* 44:383-385.
- Sivan, A; Chet, I. 1989. The posible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhyzosphere colonization. *Phytopathology* 79:198-203.
- Smiley, R; Ogg, A; Cook, J. 1992. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* root rot, growth, and yield of barley. *Plant Disease* 76:937-942.
- Still, R; Torrie, J. 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. 2. ed. México, McGraw-Hill. 622 p.
- Swart, W; Conradie, E; Wingfield, J; Venter, W. 1992. Effects of water stress on the development of cambial lesions caused by *Cryphonectria cubensis* on *Eucaliptus grandis*. *Plant Disease* 76(7):744-746.
- Yarwood, O. 1976. Modification of the response-predisposition. *In* Physiological plant pathology. Heitefuss, R; Williams, PH. Ed. Berlin, Universitatsdruckerei H. Sturtz A.G, Wurzburg. 4 p. 703-718
- Ykema, R; Stutz, J. 1991. Isolation, identificación, and pathogenicity of *Fusarium* spp. from guayule in Arizona. *Plant Disease* 75:736-738.

# Aspectos biológicos y ecológicos de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba

Mayra Ramos<sup>1</sup>  
Héctor Rodríguez<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Se investigó el agente causal de síntomas anormales en panículas de arroz, tales como la presencia de granos vanos y manchados. Se identificó la plaga y se realizaron estudios bioecológicos que incluyeron la duración del ciclo de vida, el movimiento poblacional de la plaga considerando sus depredadores y la distribución de ambos dentro de la planta. Se determinó que el ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) fue el causante de los daños observados. La duración del ciclo de vida, en condiciones de laboratorio, varió entre 5 y 9 días. La mayor población de la plaga se encontró en las vainas de las hojas 2 y 3 (vainas inferiores), mientras que la población de los depredadores se distribuyó de manera general en las mismas vainas. La fenología del cultivo fue el único factor que influyó significativamente sobre la densidad de *S. spinki*.

**Palabras clave:** *Steneotarsonemus spinki*, Arroz, Biología, Ecología, Ciclo de vida, Acaros.

**ABSTRACT. Biological and ecological aspects of *Steneotarsonemus spinki* on rice in Cuba.** Research was performed to investigate the causal agent of abnormal symptoms, such as spotted and unfilled grains, in rice panicles. The pest was identified and bioecological studies, including the duration of the life cycle, population movement of the pest in relation to its predators and the distribution of both, were performed. The mite *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) was determined to be the cause of the damage observed. The duration of the life cycle, under laboratory conditions, ranged between 5 and 9 days. Most of the mite population was found on the sheets of leaves 2 and 3 (lower leaves), whilst the predator population was evenly distributed over the same sheets. The crop phenology was the only factor that significantly influenced the *S. spinki* density.

**Key words:** *Steneotarsonemus spinki*, Rice, Biology, Ecology, Mites

## Introducción

El arroz constituye la base nutricional para gran parte de la población mundial. Se estima que para el año 2025 la población será de unos 8,3 billones de personas y que el 50% de ellas consumirá arroz (Martínez *et al.* 1998). Para los cubanos, este alimento constituye un plato fundamental de la dieta diaria; por tanto, en los últimos años se realizan esfuerzos tendientes, especialmente a incrementar la producción de este cereal.

Este trabajo es parte de un programa de producción integrada que incluye manejo agrotécnico, mejoramiento de variedades, control integrado de plagas, entre otros aspectos, acciones que aumentaron los rendimientos del cultivo hasta 1997, cuando se detectó en las panículas un porcentaje importante de granos vanos y manchados, una densidad elevada de áca-

ros tarsonémidos en las vainas de las hojas y una disminución drástica en las cosechas.

En Cuba, los ácaros de la familia Tarsonemidae han sido poco estudiados, a excepción de *Polyphagotarsonemus latus* Banks, una plaga que ocasiona severos daños en cultivos de importancia y del cual se conocen los aspectos bioecológicos así como métodos de control. No se han realizado mayores investigaciones sobre otras especies de tarsonémidos. Tampoco se ha estudiado la fauna de otros ácaros en el cultivo del arroz porque, en general, éstos no han constituido un problema económico para este cultivo en Cuba.

Debido a la importancia del cultivo del arroz para Cuba, las pérdidas registradas en las últimas cosechas y la inexistencia de estudios anteriores sobre es-

<sup>1</sup> Centro Nacional de Seguridad Biológica. Miramar, Playa. Habana. Cuba. cnsb@ama.cu

<sup>2</sup> División Protección de Plantas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). San José de las Lajas. La Habana. Cuba. hrguez@id.censa.edu.cu

te problema fitosanitario se realizó esta investigación con el objetivo de identificar el agente causal de los síntomas y determinar su importancia en el cultivo mediante el conocimiento de la duración del ciclo de vida y el comportamiento poblacional de la plaga. Estos resultados servirán como base para el conocimiento del ácaro y constituyen una estrategia de cooperación internacional, regional e interinstitucional, especialmente con aquellos países donde aún no se ha registrado la plaga.

## Materiales y métodos

**Identificación.** Los ácaros fitófagos recolectados se decoloraron en ácido láctico 50% con calor y se montaron en medio de Hoyer. Para su clasificación se empleó la clave de Smiley (1967).

**Ciclo de desarrollo.** El experimento se realizó en condiciones de laboratorio con  $24,4 \pm 1,1$  °C y  $70,47 \pm 4,7\%$  de temperatura y humedad relativa, respectivamente, medidas ambas con un termohigrógrafo.

La unidad experimental consistió en cajas Petri de 4 cm de diámetro, conteniendo algodón humedecido. En cada caja se colocó una sección de vaina de arroz (*Oryza sativa* Linn.) variedad Perla de Cuba (progenitores desconocidos), de 2 cm de largo, con la cara interna hacia arriba.

En cada caja de Petri se colocaron 10 hembras del ácaro fitófago y se dejaron ovipositar durante seis horas, luego los huevos se separaron dejando igual cantidad en cada caja. Se realizaron observaciones diarias sobre el desarrollo, registrando los cambios de fase, hasta que emergieron los adultos. El experimento se repitió hasta obtener 18 ciclos completos.

**Estudio poblacional.** El muestreo se inició a los 21 días después de la germinación de las semillas, de la variedad Perla de Cuba. El estudio se realizó en un campo de 0,5 ha; con suelo de tipo cambisol (euthricambisol), el cual se mantuvo en condiciones de seco; el riego dependió de las precipitaciones.

Semanalmente, se tomaron 15 plantas al azar, en cada una se revisaron todas las vainas de las hojas, iniciando por la inferior, a la que se le denominó vaina 1, a la siguiente en orden ascendente vaina 2 y así sucesivamente hasta la vaina de la hoja bandera, que generalmente fue 4 ó 5. Para el conteo de las poblaciones del ácaro, se registraron todas fases de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) presentes en tres puntos de la vaina, la cual fue dividida (hipotéticamente) en tres secciones: inferior, media y superior. No se consideró el muestreo de la panoja porque el control de

insectos plaga que anteceden a su emersión es más factible. Los ácaros depredadores presentes en el área de observación fueron también registrados, y se identificaron hasta nivel de familia.

Con estos datos se realizó un análisis del hábitat preferencial de la plaga y de los depredadores en general, calculando la proporción de la población que cada vaina aportó a la población total.

Se midió la influencia de los factores climáticos, los depredadores y la fenología del cultivo sobre la plaga a través de un modelo lineal general, donde se consideraron como covariables la temperatura y humedad relativa promedio, además las precipitaciones acumuladas, tomadas de muestreo a muestreo y la media de ácaros depredadores por planta. Como efecto fijo se tomó la posición dentro de la vaina y la fenología en cuatro fases: macollamiento, cambio de primordio, inflorescencia y apertura de la panícula-cosecha y como variable independiente, la población media por planta de la plaga. Los datos fueron transformados según la expresión  $\sqrt{x+1}$ .

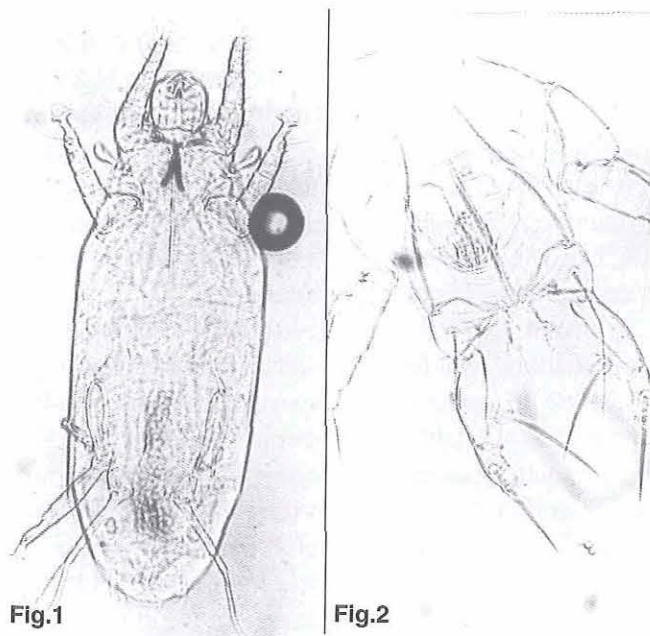
## Resultados y discusión

El agente causal de los daños observados en las vainas de arroz fue identificado como *S. spinki*.

**Descripción del ácaro.** El cuerpo de la hembra y del macho es elongado, más anchos en la región del histerosoma. **Hembra:** El largo y ancho promedio fue de  $272 \times 109$   $\mu\text{m}$ . Presenta órganos pseudoestigmáticos ovoidales. El primer par de apodemas en forma de "y". Los apodemas II son más largos y más fuertes y el sistema traqueal se observa en la figura 1. **Macho:** El largo y ancho promedio fue de  $217 \times 120$   $\mu\text{m}$ . La característica distintiva de la especie consiste en la presencia de un par de setas en forma de cuchillo sobre el fémur y la gena IV (Fig. 2).

*S. spinki* se encontró en el interior de las vainas de las hojas de arroz, en poblaciones elevadas de todas las fases, formando grandes colonias de hasta 300 ácaros por  $\text{cm}^2$ . Los huevos fueron ovipositados en grupos (2-6), formando grandes masas de hasta 160.

Como consecuencia de esto se observaron bandas oscuras y necróticas, las cuales pudieron notarse a lo largo de las vainas de las hojas por la superficie exterior. También se encontraron granos malformados y manchados (manchas aisladas o generalizadas) de color amarillo claro hasta pardo oscuro y un porcentaje importante de granos vanos. Consecuentemente, los rendimientos potenciales se afectaron en un promedio de 30 - 60%.



**Figura 1.** Hembra de *S. spinki* (órganos pseudoestigmáticos ovoidales; primer par de apodemas en forma de "y" y sistema traqueal).

**Figura 2.** Macho de *S. spinki* mostrando las setas en forma de cuchillo en el fémur y gena IV.

*S. spinki* ha sido considerada como el ácaro más importante en arroz en Asia tropical (Reissig *et al.* 1985) y aunque produce lesiones tisulares poco profundas, el mayor problema consiste en que disemina los conidios del hongo de la pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae* Sawada) y contribuye a la diseminación de la enfermedad (Tseng 1985). La presencia del hongo asociado con este tarsonémido fue corroborada durante este experimento.

Smiley (1967) en la descripción original de la especie la señaló sobre el saltahoja *Tagosodes orizicolus* (Muir). No hay reportes de otros hallazgos de este tarsonémido en el hemisferio occidental, por lo cual éste informe de *S. spinki* como plaga del arroz en América es muy importante.

**Cuadro 2.** Porcentaje de contribución a la población total de *S. spinki* registrado por vaina y muestreo. Cuba.

| Número de vaina | Porcentaje de ácaros por muestreo |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                 | 4                                 | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13    |
| 1               | 11,9                              | 8,90   | 25,3   | 18,9   | 8,2    | 13,3   | 7,7    | 12,9   | 35,4** | 44,1* |
| 2               | 89,0*                             | 34,5** | 34,3*  | 35,7*  | 33,3** | 30,9** | 20,2** | 25,7*  | 35,9*  | 21,5  |
| 3               | 0,0                               | 36,8*  | 31,6** | 27,5** | 40,3*  | 33,3*  | 17,3   | 24,9** | 19,8   | 19,0  |
| 4               | 0,0                               | 0,5    | 4,6    | 15,1   | 14,5   | 15,7   | 11,5   | 17,8   | 8,9    | 15,4  |
| 5               | 0,0                               | 19,3   | 4,2    | 2,8    | 3,7    | 6,8    | 43,3*  | 18,7   | -      | -     |

\* Población mayor

\*\* Segunda mayor población

**Ciclo de desarrollo.** Los huevos de *S. spinki* son blanco translúcido, ovoides y alargados. La larva de coloración similar a los huevos tiene el cuerpo alargado. Este instar hexápodo incrementa su tamaño hasta llegar a un período quiescente conocido como larva inactiva. En esta fase también es blanca translúcida; las larvas que producirán hembras pueden ser transportadas por los machos, como es común en otras especies de tarsonémidos.

En condiciones de laboratorio *S. spinki* se multiplica rápidamente, la duración de su ciclo de vida varió entre 5 y 9 días desde huevo hasta adulto (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Duración promedio (mínimos y máximos) en días del ciclo de vida de *S. spinki*. Cuba.

| Instar         | Media ± de  | Mínimo | Máximo |
|----------------|-------------|--------|--------|
| Huevo          | 2,94 ± 1,18 | 1,75   | 4,77   |
| Larva          | 2,22 ± 0,39 | 2,02   | 2,87   |
| Larva inactiva | 2,47 ± 1,37 | 2,00   | 3,95   |
| TOTAL          | 7,77 ± 1,56 | 5,75   | 9,64   |

de= Desviación estándar.

Tseng (1985) informó que la duración del desarrollo de esta especie oscila entre 16 y 17 días a 25° C. Al comparar los resultados de ese autor con los obtenidos en esta investigación se aprecia que el ciclo de vida para las condiciones de Cuba disminuyó aproximadamente en 50%, lo cual implica que *S. spinki* ha encontrado condiciones climáticas y varietales más favorables, aspecto que incrementa su importancia como plaga.

### Estudio poblacional

**Hábitat preferencial.** El análisis de la proporción de especímenes de *S. spinki* por vaina con respecto a la población total mostró que el ácaro prefirió las vainas 2 y 3 (Cuadro 2). En cuatro muestreos la población máxima de *S. spinki* se encontró en la hoja 2 y en otros

**Cuadro 3.** Porcentaje de contribución a la población total de los ácaros depredadores por vaina y muestreo. Cuba.

| No. vaina | Porcentaje de depredadores por muestreo |        |       |        |        |       |        |        |
|-----------|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
|           | 6                                       | 7      | 8     | 9      | 10     | 11    | 12     | 13     |
| 1         | 100                                     | 50,0*  | 40,0* | 8,0    | 11,9   | 0     | 8,9    | 7,3    |
| 2         | 0                                       | 25,0** | 20,0  | 16,0   | 23,6** | 9,9** | 28,9** | 21,4   |
| 3         | 0                                       | 12,5   | 0,0   | 41,0*  | 44,7*  | 9,9** | 24,8   | 39,0*  |
| 4         | 0                                       | 12,5   | 40,0* | 25,0** | 19,8   | 80,2* | 37,4*  | 32,3** |
| 5         | 0                                       | 0      | 0     | 10,0   | 0      | 0     | 0      | 0      |

\* Mayor población

\*\*Segunda mayor población

cuatro la segunda población más alta se registró en esa misma vaina. Una situación similar se observó para la vaina 3, que en tres muestreos registró la población máxima y en otros tres tuvo un cantidad de especímenes sólo superada por otra vaina. En los primeros tres muestreos no se encontraron ácaros fitófagos en ninguna de las vainas revisadas.

A partir de este resultado es posible inferir que las vainas 2 y 3 ofrecen las mejores condiciones para el desarrollo de la plaga, posiblemente por las características de su tejido vegetal. Estos elementos pueden servir de base para establecer un método de muestreo que permita estimar la densidad poblacional de esta plaga, que por la singularidad de su hábitat resulta de difícil localización.

En el muestreo 10, la mayor población (Cuadro 2) se encontró en la vaina de la hoja bandera (vainas 5), que coincide con la fase de inflorescencia, periodo que podría considerarse crítico porque una vez localizado el ácaro dentro de la panícula sería aún más difícil su control, lo que indica que la protección fitosanitaria deberá realizarse antes de este periodo.

Las poblaciones de ácaros depredadores en las vainas de las hojas evaluadas no fueron tan regulares como se determinó para *S. pinki* (Cuadro 3). Por tanto, no fue posible establecer una preferencia marcada, como en el caso de la plaga, pero en casi todos los muestreos, en las vainas 2 y 3 se registró uno de los grupos que más contribuyó al total de individuos presentes en la muestra, lo cual podría considerarse como una tendencia general de los depredadores de agruparse en esas vainas (Cuadro 3). Esto coincide con las características conductuales de este grupo taxonómico, el cual es mucho más móvil que la plaga. Este resultado es positivo para estos depredadores en el agroecosistema de arroz e indican que se requieren

estudios complementarios para determinar su potencial para el manejo de *S. pinki*. En los primeros cinco muestreos no se encontraron ácaros depredadores en ninguna de las vainas revisadas.

Es importante destacar que el periodo crítico (muestreo 10), donde se determinó la mayor población de la plaga, no coincide con un incremento proporcional de los depredadores. La temperatura en las zonas donde se produce arroz en Cuba es elevada y los ácaros depredadores presentes en estos campos prefieren condiciones más frescas (Ramos y Rodríguez 1995), que en el caso de este cultivo se encuentran en las partes más protegidas de la planta, y por tanto, no en la hoja bandera. Esto explica porque a pesar de que existe una disponibilidad elevada de *S. pinki* durante esta fase fenológica no hay un incremento de los depredadores, e indica que las medidas fitosanitarias para el control de la plaga deberán ser tomadas antes de que llegue el periodo crítico.

La posición dentro de la vaina no mostró diferencias significativas y únicamente se determinaron diferencias para la fenología del cultivo (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Resultados del Modelo lineal General ( $r^2 = 0,957$ ).

| Parámetros       | gl | F    | P       |
|------------------|----|------|---------|
| Fenología        | 3  | 9,89 | 0,01 *  |
| Temperatura      | 1  | 0,66 | 0,45 ns |
| Humedad relativa | 1  | 0,02 | 0,98 ns |
| Precipitación    | 1  | 4,00 | 0,10 ns |
| Depredadores     | 1  | 0,29 | 0,60 ns |

\* Altamente significativo

Dentro de las fases fenológicas, el periodo de inflorescencia y el de apertura de la panícula-cosecha fueron los que proporcionaron los mayores incrementos de *S. pinki*, sin diferencias entre ellos. Por el con-

trario se determinó una población significativamente menor (Cuadro 5) para las fases de cambio de primordio y macollamiento.

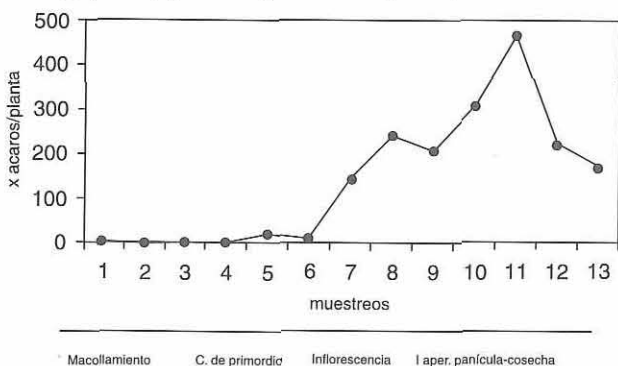
**Cuadro 5.** Prueba de Duncan para las fases fenológicas.

| Fases fenológicas           | Media (sin transf.) ± de |
|-----------------------------|--------------------------|
| Apertura panícula – cosecha | 230,53 ± 2,71 a          |
| Inflorescencia              | 220,23 ± 3,09 a          |
| Cambio de primordio         | 73,66 ± 1,71 b           |
| Macollamiento               | 3,28 ± 1,47 c            |

Letras iguales no difieren  $P < 0,05$ .

De= Desviación estándar

La representación del comportamiento poblacional de *S. spinki* enfatiza los resultados anteriores (Fig. 3), esto evidencia que a partir de la fase de inflorescencia se producen los mayores niveles de este tarso-némido. Resultados similares fueron informados por Tseng (1985) y Almaguel *et al.* (1998).



**Figura 3** Comportamiento población de *S. spinki* según la fase fenológica del cultivo.

La única especie fitófaga presente en las malezas fue *Steneotarsonemus furcatus*; no se encontraron especímenes de *S. spinki* en las malezas, lo cual confirma lo señalado por Tseng (1985) en cuanto a especificidad de esta plaga por el cultivo del arroz.

## Conclusiones

El ácaro presente en las vainas de arroz fue identificado como *S. spinki*. Se registraron altas poblaciones de la plaga. En condiciones de laboratorio este ácaro tiene un ciclo de vida muy corto, lo cual le permite multiplicarse rápidamente. Las mayores poblaciones de *S. spinki* se encontraron en las vainas 2 y 3 de la planta de arroz, con excepción del muestreo 10 de la plaga y 11 y 12 de los depredadores cuando se encontraron en las vainas 4 y 5, lo cual sugiere que éstas deben ser consideradas en los muestreos de campo. En general, los ácaros depredadores tuvieron un comportamiento similar a la plaga en cuanto al hábitat preferencial. La fenología del cultivo fue el único factor que influyó significativamente sobre el comportamiento poblacional de la plaga, siendo las fases de inflorescencia y apertura de la panícula-cosecha las que presentaron las mayores densidades.

## Literatura citada

- Almaguel, L; Hernández, J; Cabrera, RI; Sandoval, I; Ramos, M. 1998. Informe sobre el vaneado de la panícula y la pudrición de la vaina del arroz producido por el complejo del ácaro *Steneotarsonemus spinki* y el hongo *Sarocladium orizae*. INISAV. MINAGRI. 26 p.
- Martínez, CP; Tohme, J; López, J; McCouch, SR; Roca, W; Chatel, M; Guimaraes, E. 1998. Estado actual del mejoramiento del arroz mediante la utilización de especies silvestres de arroz en CIAT. *Agronomía Mesoamericana* 9(1):10- 17.
- Ramos, M; Rodríguez, H. 1995. Eficiencia de *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) en el control de *Tetranychus tumidus* (Banks): I. Prueba en casas de malla. *Revista Protección Vegetal (Cuba)* 10:31-36.
- Reissig, WH; Heinrichs, EA; Litsinger, JA; Moody, K; Fiedler, L; Mew, TW; Barrow, AT; 1985. Rice panicle mite. *In* Illustrated guide to the integrated pest management in rice in tropical Asia. Los Baños, Phillipines, IRRI: 227-232.
- Smiley, R. 1967. Further studies on the Tarsonemidae. *Proceeding of the Entomological Soc. of Washington* 69(2):127-146
- Tseng, YH. 1985. Mites associated with weeds, paddy rice and upland rice fields in Taiwan. *Acarology* VI. 2:770- 780



# Hoja TECNICA

No. 38




## ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal?

Luko Hilje<sup>1</sup>  
Jonathan Cornelius<sup>2</sup>

### Introducción

Las caobas (*Swietenia* spp.) y algunas especies de cedros (*Cedrela* spp.) son aptas para ser cultivadas en plantaciones. Además del gran valor y aceptación de su madera, son de rápido crecimiento y excelente forma. Sin embargo, este potencial no se ha podido aprovechar debido al ataque de la larva de la palomilla *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae).

Este insecto es quizás la principal plaga forestal en América Latina y el Caribe, lo cual se debe a tres factores: *a*) bajo umbral de tolerancia, pues con apenas una larva por árbol el daño resulta severo; *b*) especificidad sobre miembros de la subfamilia Swietenioideae de las Meliaceae (13 especies neotropicales), entre las que figuran especies de alto valor económico; y *c*) amplia distribución geográfica, desde Florida (EE.UU.) hasta Argentina, incluyendo las islas del Caribe.

Esta plaga puede atacar varias estructuras de los árboles (follaje, fuste y frutos), pero su mayor daño consiste en la perforación de los brotes nuevos, y especialmente del brote principal, lo cual provoca la ramificación (Fig. 1). Comúnmente esto sucede en árboles jóvenes y, así, el valor comercial del árbol resulta disminuido o anulado. Además, el crecimiento se detiene. La mortalidad de árboles es poco frecuente, y se presenta solamente si los ataques reiterados agotan las reservas en las plántulas o los árboles jóvenes.

Esta grave situación dio origen a amplias iniciativas de investigación, como lo fue el proyecto del *Grupo de Trabajo Interamericano sobre Hypsipyla grandella*, radicado en el CATIE en el decenio de los 70, así como otros proyectos en el mismo CATIE desde los años 80. Dichas investigaciones hicieron aportes sobresalientes en el conocimiento de la biología y ecología de dicha plaga, así como en numerosas opciones para su manejo, incluyendo el mejoramiento genético, prácticas silviculturales, control biológico y combate químico me-

dante insecticidas sistémicos. No obstante, a pesar de estos útiles aportes, todavía no se cuenta con sistemas de manejo validados, lo cual ha originado el mito de que *H. grandella* es inmanejable como plaga.

Sin embargo, aunque se debe reconocer que *H. grandella* es muy difícil de manejar, hoy existen opciones nuevas, algunas derivadas de las investigaciones mencionadas, las cuales ofrecen un potencial que amerita investigarse más a fondo, o validarse para su manejo sostenible. Por tanto, aquí se pretende resumir los avances logrados con algunas de estas prácticas, con énfasis en los aportes del actual *Grupo de Meliáceas* del CATIE y sus colaboradores.

### Atributos como plaga

Normalmente, para convertirse en plaga forestal, un insecto debe aumentar su densidad hasta un nivel *suficiente* para afectar las semillas, plántulas o árboles, pero un nivel suficiente puede ser alto o bajo dependiendo del insecto de que se trate y del valor económico de estos bienes. Por su parte, la densidad poblacional depende de la interacción entre el *potencial reproductivo* del insecto (fecundidad, longitud del ciclo de vida y proporción de sexos) y la *resistencia ambiental* (clima, cantidad y calidad del hospedante, enemigos naturales, etc.).

Como toda palomilla, *H. grandella* tiene cuatro etapas o estadios durante su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto. La longitud de dicho ciclo puede variar entre 30 y 141 días, dependiendo de la temperatura (entre 30 y 15°C) y otros factores; la fecundidad (cantidad de huevos que la hembra deposita) es de 200-300 huevos; y la proporción de sexos es de una hembra por cada macho.

En realidad, su potencial reproductivo no es tan alto como el de muchas otras plagas. Sin embargo, los insectos que atacan meristemas no requieren altas poblaciones para causar daños serios, debido a la baja abundancia o proporción del re-

<sup>1</sup> Unidad de Fitoprotección. CATIE, Turrialba, Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

<sup>2</sup> Unidad de Plantaciones Forestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. jcorneli@catie.ac.cr



**Figura 1.** Daño de la larva de *H. grandella*, el cual provoca la muerte del brote, causando ramificación excesiva.



**Figura 2.** Arbol de caoba atacado, antes de la poda sanitaria (izquierda). La flecha indica el lugar donde se aplicará ésta y después (derecha) de la poda sanitaria.



**Figura 3.** Hembra de la avispa *Bracon chontalensis*, buscando larvas de *H. grandella* para parasitarlas.



**Figura 4.** Comparación de un brote sano de cedro (tratado con un extracto de hombre grande), con uno dañado (tratado con agua), en el invernadero.

curso alimenticio (ápices y yemas) en las plantaciones forestales.

## Métodos de manejo

El uso de insecticidas para el combate de *H. grandella* ha tenido poca aceptación, tanto por su alto costo como por factores operativos, entre los que destacan la rápida penetración de la larva en el brote tras emerger del huevo, el lavado causado por las lluvias, y los métodos de aplicación *per se*.

Por tanto, es necesario desarrollar un enfoque y prácticas de **manejo integrado de plagas** (MIP), el cual consiste en la combinación de varios métodos para mantener dicha plaga a niveles que no causen pérdidas de importancia económica, sin provocar serios perjuicios ambientales ni humanos. El MIP enfatiza los aspectos de *prevención*, *coexistencia* con la plaga (permitiéndole convivir, pero sin que su daño sea fuerte) y *sostenibilidad* económica y ecológica (uso de métodos eficaces, que dejen ganancias económicas, y que no perjudiquen al ambiente ni a la gente).

Un buen programa de MIP debe fundamentarse en el conocimiento de aspectos bioecológicos claves de la plaga y de los árboles hospedantes, para establecer criterios confiables para la toma de decisiones. Asimismo, idealmente debe enfatizar las prácticas de tipo preventivo, priorizando el *mejoramiento genético*, las *prácticas silviculturales*, el control biológico y el control etológico.

En cuanto a la **toma de decisiones** para el manejo de *H. grandella*, un primer criterio es el *período crítico*, es decir, el intervalo cuando el impacto del ataque es más perjudicial económicamente. Se considera que los primeros tres años de una plantación constituyen el período crítico, por las siguientes razones: *a*) la troza basal es la más valiosa; *b*) es frecuente que un árbol con una bifurcación baja no produzca madera de valor comercial; *c*) el ataque de *H. grandella* retarda el creci-

miento, aumentando los costos de mantenimiento, los cuales son muy altos en los primeros años; y *d*) las evidencias indican que cuando los árboles superan unos 6 m de altura el riesgo de su daño es menor.

Otro criterio es el *umbral económico* o *umbral de acción*, que es la densidad mínima de la plaga a la cual habría que intervenir para evitar que el daño resulte en *pérdidas económicas*. Para *H. grandella* dicho nivel es de apenas una larva por árbol, lo cual se complica con el hecho de que una hembra normalmente deposita sus huevos en grupos de 1-3 por árbol. Por tanto, bastan pocas hembras para infestar toda una plantación. En este caso, este criterio es poco útil para tomar decisiones de manejo debido a este bajísimo umbral de tolerancia, pero remarca la importancia de utilizar métodos de manejo preventivos, como algunos de los descritos a continuación.

**Prácticas silviculturales.** Las prácticas más promisorias se refieren a la *calidad del sitio* seleccionado para plantar las meliáceas, *el uso de sombra lateral* y *las podas*.

Aunque las caobas y cedros pueden crecer, sobrevivir y reproducirse en sitios de baja calidad, esto no significa que tales sitios sean adecuados para su producción comercial. Por el contrario, debido al gran valor de estas maderas, los árboles deberían sembrarse en **sitios de alta calidad**. Asimismo, esta es una consideración crítica para el manejo de *H. grandella*, dado que hay evidencias de que los árboles de mayor crecimiento compensan mejor el ataque, rebrotando más rápido y con menos rebrotes. Además, puesto que los ataques del insecto se presentan como episodios, los árboles de mayor rapidez en su crecimiento tendrían mayor oportunidad de mostrar, intactas, secciones del tallo relativamente largas.

Aunque se desconocen los requerimientos de sitio detallados para las caobas y los cedros, los sitios con suelos someros, muy ácidos y drenaje deficiente deben evitarse. Es preferible sembrar en terrenos con pendientes moderadas o planos,

y suelos de texturas intermedias. En regiones más secas, los suelos arenosos deberían evitarse, especialmente para la caoba. Además, pareciera que en suelos con altos niveles de calcio la incidencia del ataque de *H. grandella* es menor, pero este hallazgo aún requiere mayor sustento experimental. En todo caso, no tiene sentido seleccionar sitios de excelente calidad si no se mantiene adecuadamente la plantación en los primeros años. Un manejo intensivo con chapeas y "rodajeas" oportunas (eliminación de malezas alrededor de la base del árbol) es necesario para asegurar el crecimiento rápido.

Hay evidencias de que la presencia de *sombra lateral* reduce el daño de la plaga, debido a que estimula el crecimiento vertical y la auto-poda. Así, los árboles crecen más rápidamente en altura y, de ser atacados, tienden a responder con un solo rebrote. Para lograr la sombra lateral deseada se puede recurrir a tres opciones: a) la mezcla con otras especies arbóreas, las cuales deben crecer muy rápido y poseer copas densas y más o menos perennes (p. ej., *Cassia siamea* y *Eucalyptus* spp.), para generar suficiente sombra durante el período crítico; b) la siembra de caoba o cedro en hileras, pero dentro de áreas de crecimiento secundario joven (tacotales); y c) la eliminación de las malezas en las plantaciones en carriles a lo largo de la línea de plantación, dejando una hilera con malezas en el centro, para permitir el desarrollo rápido de barreras naturales entre las hileras de árboles.

Aunque las *podas* no son un método preventivo, son eficaces para atenuar el efecto del ataque de *H. grandella*. Hay dos tipos de ellas. En árboles con ataques recientes y frescos se puede aplicar una poda sanitaria, de modo que el brote principal se corta en un punto localizado inmediatamente debajo de donde termina el daño. Así se elimina la infestación en el árbol y queda un corte impecable (Fig. 2), el cual cicatrizará bien y permitirá la brotadura rápida.

En el caso de árboles con daño más viejo, que ya han respondido emitiendo dos o más brotes competidores, debe efectuarse una poda para dejar solamente un brote, pero el corte se hace una vez que éste se haya lignificado suficiente, para reducir así la probabilidad de reincidencia del ataque en la sección del brote ya producida. Sin embargo, las podas muy frecuentes reducen mucho la tasa de crecimiento de los árboles, por lo que actualmente se investigan los aspectos de costos y beneficios de los diferentes intervalos de poda, así como de la utilidad de ambos tipos de poda.

**Mejoramiento genético.** Como está implícito en los párrafos previos, un "buen" árbol de caoba o de cedro es aquel que pueda crecer rápidamente y tienda a responder al ataque de *H. grandella* con apenas un rebrote (o unos pocos). Este objetivo también podría lograrse mediante la selección genotípica al nivel de procedencias o de individuos.

Existen notorias diferencias genéticas entre procedencias de cedro y caoba. Por ejemplo, en un experimento con cedro, ubicado en la zona atlántica de Costa Rica, a los 20 meses la procedencia de Upala mostró una altura promedio 36% mayor que la de otras tres procedencias de la zona Atlántica. En la misma especie se ha encontrado también variación genética a nivel de la procedencia, tanto en la dominancia apical después del ataque simulado (decapitación), como en el contenido foliar de taninos y protoantocianidinas, que podrían actuar como defensas contra insectos; de hecho, en otro experimento, la procedencia con mayor contenido de estos compuestos resultó ser la menos atacada durante los primeros cinco meses de desarrollo.

Además, existe variación genética de importancia a nivel individual. Por ejemplo, en un experimento clonal con *C. odorata*, los promedios para la altura hasta la primera bifurcación variaron entre 2,2 y 5,7 m entre clones. Para la caoba, en Turrialba, arbolitos procedentes de Panamá produjeron un promedio de 2,2 rebrotes por árbol después de la decapitación con tijera, mientras que los de Costa Rica mostraron 3,1 rebrotes por árbol. El número promedio de rebrotes para las progenies de Costa Rica varió entre 1,7 y 4,1 por árbol.

En ambos casos, el potencial para el mejoramiento genético es evidente, y es indudable que si se dispusiera de programas de mejoramiento bien financiados, se podrían obtener importantes ganancias de tipo práctico.

La existencia de variación genética en el nivel poblacional también tiene aplicaciones inmediatas. En general, los productores forestales deberían evitar la utilización de semilla obtenida de zonas ecológicas diferentes de la zona en que se establecerá la plantación de caobas o cedros, puesto que, para varias especies tal práctica ha causado pérdidas en productividad importantes y hasta catastróficas. Esto es muy importante con caobas y cedros, que crecen naturalmente en ambas vertientes en América Central, pues las características genéticas de las poblaciones del Pacífico y el Atlántico son muy diferentes. En uno de los experimentos mencionados anteriormente, la altura de mejor procedencia de la zona Atlántica superó en 100% al promedio de las procedencias de la zona seca.

**Control biológico.** Consiste en la utilización de los enemigos naturales de *H. grandella* (parasitoides, depredadores y entomopatógenos), para que regulen sus poblaciones. Hasta ahora se han identificado al menos 11 especies de parasitoides, incluyendo avispidas (familias Braconidae, Ichneumonidae y Trichogrammatidae) y moscas (Tachinidae), así como de depredadores (avispidas grandes, chinches, arañas, etc.), los cuales atacan los huevos o larvas de dicha plaga. Por su parte, los entomopatógenos (virus, bacterias, hongos y nematodos) le causan enfermedades y la matan.

A pesar de su presencia en el campo, estos enemigos naturales no controlan de manera eficiente las poblaciones de *H. grandella* cuando se establecen plantaciones de caobas y cedros con fines comerciales. Una posible explicación es que las hembras de algunas especies de parasitoides (Fig. 3) necesitan refugio y alimentos (néctar) presentes en plantas silvestres, pero en las plantaciones forestales comúnmente predominan las gramíneas, que no ofrecen estos recursos.

Por tanto, actualmente se realizan investigaciones para determinar cuáles plantas ofrecerían estos recursos, para entonces sembrarlas dentro de las plantaciones. Así, al aumentar la fecundidad y la longevidad de las hembras, que son las que atacan a los huevos o larvas de *H. grandella*, se favorecería el incremento de las poblaciones de parasitoides y el manejo de la plaga.

**Control etológico.** Se refiere a los efectos de factores que alteran el comportamiento de *H. grandella*, incluyendo sustancias atrayentes, así como repelentes y disuasivos.

En el primer caso, actualmente se trabaja en el aislamiento y síntesis de la feromona sexual de la hembra, la cual atrae a los machos. De lograrse esto, podría colocarse en trampas y usarse como herramienta de monitoreo para aplicar medidas de combate en momentos críticos, o como método de combate directo.

A su vez, estos momentos críticos podrían predecirse utilizando los requerimientos térmicos de *H. grandella*. Se ha determinado preliminarmente que se presenta un pico poblacional cada 1881 grados-día (cantidad de temperatura acumulada, necesaria para que la población exprese ciertos fenómenos, a partir de una fecha predefinida), por lo que se podría concentrar el combate en períodos oportunos, antes de cada pico.

La otra opción son las sustancias que repelan a las hembras, para que no se acerquen a los árboles, o que inhiban la oviposición una vez que las hembras se posan en el árbol. Asimismo, hay sustancias que inhiben la alimentación o el desarrollo de las larvas. Hasta ahora no se ha hallado sustancias repelentes de *H. grandella*, aunque algunas sí disuaden a las larvas.

Por ejemplo, los extractos alcohólicos de hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae) y de ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae), cuando se aplican sobre los brotes de la caoba y cedro evitan que las larvas se alimenten de éstos y mueren de inanición (Fig. 4). Por su parte, el Nim 80, que es un aceite proveniente de la semilla del árbol de nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae), actúa diferente, pues impide que las larvas pequeñas muden su piel y mueran casi de inmediato, sin poder penetrar en el brote.

Aunque los extractos crudos de hombre grande y ruda, así como los productos comerciales a base del nim, podrían

aplicarse directamente a la parte aérea del árbol, sería mejor incorporarlos al suelo en el momento de la siembra. Puesto que ellos se pueden transportar de manera sistémica dentro de los árboles, quizás podrían formularse como productos de liberación controlada, para así aumentar su duración y efecto. Esto se ha documentado para algunos insecticidas sistémicos convencionales, los cuales dieron protección total contra *H. grandella*, en árboles de cedro, por varios meses.

## Perspectivas

Sin duda, los avances reseñados muestran que hay buen potencial en las nuevas opciones para el manejo de *H. grandella*. Es decir, el problema no es lo inmanejable que aparenta ser. No obstante, hay que reconocer que aún falta profundizar en algunos de estos métodos y, sobre todo, en su integración y validación bajo condiciones comerciales, en el campo.

Sin embargo, es recomendable actuar con cautela, ya que aunque *H. grandella* es el principal factor limitante para la obtención comercial de madera de caoba y de cedros, de resolverse este problema podrían surgir otros y causar nuevas dificultades. Quizás el hecho mismo de que la mayoría de los proyectos de reforestación con meliáceas haya abortado, ha impedido observar ya sea problemas fitosanitarios (otros insectos o patógenos) o biofísicos, que podrían afectar a estas especies en etapas posteriores de su desarrollo.

## Literatura consultada

- Grijpma, P. Ed. 1973. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep., Pyralidae. San José, Costa Rica. IICA Miscellaneous Publ. No. 101. v. 1. 91 p.
- Grijpma, P. 1974. Contribution to an integrated control programme of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Costa Rica. Ph.D. Dissertation. The Netherlands, University of Wageningen. 147 p.
- Newton, AC; Baker, P; Ramnarine, S; Mesén, JF; Leakey, RRB. 1993. The mahogany shoot borer: Prospects for control. *Forest Ecology and Management* 57: 301-328.
- Newton, AC; Watt, AD; López, F; Cornelius, JP; Mesén, JF; Corea, EA. 1999. Genetic variation in host susceptibility to attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Zeller). *Agricultural and Forest Entomology* 1: 11-18.
- Mancebo, F; Hilje, L; Mora, G; Salazar, R. 2000. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Crop Protection* 19: 301-305.
- Mancebo, F; Hilje, L; Mora, GA; Castro, VH; Salazar, R. 2001. Biological activity of *Ruta graveolens* (Rutaceae) and *Sechium pittieri* (Cucurbitaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Revista de Biología Tropical* 49 (2) (En prensa).
- Mayhew, JE; Newton, AC. 1998. The silviculture of mahogany. Wallingford, Oxford, Inglaterra, CABI Publishing. 226 p.
- Taveras, R. 1999. Aspectos bioecológicos y caracterización del daño de *Hypsipyla grandella* (Zeller) en caoba, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83 p.
- Whitmore, JL. Ed. 1976. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Lep., Pyralidae. San José, Costa Rica. IICA Miscellaneous Publ. No. 101. v. 2. 139 p.
- Whitmore, JL. Ed. 1976. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Lep., Pyralidae. San José, Costa Rica. IICA Miscellaneous Publ. No. 101. v. 3. 116 p.

# Reconocimiento y oviposición del parasitoide *Encarsia lutea* en *Bemisia tabaci*

Kátia M.M. de Siqueira<sup>1</sup>

Angela M.I. de Farias<sup>2</sup>

Francisca N.P. Haji<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Se describe el comportamiento de reconocimiento y oviposición de *Encarsia lutea* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitando a *Bemisia tabaci* biotipo B (Homoptera: Aleyrodidae). Se realizaron 24 observaciones usando un microscopio estereoscópico, cada una de las cuales tuvo una duración de 15 min, registradas a través del programa "The Observer" (Noldus Information Technology). Las principales formas de inspección realizadas por el parasitoide fueron mediante las antenas y el ovipositor en el siguiente orden: encuentro con el hospedante, palpación del hospedante con las antenas, prueba con el ovipositor, rechazo u oviposición. La duración promedio de la oviposición fue de 156,2+ 85,2 seg (n=28). Se observó preferencia significativa por la oviposición en ninfas de tercer y cuarto instar. Ninguna ninfa de primer instar fue seleccionada para la oviposición. Se observó que algunos parasitoides después de retirar el ovipositor, se alimentaban de exudados del hospedante. El comportamiento observado fue semejante al informado en la literatura para otras especies de Aphelinidae.

**Palabras clave:** *Encarsia lutea*, *Bemisia tabaci*, Parasitoides, Oviposición, Reconocimiento.

**ABSTRACT. Recognition and oviposition of the parasitoid *Encarsia lutea* on *Bemisia tabaci*.** The oviposition and recognition behaviour of *E. lutea* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoid of *B. tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) are described. A total of 24 observations, each of which had a duration of 15 minutes and recorded with The Observer program (Noldus Information Technology), were performed using a stereo microscope. The main forms of inspection realised by the parasitoid were with the antennae and with the ovipositor, in the following order: encounter with the insect host, touching of the insect host with the antennae, probing with the ovipositor, rejection or oviposition. The average oviposition time was 156.2+85.2 sec (n=28). A significant preference for oviposition on third and fourth instar nymphs was observed. No first instar nymph was selected for oviposition. After retracting the ovipositor some parasitoids were observed feeding on exudates of the host. The behaviour observed was similar to that reported in the literature for other species of Aphelinidae.

**Key words:** *Encarsia lutea*, *Bemisia tabaci*, Parasitoids, Oviposition, Recognition.

## Introducción

El cultivo del tomate para uso industrial es una actividad agrícola de gran importancia económica y social en los Estados de Bahía y Pernambuco, Brasil, especialmente en la zona del Médio São Francisco, las cuales aportan más del 50% de la producción nacional de este cultivo (EMBRAPA 1994). A pesar de ser uno de los cultivos más tecnificados presenta problemas fitosanitarios, principalmente ocasionados por insectos plagas,

los cuales se han agravado por el uso excesivo e indiscriminado de plaguicidas, por la permanencia de rastros del cultivo y por el escalonamiento de siembras en una misma área, entre otros factores (Haji 1992).

En Brasil a partir de 1991, se determinó la presencia de grandes poblaciones de mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius en hortalizas y plantas ornamentales en varios municipios de São Paulo (Lourenção y

<sup>1</sup> UNEB, Departamento de Tecnología e Ciências Sociais, Campus III, Juazeiro-BA; CEPET-PE, Centro Federal de Ensino Tecnológico, UNED-Petrolina-PE Brasil. siqueiramedeiros@uol.com.br.

<sup>2</sup> Departamento de Zoologia, CCB, Universidad Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

<sup>3</sup> Embrapa Semi-Arido, Petrolina, PE, Brasil.

Nagai 1994). Especímenes de mosca blanca recolectados en junio de 1993, en plantas de tomate para uso industrial en el Distrito Federal, fueron identificados como *B. tabaci* (biotipo B), también denominada *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (França *et al.* 1996). A finales de 1995 en la región Submedia del Valle del São Francisco se determinó la presencia de mosca blanca (Haji *et al.* 1996).

El origen de este nuevo biotipo no fue bien determinado, pero existen fuertes indicios de que ésta población exótica de *B. tabaci* fue introducida y diseminada en Estados Unidos a partir de poblaciones del Caribe y más recientemente, de América Central (Villas Bôas *et al.* 1997). Estudios realizados entre 1992 y 1993 confirmaron la presencia del biotipo B en Belice, Brasil, Guatemala, Honduras y el noroeste de México, específicamente el Estado de Sonora (Brown 1994).

En el cultivo del tomate, uno de los síntomas más severos, provocados por el ataque de mosca blanca es la maduración irregular de los frutos que internamente presentan un color blancuzco y textura esponjosa, promoviendo la madurez no uniforme, lo cual hace difícil el reconocimiento del punto de cosecha, ocasionando una reducción de la producción de tomate industrial, del precio del producto y de la calidad de la pulpa (Haji *et al.* 1997).

Además de los daños directos, la mosca blanca es responsable de la transmisión de virus, lo cual es considerado el problema más importante de los cultivos agrícolas. En tomate, transmite el *Virus del mosaico dorado del tomate* (BGMV), perteneciente al grupo de los geminivirus. La acción del virus, de forma general, se presenta con síntomas característicos de amarillamiento total de la planta, enanismo acentuado y corrugamiento severo de las hojas terminales, pudiendo causar la pérdida total de la producción (Villas Bôas *et al.* 1997).

La mosca blanca, actualmente diseminada en la región submedia del Valle del São Francisco fue identificada como *B. tabaci* (biotipo B). Este biotipo se caracteriza por su fácil adaptación a nuevas plantas hospedantes y a diversas condiciones climáticas y por su resistencia a los insecticidas tradicionalmente utilizados para su control (Villas Bôas *et al.* 1997).

El control biológico, asociado con otras prácticas de manejo, puede contribuir significativamente en el combate de esta plaga. El uso de enemigos naturales, nativos o exóticos, unido a la conservación de la fauna existente, ocupa un importante papel en la reducción de

poblaciones de mosca blanca (Villas Bôas *et al.* 1997).

Los parasitoides son los agentes más eficaces en programas de control biológico en invernadero. Las especies usadas con mejor resultado para el control biológico de moscas blancas son las avispa de la familia Aphelinidae, pertenecientes a los géneros *Encarsia* Foerster y *Eretmocerus* Haldeman (López y Botto 1997).

En muestreos de enemigos naturales realizados en la región submedia del Valle del São Francisco, en plantaciones de tomate y uva, sin aplicación de plaguicidas, se identificó *Encarsia lutea* (Hymenoptera: Aphelinidae), como parasitoide de *B. tabaci* (biotipo B) (Moreira *et al.* 1999).

El comportamiento de la plaga en un agroecosistema puede ser modificado por varios factores, tales como temperatura, humedad, precipitación, modificaciones en la fisiología de la planta ocasionada por factores genéticos o nutricionales. Las alteraciones ocurridas en la planta conllevan cambios en el comportamiento de la plaga, y en consecuencia en los enemigos naturales que actúan de forma integrada en la relación planta-plaga-parasitoide. Los estudios sobre el comportamiento de los parasitoides han despertado el interés de investigadores que buscan conocer mejor los estadios en los cuales se produce el parasitismo, con el propósito de lograr la optimización de esos organismos en programas de control biológico.

Para ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de los parasitoides de *B. tabaci* (biotipo B), se realizó esta investigación con el objetivo de registrar y describir el comportamiento de reconocimiento y oviposición de *E. lutea* parasitando en *B. tabaci*, en tomate industrial.

## Materiales y métodos

**Insecto hospedante.** Para la formación de las colonias de *B. tabaci* (biotipo B), se recolectaron especímenes en plantaciones de tomate, en el Municipio de Juazeiro, Bahía, Brasil en febrero de 1998. Parte de ese material fue enviado para la identificación al Dr. Rafael Caballero del Departamento de Entomología de la Universidad de Arizona, EUA. Las moscas blancas fueron identificadas como *B. tabaci* (biotipo B) (= *Bemisia argentifolii*). La identificación se basó en un análisis de ADN, utilizando la técnica de PCR con cebadores correspondientes a una sección del ADN mitocondrial-COI.

Las colonias de *B. tabaci* se mantuvieron en jaulas

de 1x1x1 m, usando plantas de tomate variedad IPA-6, en condiciones de invernadero, a una temperatura media de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $70,6 \pm 5\%$ . Este pie de cría permitió que se contara continuamente con hojas infestadas con los instares utilizados en el experimento.

**Parasitoide.** Los especímenes de *E. lutea* se obtuvieron directamente del campo, en plantaciones de tomate variedad IPA-06, en la Estación Experimental de Mandacarú de Embrapa Semi-Árido, en Juazeiro, Bahía. Algunos especímenes fueron enviados para su identificación al Dr. Andrew Polaszek del Natural History Museum, London, UK. El material biológico identificado, se encuentra en el Laboratorio de Entomología de Embrapa Semi-Árido.

Las hojas de tomate fueron recolectadas en el campo, colocadas en bolsas de papel y llevadas al Laboratorio de Entomología de Embrapa Semi-Árido. Estas hojas se examinaron usando un microscopio estereoscópico, y aquellas que mostraban ninfas de *B. tabaci*, con señales de parasitismo, fueron separadas y colocadas en tubos de vidrio, cerrados con tul doble y una banda elástica. Los tubos fueron colocados en una incubadora a  $25^\circ\text{C}$  y, dos veces al día, se revisaron para de detectar la emergencia de los parasitoides. En la medida en que los parasitoides iban emergiendo, las hembras eran separadas de los machos, de acuerdo al color, tamaño y presencia del ovipositor. Estas se colocaron en tubos de vidrio conteniendo una gota de miel. Los tubos se cerraron y después de 24-48 h de la emergencia, se realizaron las observaciones de comportamiento.

**Planta hospedante.** La planta hospedante utilizada fue de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) de la variedad IPA-06. Esta variedad de tomate industrial es una de las más utilizadas en el noreste de Brasil, y es resistente a *Fusarium* raza 1, *Fusarium* raza 2 y nematodos (Costa y Faria 1995).

**Estudios sobre el comportamiento.** En condiciones de laboratorio, se realizaron 24 observaciones de *E. lutea*, teniendo como hospedante *B. tabaci* (biotipo B), en hojas de tomate, a una temperatura media de  $27,3 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $65,5\%$ .

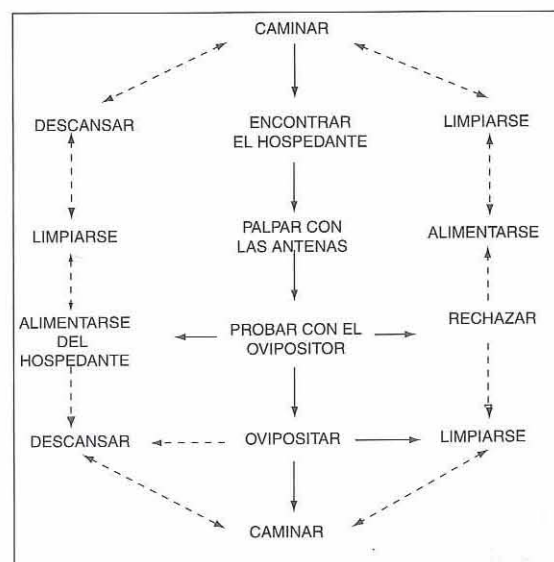
Cada observación se realizó usando una hoja de tomate infestada con los diversos instares de *B. tabaci*, la cual se depositó en una caja de plástico acrílico transparente, de 6 cm de diámetro x 2 cm de altura. Inmediatamente, se colocó sobre la hoja una hembra del parasitoide, de 24 a 48 h de emergencia. La caja se se-

lló e inmediatamente, con un microscopio estereoscópico se hicieron las observaciones.

Cada observación tuvo una duración de 15 min. Para determinar el tiempo utilizado se consideró el trabajo de Van Roermund y Van Lenteren (1995b) quienes determinaron un tiempo promedio de permanencia de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinida) de 23 min en hojas de tomate infestado con ninfas de *B. tabaci* y un tiempo medio de 16 min en hojas no infestadas. Los parámetros evaluados en las observaciones fueron: duración del movimiento del parasitoide (tiempo caminando y tiempo parado o detenido en un sitio); frecuencia y duración del comportamiento de aseo; posición de oviposición (cantidad y duración); instar parasitado; y palpación del hospedante mediante sus antenas. Cada uno de estos aspectos se registró y analizó (promedio y desviación estándar) utilizando el programa "The Observer", versión 2.0 (Noldus Information Technology, Wageningen, The Netherlands). Para la prueba  $\chi^2$  se utilizó el programa estadístico "Statistical Graphics System", versión 5.1

## Resultados y discusión

Después de introducir la caja plástica conteniendo la hoja de tomate infestada con los diversos instares de *B. tabaci* (biotipo B), la hembra de *E. lutea* exhibió diferentes tipos de comportamiento (Fig. 1) descritos a continuación:



**Figura 1.** Esquema de los comportamientos de *E. lutea* parasitando *B. tabaci* (biotipo B). Las flechas de líneas continuas indican la secuencia de los principales comportamientos de selección y oviposición. Las flechas discontinuas indican los comportamientos secundarios. Adaptados de Van Lenteren *et al.* (1980).

## Movimiento

La hembra de *E. lutea* tardó en promedio  $304,3 \pm 155,9$  seg (33,8%) del tiempo total de la observación caminando sobre la hoja de tomate infestada con los diversos instares de mosca blanca y  $595,6 \pm 155,9$  seg (66,2%) parada o detenida en un punto. Al caminar sobre la hoja, la hembra tocó con las extremidades de las antenas la superficie, palpando o examinando, en movimientos alternados. Según van Roermund y van Lenteren (1995b), la principal secuencia de comportamientos relacionados con la oviposición ocurre cuando el parasitoide tiene contacto con su hospedante, mediante la palpación con las antenas. Esta secuencia puede ser observada en la figura 1. Mientras caminaba, la hembra podía detenerse para descansar, alimentarse en la superficie de la hoja, asearse o encontrar al insecto hospedante.

## Encuentro y reconocimiento del hospedante

Se considera que el parasitoide encuentra el hospedante cuando palpa una ninfa con sus antenas; por tanto, la palpación con las antenas es el primer contacto realizado. Entonces podían ocurrir dos eventos: 1- el parasitoide palpaba la ninfa con sus antenas y continuaba caminando por la hoja, y 2- el parasitoide se detenía e iniciaba la palpación mediante movimientos circulares de sus antenas, realizaba esta acción sobre el cuerpo de la ninfa, luego daba un giro de  $180^\circ$  y reiniciaba la palpación con las antenas.

En las 24 observaciones realizadas se registró un total de 106 encuentros, de los cuales 39 correspondieron a palpación con las antenas sin el reconocimiento o aceptación del hospedante (36,8%) o la palpación sin introducir el ovipositor, y los restantes 67 fueron palpación mediante movimientos circulares de las an-

tenas (63,2%). Todas las palpaciones, en círculos, con las antenas fueron seguidas de la introducción del ovipositor, evidenciando que la hembra reconoció e inicialmente, mediante ese primer contacto, aceptó la ninfa, dando inicio a una evaluación interna del hospedante.

## Comportamiento de oviposición

La palpación, con movimientos circulares de las antenas antecedió a la posición de oviposición. Después de esa evaluación, el parasitoide se ubicó sobre la ninfa, flexionó el abdomen, distendió el ovipositor y lo introdujo. La hembra permaneció detenida o parada con apenas leves movimientos del cuerpo. Después de introducir el ovipositor, la hembra mostró comportamientos diferentes, tales como: 1- Permaneció con el ovipositor introducido en la ninfa durante poco tiempo, menos de 100 seg, y posteriormente se retiraba, lo cual se interpretó en este estudio, como un comportamiento de prueba y rechazo; 2- Permaneció con el ovipositor introducido por un período mayor a 100 seg, probablemente, depositando un huevo y luego se retiraba, este comportamiento fue considerado como posición de oviposición. En las 24 observaciones realizadas algunas hembras mostraron este comportamiento más de una vez, para un total de 28 posiciones de oviposición; 3- Permaneció poco tiempo con el ovipositor introducido, lo retiraba, realizaba una palpación circular con sus antenas y volvía a introducirlo en la misma ninfa, este comportamiento fue considerado como de pruebas repetidas; 4- Después de retirar el ovipositor, la hembra se alimentó en el lugar donde había introducido éste, este comportamiento fue denominado prueba seguida de alimentación. La frecuencia y duración de cada comportamiento se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tipos de comportamiento de oviposición de *E. lutea* en ninfas de *B. tabaci* (biotipo B).

| Comportamientos observados       | Frecuencia | %          | n  | Duración (seg)<br>Promedio $\pm$<br>Desviación estándar |
|----------------------------------|------------|------------|----|---|
| Prueba y rechazo                 | 11         | 16,41      | 6  | $49,7 \pm 22,8$   |
| Posición de oviposición          | 28         | 41,79      | 17 | $156,2 \pm 85,2$  |
| Pruebas repetidas                | 12         | 17,91      | 3  | $44,0 \pm 32,8$   |
| Pruebas seguidas de alimentación | 16         | 23,88      | 4  | $56,2 \pm 36,9$   |
| <b>Total</b>                     | <b>67</b>  | <b>100</b> |    |   |

n = número de hembras observadas.



Abdel-Fattah *et al.* (1987) señalaron que el tiempo promedio de oviposición oscila entre 1-2 min para *E. lutea* parasitando *B. tabaci*. El tiempo de posición de oviposición en este estudio coincide con los resultados citados anteriormente; sin embargo, no se verificó si la hembra depositó un huevo durante este tiempo (Fig. 2). De acuerdo con van Lenteren *et al.* (1980), para que ocurra la oviposición, la hembra además de adoptar la posición de oviposición, realiza movimientos con el abdomen en dirección vertical, moviendo el ovipositor dentro del cuerpo de la ninfa, luego permanece en el sitio sin moverse, y en esa fase que ocurre la postura del huevo. Esta secuencia de eventos fue considerada para el registro de la posición de oviposición.

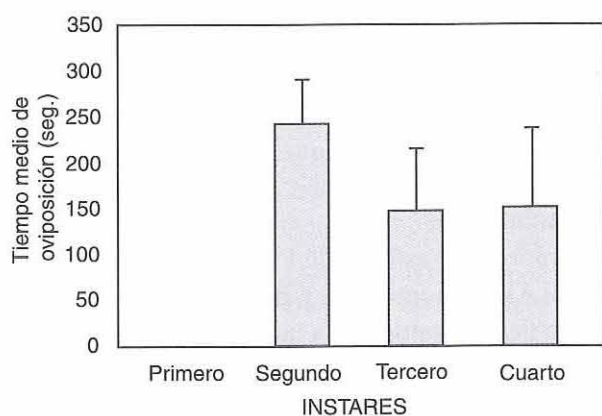


Figura 2. Tiempo promedio de oviposición de *E. lutea* en los diversos instares de *B. tabaci* (biotipo B) en hojas de tomate, variedad IPA-6.

### Preferencia por un instar

Ninguna ninfa de primer instar, móvil o inmóvil, fue seleccionada para la oviposición probablemente, debido a su tamaño. Según Viggiani (1984), los parasitoides primarios del suborden Homoptera generalmente no completan su desarrollo en ninfas de primer instar. Se determinó que dos hembras seleccionaron ninfas de segundo instar (7,14%); ocho escogieron ninfas de tercer instar (28,57%) y 18 prefirieron ninfas de cuarto instar (64,28%) (Fig. 3). Estos resultados sugieren una preferencia significativa por ninfas de tercer y cuarto instar ( $\chi^2 = 49,97$ ; gl = 2;  $P < 0,05$ ).

Abdel-Fattah *et al.* (1987) observaron una preferencia significativa de *E. lutea* por ninfas de segundo y tercer instar de *B. tabaci*. Por otro lado, Gerling y Foltyn (1987) encontraron una preferencia por ninfas de tercer instar y los dos primeros estadios de cuarto instar, señalando además que ninfas de primer y se-

gundo instar fueron frecuentemente ignoradas o abandonadas. En este estudio, se registró una preferencia de *E. lutea* por ninfas de tercer y cuarto instar; no obstante, algunas ninfas de segundo instar también fueron aceptadas para la posición de oviposición (Fig. 3).

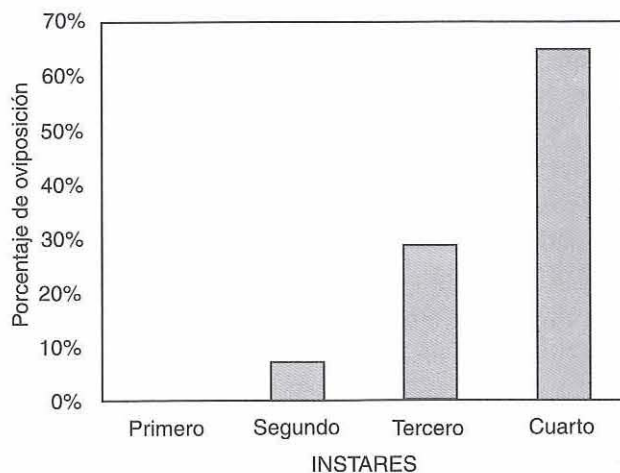


Figura 3. Preferencia de *E. lutea* por los instares de *B. tabaci* (biotipo B) en hojas de tomate, variedad IPA-6.

### Comportamiento de alimentación, limpieza y descanso

El parasitoide se alimentó en la superficie de la hoja de tomate o en la propia ninfa. Al alimentarse en la ninfa, usó la secreción azucarada expelida a través del orificio vasiforme, localizado en el dorso de la ninfa o los exudados del cuerpo de ésta después de que retiraba el ovipositor. Se observaron cuatro hembras ( $n = 24$ ) alimentándose de los fluidos de las ninfas, siendo el promedio de  $0,16 \pm 0,32$  hospedantes por parasitoide. La principal fuente nutricional de proteína utilizada por las hembras de los parasitoides son los fluidos del cuerpo del hospedante. Según van Lenteren *et al.* (1996) este comportamiento de depredación es un importante componente para la regulación de la población del hospedante en conjunto con el parasitismo. En este estudio, el número de ninfas utilizadas por el parasitoide para la alimentación fue alto, comparado con el informado por Enkegaard (1994), que observó un aumento en la depredación a temperaturas elevadas, siendo en promedio  $0,12 \pm 0,05$  hospedantes por parasitoide a  $28^\circ\text{C}$ ;  $0,006 \pm 0,006$  a  $22^\circ\text{C}$  y  $0 \pm 0$  a  $16^\circ\text{C}$ . Algunas hembras ( $n = 3$ ) perforaron la ninfa varias veces con el ovipositor, en promedio  $4,4 \pm 1,49$  veces, con una duración promedio de  $44,0 \pm 32,7$  seg.

Gerling y Foltyn (1987), en un estudio sobre el comportamiento de oviposición de *E. lutea* parasitando *B. tabaci*, observaron los siguientes comportamientos: detenerse con las antenas en movimiento, caminar y examinar al insecto hospedante, ponerse en posición de oviposición, perforar y alimentarse del hospedante. En este estudio se registró un componente más, que fue el comportamiento de limpieza del cuerpo. Prácticamente, cada vez que concluía la posición de oviposición, la hembra realizaba la limpieza del cuerpo. Según Vinson (1997) la secuencia de comportamientos concluye con el aseo, alimentación y reposo.

No se encontró ninguna correlación significativa entre el tiempo utilizado en la posición de oviposición, limpieza y movimiento. En este experimento, se observó que de 28 posiciones de oviposición registradas, 22 fueron seguidas por la limpieza del cuerpo de la hembra. Esta, al retirar el ovipositor de la ninfa permaneció sobre ella, realizando los movimientos de limpieza que consistían en frotar las patas posteriores sobre el abdomen o las alas, las patas anteriores en las antenas o en el aparato bucal y unas contra las otras.

El tiempo que el parasitoide permaneció en la hoja está relacionado con las actividades de oviposición, limpieza, descanso y alimentación (Cuadro 2). Como no se registró el tiempo de alimentación y de descanso individualmente, no fue posible diferenciar la proporción utilizada para cada una de estas actividades. Se consideró como comportamiento de descanso aquel en el cual el parasitoide permaneció totalmente detenido, apenas realizando leves movimientos de las antenas.

**Cuadro 2.** Tipos de comportamientos registrados para *E. lutea*, cuando fue expuesta a hojas de tomate infestadas con ninfas de *B. tabaci* (biotipo B).

| Comportamiento          | Porcentaje |
|-------------------------|------------|
| Caminar                 | 33,81      |
| Limpiarse               | 12,06      |
| Posición de oviposición | 17,35      |
| Alimentarse y descansar | 36,78      |
| Total                   | 100        |

Entre los comportamientos observados, aquel en que el parasitoide utilizó la mayor parte del tiempo fue caminando sobre la hoja, determinándose un total de 106 encuentros con el hospedante, produciéndose 28 posiciones de oviposición. Los resultados concuer-

dan con las observaciones de van Roermund y van Lenteren (1995a y 1995b) o sea, el encuentro del parasitoide con los hospedantes parasitados o no parasitados, y el contacto con la miel propicia un mayor tiempo de permanencia del parasitoide en la hoja, lo cual explica la mayor densidad de parasitoides en hojas infestadas, en comparación con hojas no infestadas.

## Conclusiones

Las principales formas utilizadas por el parasitoide para la evaluación del hospedante fueron realizadas mediante las antenas y el ovipositor. La palpación circular con las antenas antecedió siempre a la posición de oviposición. El parasitoide mostró preferencia por ninfas de tercer y cuarto instar. Además se determinó un comportamiento de depredación al alimentarse de las ninfas. El comportamiento de reconocimiento y de posición de oviposición de *E. lutea* en *B. tabaci* biotipo B, fue semejante al informado para otras especies de la familia Aphelinidae que parasitan mosca blanca.

## Agradecimientos

A la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA—SemiArido), por el apoyo para la realización de este estudio y a la Universidad del Estado de Bahia por la beca de estudio (PAC) durante la experimentación.

## Literatura citada

- Abdel-Fattah, MI; Hendi, A; Kolaib, MO; El-Said, A. 1987. Studies on *Prospaltella lutea* Masi, a primary parasite of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) in Egypt (Hymenoptera: Aphelinidae). Bulletin de la Societé Entomologique d'Égypte 65:119-129.
- Brown, JK. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agro-ecosystems worldwide. FAO Plant Protection Bulletin 42:3-32.
- Costa, ND; Faria, CMB de. 1995. Cultivos da cebola e do tomate industrial. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, Apostila do curso de atualização técnica para engenheiros agrônomo do banco do Brasil, Petrolina, PB. 35 p. Datos inéditos.
- EMBRAPA. (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido). 1994. Recomendações técnicas para o cultivo do tomate industrial em condições irrigadas. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA/FUNDESTONE, 52 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 30).
- Enkegaard, A. 1994. Temperature dependent functional response of *Encarsia formosa* parasitizing the poinsettia-strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*, on poinsettia. Entomologia Experimentalis et Applicata 73:19-29.
- França, FH; Villas Bôas, GL; Castelo Branco, M. 1996. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 25(2):369-372.

- Gerling, D; Foltyn, S. 1987. Development and host preference of *Encarsia lutea* (Masi) and interspecific host discrimination with *Eretmocerus mundus* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoids of *Bemisia tabaci* (Gennadius), (Homoptera: Aphelinidae). *Journal of Applied Entomology* 103:425-433.
- Haji, FNP. 1992. Manejo de pragas do tomateiro no Submédio São Francisco. In Fernandes, OA; Correia, A do CB; Bortoli, SA de Ed. *Manejo Integrado de Pragas e Nematóides*. Jaboticabal, FUNEP. p. 341-352.
- Haji, FNP; Lima, MF; Tavares, SCC de H; Alencar, JA de; Prezotti, L. 1996. Recomendações fitossanitárias para a cultura do tomate industrial nos perímetros irrigados do Submédio São Francisco- Ano Agrícola de 1996. Petrolina, Brasil, EMBRAPA-CPATSA. 8 p. EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, no 65.
- Haji, FNP; Alencar, JA de; Lima, MF; Mattos, MA de A; Honda, OT; Haji, AI. 1997. Avaliação de produtos para o controle da mosca branca (*Bemisia* spp.) na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Petrolina, EMBRAPA-CPATSA. 6 p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, no. 84).
- López, SN; Botto, EN. 1997. Biology of a South American population of *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) attacking the greenhouse whitefly. *Biological Control* 9:1-5.
- Lourenção, AL; Nagai, H. 1994. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. *Bragantia* (Brasil) 53(1):53-59.
- Moreira, AN; Haji, FNP; Diniz, RS; Santos, AP; Mattos, MAZ.; Barbosa, FB; Alencar, JA. 1999. Parasitóides de *Bemisia argentifolii* em tomateiro e videira no Submédio do vale do São Francisco. In Encontro Latino-Americano e do Caribe sobre Moscas Brancas e Geminivirus (8, 1999, Recife, Brasil). Anais e mini-resumos. IPA. p.147.
- Van Lenteren, JC; Nell, HW; Sevenster-van der Lelie, LA. 1980. The parasite host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IV. Oviposition behaviour of the parasite, with aspects of host selection and host feeding. *Journal of Applied Entomology* 89:442-454.
- Van Lenteren, JC; Roermund, HJW van; Sütterlin, S. 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? *Biological Control* 6:1-10.
- Van Roermund, HJW; van Lenteren, JC. 1995a. Foraging behaviour of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on tomato leaflets. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 76:131 3-324.
- Van Roermund, HJW; van Lenteren, JC. 1995b. Residence times of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) on tomato leaves. *Journal of Applied Entomology* 119:465-471.
- Viggiani, G. 1984. Bionomics of the Aphelinidae. *Annual Review of Entomology* 29:257-276.
- Villas Bôas, GL; França, FH; Ávila, AC de; Bezerra, IC. 1997. Manejo Integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*. Brasília, DF, EMBRAPA-CNPq. (EMBRAPA-CNPq. Circular Técnica, 9).
- Vinson, SB. 1997. Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In Zucchi, RA; Montero, RC. Ed. *Trichogramma* e o controle aplicado. Piracicaba, FEALQ. p. 67-119.

# Insectos plaga de la guanábana (*Annona muricata*) en Costa Rica

Daniel Coto A<sup>1</sup>  
Joseph L.Saunders<sup>2</sup>

**RESUMEN.** La guanábana (*Annona muricata* Linnaeus) es una fruta tropical con gran potencial económico, dado su valor comercial y la demanda en el mercado externo. En Costa Rica, en los últimos años, debido al incremento del área de producción y a la poca asistencia técnica que se le ha dado al cultivo, varios insectos plaga han incrementado sus poblaciones, ocasionando una disminución del rendimiento y de la calidad de la fruta. Las principales especies encontradas en plantaciones ubicadas en la zona atlántica y norte de Costa Rica son: *Cratosomus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), *Corythucha gossypii* (Hemiptera: Tingidae), *Toxoptera aurantii* (Homoptera: Aphididae), *Saissetia coffea* (Homoptera: Coccidae), *Pinnaspis strachani* (Homoptera: Diaspididae), *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae), *Trigona* spp. (Hymenoptera: Apidae), *Bephratelloides maculicollis* (Hymenoptera: Eurytomidae), *Tecla ortygnus* (Lepidoptera: Lycaenidae) y *Cerconota anonella* (Lepidoptera: Oecophoridae). Para cada especie se presentan los principales aspectos biológicos, ecológicos y daños producidos.

**Palabras clave:** Guanábana, *Annona muricata*, Insectos, Costa Rica.

**ABSTRACT. Insect pests of soursop (*Annona muricata*) in Costa Rica.** Soursop (*A.muricata* Linnaeus) is a tropical fruit of great economic potential, given its commercial value and the demand of the external market. Recently, in Costa Rica, due to the increasing area of production and the limited technical assistance given to the crop, the populations of several insect pests have increased causing a reduction in the yield and quality of the fruit. The principal species found on plantations in the Atlantic zone and Northern Costa Rica are: *Cratosomus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), *Corythucha gossypii* (Hemiptera: Tingidae), *Toxoptera aurantii* (Homoptera: Aphididae), *Saissetia coffea* (Homoptera: Coccidae), *Pinnaspis strachani* (Homoptera: Diaspididae), *Planococcus citri* (Homoptera:Pseudococcidae), *Trigona* spp. (Hymenoptera: Apidae), *Bephratelloides maculicollis* (Hymenoptera: Eurytomidae), *Tecla ortygnus* (Lepidoptera: Lycaenidae) y *Cerconota anonella* (Lepidoptera Oecophoridae). The main biological and ecological aspects and damage caused are presented for each species.

**Key words:** Soursop, *Annona muricata*, Insects, Costa Rica

## Introducción

Las plagas constituyen una limitante severa en la producción de frutales en América Central y en el resto del mundo. Los fruticultores se enfrentan a reducciones en el rendimiento de sus cosechas, debido a la gran

cantidad de insectos plagas que los afectan en sus diferentes estados de desarrollo.

Las condiciones ambientales de América Central y de otros países de América Latina favorecen la producción de gran cantidad de especies frutales tropica-

<sup>1</sup> Unidad de Fitoprotección. CATIE. Turrialba, Costa Rica. dcoto@catie.ac.cr

<sup>2</sup> Turrialba, Costa Rica. jsaunders@catie.ac.cr

les. Muchas de éstas pueden cultivarse en diversos hábitats, lo cual ocasiona que un número considerable de insectos plagas pueden causarles daño.

La siembra intensiva y con poca tecnología de algunos frutales, unido al desequilibrio ecológico producido por prácticas inadecuadas de manejo de insectos plagas han ocasionado que algunas plagas secundarias se conviertan en primarias para muchos de estos cultivos. Una de estas prácticas es el uso excesivo de insecticidas, que elimina el control biológico natural, el cual regula las poblaciones de insectos en la naturaleza.

El diagnóstico fitosanitario permite determinar la existencia de los principales insectos plagas, así como de aquellos organismos benéficos (parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos) que en forma natural regulan las poblaciones, en zonas donde el hombre todavía no ha provocado un desequilibrio ecológico. Además este permite conocer la distribución de la plaga, su biología, ecología e impacto económico en las áreas destinadas a la producción de un determinado cultivo.

La guanábana (*Annona muricata*), de la familia Annonacea, es originaria de América tropical. Esta fruta posee un aroma y sabor excepcional que la hacen apetitosa y tiene una variedad de usos industriales.

*A. muricata*, considerada la especie más importante de las Anonáceas, es un arbusto o árbol pequeño de 3 a 8 m de altura, ramificado desde la base; sin embargo, también pueden encontrarse árboles con un eje central dominante. Las ramas son redondeadas, ásperas, rojizas y sin pubescencia; las hojas son oblongas u ovaladas, duras o coriáceas, verde oscuro brillante en el haz y amarillentas y opacas por el envés. Las flores son hermafroditas, pediceladas y de olor penetrante, axilares, individuales o en grupos de dos o más que pueden crecer sobre ramitas, ramas o tronco. El fruto es una baya múltiple o sin sincarpo; es asimétrico, elipsoidal u ovoide y mide 14 - 40 cm de largo y 12-18 cm de diámetro, recubierto de espinas suaves. Su cáscara es delgada y coriácea, verde oscuro brillante, y se torna un poco amarillenta al madurar. La pulpa es blanca, cremosa, jugosa, semiácida, fibrosa y muy aromática. Las semillas son numerosas, ovoides, comprimidas dorsalmente y pardo oscuro brillante. Su hábito de crecimiento es normalmente extendido, con follaje compacto.

Anteriormente, la siembra consistía en árboles dispersos; no obstante, esto ha cambiado y actualmente se encuentran plantaciones compactas. Esta condi-

ción ha permitido que algunos insectos asociados a este frutal se adaptarán bien, gracias a la mejor calidad de alimento y abundantes sitios de refugio para reproducirse, convirtiéndose en plagas importantes que limitan la producción.

## Metodología

Se realizó una revisión de literatura sobre la biología de las principales plagas de la guanábana. Se realizaron búsquedas en bases de datos bibliográficas nacionales e internacionales. Posteriormente, se consultaron los artículos más relevantes sobre biología, ecología y daños causados por estas plagas.

Además este estudio incluyó una fase de campo y una fase de laboratorio. En la fase de campo se realizaron giras periódicas a diversas plantaciones de guanábana en Costa Rica, con el objetivo de realizar el reconocimiento de daños y de los insectos asociados a éstas. Se muestrearon hojas, tallos y frutos de árboles establecidos, en plantaciones de la zona atlántica y norte de Costa Rica. En cada muestreo se hizo una prospección de la plantación, con una duración aproximada de 3 h. En cada plantación se realizaron tres muestreos.

La investigación de laboratorio se basó en el estudio de la biología de algunas de las plagas; algunas completaron el ciclo biológico. Las muestras de material vegetal e insectos, fueron colocadas en bolsas plásticas insufladas con cierre semi-hermético para su traslado al laboratorio. Una parte de la muestra se conservó en alcohol y en montaje en alfiler, para su identificación y registro en la colección de insectos plaga y organismos benéficos del CATIE.

El resto de la muestra se colocó en cajas plásticas, las cuales contenían papel toalla húmedo; los insectos se alimentaron con el mismo material vegetal donde fueron recolectados, con el fin de confirmar el daño observado en condiciones de campo, así como su ciclo de vida. Se describió cada insecto plaga, así como el daño ocasionado.

## Descripción de las plagas

Se encontraron varios insectos plaga atacando árboles de guanábana en la zona atlántica y norte de Costa Rica. Los especímenes recolectados fueron identificados a nivel de especie y para cada uno de ellos se presenta una descripción basada en las observaciones realizadas en los sitios muestreados, así como en el material recolectado y en los estudios biológicos realizados en condiciones de laboratorio. También se in-

cluye información sobre los aspectos biológicos y ecológicos obtenida mediante la revisión de literatura sobre el tema.

Las plagas descritas se ordenaron alfabéticamente bajo el Orden y familia a la que pertenecen.

## **Coleoptera: Curculionidae**

### ***Cratosomus* sp.**

Esta plaga es conocida como picudo de ramas y tallos de la guanábana. Su presencia se ha informado en Costa Rica, siendo su hospedante la guanábana. *Cratosomus* oviposita en los tallos o ramas.

La larva mide 40 mm de longitud, es cremosa, de textura blanda y en su dorso muestra una mancha parda muy evidente al final del abdomen; la cabeza posee mandíbulas muy fuertes. Las pupas son exaradas. El adulto es oscuro con gran cantidad de protuberancias sobre el cuerpo y mide entre 30 y 35 mm de longitud. El pico o rostrum es largo.

La larva construye galerías hasta de 12 mm de diámetro en las ramas y tallos del árbol. El daño inicial es difícil de detectar; los árboles con daños avanzados se marchitan y mueren. Una larva es capaz de construir un túnel de 40 cm de largo antes de transformarse en pupa.

Esta plaga es importante en las áreas donde las poblaciones son altas.

## **Hemiptera: Tingidae**

### ***Corythucha gossypii* (F.) (= *Corythucha decens*, *Tingis decens*, *T. gossypii*)**

Conocida como chinche de encaje o chinche de alas reticuladas. Su presencia se ha informado en el sur de Estados Unidos, México, América Central y El Caribe. Entre sus hospedantes están la guanábana, algunos cultivos perennes como la papaya, maracuyá y granadilla y otros cultivos anuales como algodón, yuca, camote, berenjena y chile.

Los huevos son ovipositados de uno en uno, en el envés de las hojas, a menudo dentro o junto a las venas; generalmente, están cubiertos por una secreción gomosa negra. Esta fase tarda de 4 a 7 días. Las ninfas pasan por cinco instares, para una duración total de 16-21 días. Son amarillos pálido al inicio, con marcas pardas sobre el tórax y abdomen pero después las ye-

mas de las alas se vuelven pardas. El adulto mide entre 3-4 mm, son blanco-grisáceo con apariencia vidriosa, con reticulaciones como encaje en la expansión del pronoto y las alas delanteras. La cabeza se encuentra debajo de un capuchón puntiagudo, alas ligeramente yuxtapuestas y redondeadas en el ápice cuando el insecto está en descanso.

Las ninfas y los adultos se alimentan en colonias de todas las edades sobre el envés de las hojas, a menudo cerca de una vena principal o dentro de una bolsa o depresión en la hoja.

Debido a la succión de savia se produce senescencia prematura, se observa primero un punteado blanco cremoso, seguido por áreas de amarillamiento o bronceado en el haz de las hojas; en grandes poblaciones retardan el crecimiento, especialmente durante condiciones secas.

*C. gossypii* es una plaga importante en guanábana durante la época seca.

## **Homoptera: Aphididae**

### ***Toxoptera aurantii* Fonscolombe**

Conocido como áfido negro de los cítricos, esta plaga se encuentra en los trópicos, subtrópicos y el mediterráneo. La guanábana es uno de sus hospedantes más importantes, otros son algunos cultivos perennes como cítricos, cacao, café, mango y otras Anonáceas.

La ninfa es marrón o marrón oscuro. Las hembras aladas miden de 1-1,78 mm de largo. La cabeza, los segmentos antennales I-II, el ápice del III-IV-V, la base del VI, el ápice del proceso terminal (flagelo), el estigma de las alas anteriores, los fémures excepto la base, la base y ápice de las tibias, los tarsos, los sífnuculos y cauda son negros; el resto de las antenas y patas son claros. El abdomen es marrón caoba a negro. Las alas tienen la vena media dividida en dos ramas.

*T. aurantii* se encuentran generalmente en el envés de las hojas, retoños jóvenes, flores y pedúnculos. Las hojas jóvenes atacadas se enrollan y el ápice se torna curvo hacia abajo.

Los pedúnculos de los frutos se debilitan, se tornan negros y se caen. En ataques severos, los retoños nuevos pueden ser destruidos. Esta plaga constituye un serio problema en plantas en viveros y sobre todo en injertos jóvenes. La mielecilla excretada por los áfidos se acumula en el haz de las hojas y sobre los frutos, estimulando el crecimiento de fumagina

(*Capnodium* sp.) lo cual disminuye la fotosíntesis. Además esta especie es vector del virus de la tristeza de los cítricos, el cual causa el marchitamiento del follaje y posteriormente la muerte de los árboles.

Esta plaga es importante, principalmente, en viveros y como vectores de virus fitopatógenos.

## Coccidae

*Saissetia coffeae* (Walker) (= *Coccus hemisphaerica*, *Lecanium coffeae*, *L. hemisphaericum*, *Saissetia hemisphaerica*).

Denominada escama hemisférica o cochinilla hemisférica. Su presencia se ha informado en el trópico, subtropico y la región del Mediterráneo. Entre los hospedantes más importantes están la guanábana, el café, la guayaba, la anona, el aguacate, el mango, los cítricos, la uva y la yuca.

Los huevos son ovales, rosado pálidos. La hembra ovíparita bajo la cutícula cerosa. La ninfa recién nacida mide 1 mm de largo, es oval y alargada, amarillo pálido con una coloración rosada, pero conforme crece cambia de forma oval alargada a anchamente oval y a rojiza, observándose una elevación de su perfil, hasta alcanzar la forma hemisférica una vez madura. Los instares ninfales dorsalmente presentan carenas que forman una H (igual que *S. oleae*) la cual desaparece cuando la escama alcanza el estado adulto. En instares avanzados se fijan al tejido vegetal.

La hembra es sésil, áptera y carece de escudo protector, mide de 2-4 mm de largo y 2 mm de ancho. Al inicio es roja, con una carina longitudinal media y dos transversales sobre la cutícula cerosa formando una H, la cual desaparece cuando inicia la postura. Luego se torna convexa (hemisférica), es marrón oscura, el borde del cuerpo es aplanado y saliente; la superficie del cuerpo es lisa, dura y lustrosa. En especímenes montados en portaobjetos se observa que el dorso está fuertemente esclerotizado y tiene numerosas areolas redondas y ovales. Posee una placa anal triangular, cada una con tres setas apicales cortas y una seta discal larga. Las setas marginales son de varios tamaños, algunas casi tan largas como la seta del medio del grupo estigmático; las setas tienen el ápice un poco ensanchado, plano y desgastado. Las setas dorsales son cortas, cónicas y romas ó semejantes a una espina. Ventralmente muestra poros discoidales multiloculares en la región de la vulva, y en hileras transversales en to-

dos los segmentos abdominales. Posee ductos tubulares de tres tipos, cada uno con un fino filamento. El macho mide 2,5 mm de largo, es rojizo y sus antenas son cortas. Posee alas muy brillantes con venación roja; el extremo abdominal tiene dos filamentos delgados blancos. La reproducción es partenogenética. Esta especie puede confundirse con *S. oleae* cuando es joven, pero sus carinas dorsales desaparecen con la postura, lo cual no ocurre en *S. oleae*, además ésta es más oscura.

Las ninfas y los adultos se fijan del tallo, pecíolos, y ramas succionando la savia de la planta, ocasionando amarillamiento y pérdida de la capacidad fotosintética, por secreción de la mielecilla que ellas producen y que lleva a la formación de fumagina.

*S. coffeae* es una plaga de moderada a menor importancia.

## Diaspididae

*Pinnaspis strachani* (Cooley)

Conocida como escamosa blanca y escama blanca de la guanábana, se le encuentra en las áreas tropicales del mundo. Entre sus hospedantes están la guanábana y otros cultivos como la anona y el algodón.

Las ninfas en sus primeros instares se localizan caminando por los brotes tiernos y frutos, luego se fijan al tejido, donde permanecen hasta alcanzar el estado adulto. El escudo del macho en su último instar es blanco y alargado, de consistencia blanda, presenta tres carinas longitudinales. El escudo de la hembra mide 2,2 mm de largo, y tiene forma de mejillón ó pera, muy aplanada y blanca (Fig. 1). Los machos son alados.

Las ninfas y adultos se alimentan de los jugos de los frutos y brotes tiernos; los frutos fuertemente atacados pueden deformarse. El daño repercute en la calidad del fruto y en la presencia de daño cosmético.

*P. strachani* es una plaga importante del cultivo de Anonáceas, principalmente durante la época seca.

## Pseudococcidae

*Planococcus citri* (Risso) (= *Dorthisia citri*, *Coccus tuliporum*, *Dactylopius citri*, *D. destructor*, *D. secretus*, *Phenacoccus spiriferus*, *P. spiniferus*, *Pseudococcus citri*, *Planococcoides cubanensis*, *Planococcus cucurbitae*).

Es conocida como cochinilla harinosa de los cítricos, chinche harinosa y chinche harinosa de los cítricos. Se encuentra en regiones tropicales, subtropicales y cálidas templadas del viejo y nuevo mundo. Es una plaga polífaga y entre sus principales hospedantes están la guanábana, café, cítricos, cacao, banano, mango, papa-ya, uva, guayaba, marañón, chicozapote y coco.

La fase de huevo dura de 2 a 10 días. Estos miden 0,33 de mm de longitud, son ovalados, y su color varía de amarillo a rosado claro. Los huevos son depositados dentro de un ovisaco que consiste de una secreción filiforme blanca; la hembra oviposita entre 50 y 600 huevos. La ninfa mide 0,5 mm de longitud, es elíptica alargada, algo más ancha anteriormente que posteriormente. Las ninfas recién nacidas son amarillo pálido, luego se tornan rosadas pálido y se cubren de cera pulverulenta.

La hembra es áptera y carece de escudo, es segmentada, mide 1,6-3,3 mm de largo, es amarilla pálida a naranja castaño. El cuerpo está cubierto por una secreción glandular blanca, excepto por una línea dorsal media casi desnuda. Al ser observada en el microscopio, el cuerpo es oval, las antenas y patas están bien desarrolladas y son largas, hay poros transparentes sobre la coxa y tibia posterior. El margen del cuerpo posee 18 cerarios; cada uno con dos setas cónicas, los preoculares en ocasiones con una o tres, los del lóbulo anal cada uno tiene dos setas cónicas y de una a dos setas auxiliares y algunos poros triloculares sobre una área moderadamente esclerotizada. La superficie dorsal del cuerpo con setas flageladas y ausencia de poros discoidales multiloculares. La superficie ventral tiene setas normales, presencia de poros discoidales multiloculares en una hilera transversal doble o sencilla en el borde posterior de la mayoría de los segmentos abdominales, y una hilera transversal en el borde anterior de los segmentos 5° y 7°. En el margen lateral de los segmentos abdominales 4° y 7° se localizan grupos de poros multiloculares y algunos frecuentemente en el área media de la cabeza y tórax; pero detrás de la coxa anterior no se encuentran presentes más de seis.

Los machos son alados y miden 1mm de largo; se desarrollan en estructuras pequeñas semejantes a un cocón, y son del mismo color que la hembra. En regiones tropicales pueden desarrollarse diez generaciones por año. *P. citri* puede confundirse con otras cochinillas harinosas como *Pseudococcus longispinus*; pero en ésta el par de filamentos posteriores en el extremo del abdomen es tan largo como la longitud del cuerpo; en *Fe-*

*rrisia virgata* no hay filamentos cerosos en los bordes laterales del cuerpo y sólo posee un par de filamentos largos en el extremo posterior del abdomen y sobre el cuerpo se observan numerosos filamentos largos. Esta especie completa su ciclo biológico en 25-30 días.

*P. citri* ataca brotes tiernos, ramas, hojas, flores y frutos, pero también puede atacar raíces, especialmente, de plantas jóvenes. Las ninfas y los adultos succionan la savia de la planta debilitándola; en ataques severos esta plaga provoca la caída de botones florales y frutos recién formados. La producción de sustancias azucaradas por las cochinillas favorece la aparición del hongo *Capnodium* sp., que interfiere con la fotosíntesis y produce daño cosmético en los frutos.

*P. citri* es una plaga importante en viveros y en plantaciones recién establecidas.

## Hymenoptera: Apidae

### *Trigona* spp.

Denominada popularmente como arragre, abeja negra, jicote, atarrá, congo y avispa. Se encuentra en Centro y Sur América, México y El Caribe. Entre los hospedantes más importantes están la guanábana, el plátano, el guineo, la macadamia, el maracuyá, la granadilla, el cacao y los cítricos.

La obrera adulta es una abeja negra brillante o pardo, peluda y sin aguijón, de 5-8 mm de longitud y pegajosa al tacto. Viven en grandes colonias, en nidos contruidos sobre los árboles o dentro de árboles huecos.

Las obreras se alimentan de los márgenes de las hojas ocasionando cortes en forma de encaje; en los brotes ocasionan pérdida de las yemas meristemáticas lo que causa proliferación de rebrotes laterales, cuando se alimenta de los botones florales incurre en la pérdida del número de frutos, y cuando se alimenta directamente de la epidermis de los frutos, ocasiona múltiples cicatrices en ellos, lo cual facilita el ingreso de patógenos y la pérdida de valor comercial del fruto por daño cosmético.

Esta especie bajo ciertas circunstancias puede ser un serio problema para el cultivo de guanábana, principalmente donde hay muchas colmenas.

## Eurytomidae

*Bephratelloides maculicollis* Cameron (= *Bephrata maculicollis*)



Conocido como taladrador de las semillas de la guanábana y perforador de semillas y frutos de guanábana. Se ha informado su presencia en Centro y Sur América y El Caribe. Sus hospedantes son la guanábana y la anona.

Las hembras introducen el ovipositor en la pulpa de frutos tiernos y ovipositan en las semillas, en una misma semilla pueden ser depositados varios huevos, pero sólo una larva se desarrolla. La duración de la fase de larva varía entre 40 y 50 días; al emerger ésta es blanca, cilíndrica, con segmentos distintos, sin patas y en la cabeza posee un par de mandíbulas bien desarrolladas que le facilita comer dentro de las semillas. La fase pupal tarda entre 14 y 20 días. Las pupas son exaradas, blancas al inicio pero luego se tornan pardo claro. Estas empupan dentro de la cáscara de la semilla.

La hembra mide entre 6 y 8 mm de largo, tiene el abdomen lateralmente comprimido, brillante y castaño negruzco con un ovipositor largo. La cabeza es anaranjada oscura con el vértice negruzco, pronoto dorsal y lateralmente en su mayoría anaranjado oscuro el resto negruzco, mesotorax y metatorax entre negro y marrón. Las alas anteriores con una mancha parda en el área del pterostigma, el cual es negro. Los ojos son rojos, tiene antenas negras, el extremo anterior y posterior de los fémures amarillo claro, el resto es oscuro, y las coxas son negras. Los machos son más pequeños que las hembras y muy parecidos a ellas. El adulto emerge del fruto a través de un túnel que construye y que comunica al exterior, deja un hoyo circular en la cáscara como punto de salida. El ciclo de vida se completa en un período de 60-75 días.

Los adultos hacen túneles en la pulpa del fruto (Fig. 2) y las larvas se alimentan del embrión de las semillas, construyendo galerías en ella. La presencia de túneles en el fruto facilita la entrada de patógenos que provocan su pudrición. En frutos tiernos los túneles endurecen la cáscara quedando una cicatriz permanente. Los daños iniciales son difíciles de detectar porque la larva se desarrolla dentro de las semillas. Los orificios que se aprecian en la parte externa del fruto son indicadores de que los adultos han emergido y quizás estén iniciando un nuevo proceso de infección en otros frutos.

*B. maculicollis* es una plaga importante en guanábana y anona.

## Lepidoptera: Lycaenidae

### *Tecla ortygnus* Cramer (*Oenomaus ortygnus*)

Conocido como barrenador del fruto de la guanábana y polilla de la guanábana. Se encuentra en Costa Rica, Guatemala, Panamá, Trinidad & Tobago, México y algunas regiones de Brasil. Sus hospedantes son la guanábana y anona.

La fase de huevo tarda entre 3 y 4 días. Estos miden 0,9 mm de diámetro, son blancos translúcidos, de forma semi-hemisférica, un poco achatados en la punta y con una depresión en ella. La superficie está cubierta con estrías longitudinales y transversales en forma espiralada. La hembra oviposita en los pedúnculos florales, flores y en la epidermis de los frutos, generalmente son depositados individualmente, pero también se pueden encontrar en grupos de cinco. La fase de larva tarda de 11 a 12 días; éstas miden 17 mm de longitud por 5,5 mm de ancho, su coloración varía de grisácea a verde oliva (Fig. 3). Poseen una cabeza pequeña y retráctil con el cuello largo. El cuerpo está dorsalmente comprimido, de forma onisciforme y ligeramente redondeado en los extremos, cubierto de setas cortas y pequeñas que le dan una apariencia áspera, las bases de las setas son estrelladas. Poseen una placa protorácica romboide, dividida al centro por un surco claro. Los espiráculos son blancos y anchamente ovales, poseen un par de glándulas en el dorso del séptimo segmento abdominal.

La fase de pupa tarda de 12 a 14 días. Estas miden 12 mm de longitud y 5 mm de ancho; la cabeza y los apéndices son amarillo-castaño, el tórax es oscuro y delicadamente reticulado, el abdomen es rojo-castaño o oscuro. Cuando se alimenta de las flores *T. ortygnus* empupa en el suelo, pero cuando se alimenta de los frutos construye un capullo de seda dentro del fruto, cerca del borde de la cáscara, en el cual empupa. El adulto mide 12 mm de largo y 36 mm de expansión alar (Fig. 4). En el macho las alas son azul iridiscente con áreas marginales oscuras bien definidas, y una mancha castaña entre la tercera y cuarta vena radial. En las hembras son azul iridiscente pasando gradualmente a negro en las áreas marginales. Las alas posteriores tienen una línea blanca sinuosa. La parte inferior del cuerpo es blanco, el fémur tiene la cara anterior oscura y la posterior blanca, la tibia y el tarso con anillos que se alternan entre blanco y negro.

Las larvas se alimentan de las flores y de los frutos. Cuando ataca las flores las destruye impidiendo la polinización y formación de frutos. En frutos, cuando la larva nace comienza a comer la cáscara hasta perforarlo, luego barrena la pulpa de la cual se alimenta. El fruto infestado presenta pequeños orificios tapizados por los excrementos que la misma larva expulsa hacia el exterior. Cuando el ataque se presenta en frutos pequeños éstos se secan, se tornan negros, caen al suelo o permanecen momificados en el árbol. En frutos grandes y con pocas larvas se presentan pudriciones parciales y pueden llegar a madurar, conteniendo aún las larvas o pupas de donde saldrán los adultos.

*T. ortygnus* es una plaga importante del cultivo de la guanábana porque causa daños en flores y frutos.

## Oecophoridae

### *Cerconota anonella* (Sepp) (= *Stenoma anonella*)

Esta plaga es llamada perforador de los frutos de la guanábana y de la anona. Se ha informado su presencia en Centro América, norte de Sur América, Ecuador y El Caribe. Sus hospedantes son guanábana y anonas.

La fase de huevo tarda de 2 a 8 días. Los huevos miden entre 0,5 y 0,6 mm de largo y 0,3 mm de ancho, de contorno oval, coriun con estrías longitudinales y transversales; recién puestos son verde pálido y translúcidos. La hembra oviposita de fruto en fruto o en diferentes partes de un mismo fruto o en los peciolo; cada hembra deposita 50 huevos en promedio. La fa-



Figura. 1. Hembras adultas, machos y ninfas de *Pinnaaspis strachani*, atacando el fruto.



Figura. 2. Daño ocasionado por *Bephratelloides maculicollis* a la semilla.

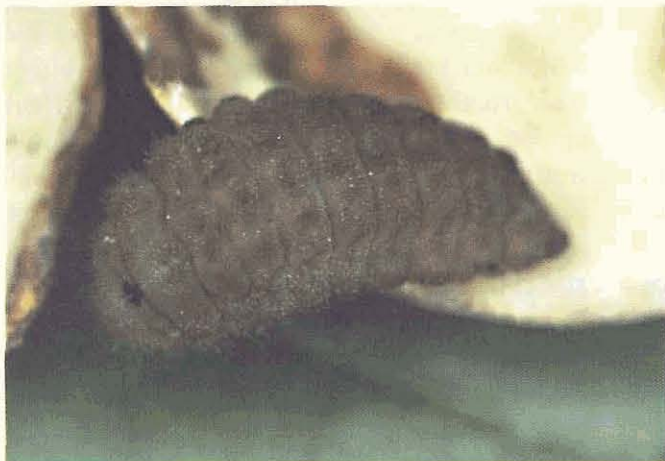


Figura. 3. Larva de *Tecla ortygnus*.



Figura. 4. Adulto de *Tecla ortygnus*.

se larval tiene una duración de 10 a 26 días. Estas miden de 18-20 mm de largo, pasa por cinco instares; con plaquetas pardas sobre el cuerpo, en sus primeros instares cuando se alimentan de frutos sanos la larva es blanca o crema rosado y verde cuando se desarrollan dentro de frutos dañados o momificados. Al completar su desarrollo adquieren un tono violeta o púrpura, tienen la cabeza y patas torácicas castaño oscuro o negro; el octavo segmento abdominal lleva dos pináculos cerca del espiráculo, y posee espiráculos ovales. La fase de pupa tarda entre 11 y 21 días. Las pupas miden de 8 a 10 mm de largo, de coloración pardo oscura y de forma un poco aplanada. Empupa en un capullo de seda dentro del fruto cerca del borde de la cáscara. El adulto tiene una longitud de 7-7,5 mm de largo y 18-23 mm de expansión alar, de coloración uniforme en tono pajizo, excepto la superficie dorsal de las alas anteriores que es blanca-plateada, con incrustaciones de escamas oscuras, y una pequeña mancha oscura en el medio del ala, equidistante del margen anterior y posterior. Poseen franjas transversales irregulares más o menos curvas y oscuras. El margen lateral tiene flecos y una línea oscura entrecortada. Las alas posteriores son más anchas pero más cortas que las anteriores. Las hembras son más grandes que los machos. El ciclo de vida dura en promedio 37 días.

Cuando la larva nace comienza a comer la cáscara del fruto hasta perforarlo, luego barrena la pulpa de la cual se alimenta. El fruto infestado presenta pequeños orificios tapizados por los excrementos que la misma larva expulsa hacia el exterior. Cuando el ataque se realiza en frutos pequeños, éstos se secan, se tornan negros, caen al suelo o permanecen momificados en el árbol. En frutos grandes y con pocas larvas se presentan pudriciones parciales y pueden llegar a madurar, conteniendo aún las larvas o pupas de donde saldrán los adultos.

*C. anonella* es una plaga muy importante de la guanábana porque puede reducir considerablemente la producción.

### Literatura consultada

- Baraona, MC. 1989. La guanábana. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrarias. 50 p.
- Baraona, MC. 2000. Jocote, anona y cas, tres frutas campesinas de América. 1. ed. Heredia, Costa Rica, EUNA. 151 p.
- Barbagallo, S; Cravedi, P; Pasqualini, E; Patti, I. 1997. Aphids of the principal fruit-bearing crops. Italia, Bayer. 123 p.
- Berry, PA. 1959. Entomología económica de El Salvador, El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico No. 24. 255 p.
- Brunner, SC; Acuña, J. 1967. Sobre la biología de *Bephrata cubensis* Ashm., el insecto perforador de las frutas anonáceas. Academia Ciencias Cuba. Inst. Agron. Ser. Agr. 1:14.
- Brussel, EW; Wiedjick, F. 1975. Prospects for cultivation of soursop in Surinam with special reference to the sour-sop moth (*Cerconota anonella* Sepp.) and the sour-sop wasp (*Bephrata maculicollis* Cam. ). Surinamse Landbou. 21:48-61.
- Bustillo, AE; Peña, JE. 1992. Biology and control of the Annona fruit borer *Cerconota anonella* (Lepidoptera: Oecophoridae). Fruits 47 (1):81-84.
- Caloba, J; Dasilva, NM. 1995. Insects associated with soursop, *Annona muricata* L. and biriba, *Rollinia mucosa* (Jacq.). Bail in Amazonas state. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 24 (1):179-182.
- Cermeli, M. 1984. Claves para la identificación de áfidos capturados en trampas en Venezuela. Maracay, Venezuela, FONAIIP. Serie A, No. 2-02. 162 p.
- Chiesa, MO. 1942. Entomología agrícola. San Juan. Buenos Aires, Argentina. 571 p.
- Chiesa, MO. 1948. Las plagas de la agricultura. Manual práctico de procedimientos modernos para combatirlas. Buenos Aires, Argentina, El Ateneo. 497 p.
- Doesburg, PH. 1964. Two insect pest of sour-sop in Surinam Caribbean Agriculture 3 (1):797-803.
- Domínguez, GF. 1998. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. 9 ed. Barcelona, España. 821 p.
- Elizondo, MR. 1989. Consideraciones agronómicas del guanábano (*Annona muricata* L.) en Costa Rica 1. ed. San José, Costa Rica, MAG-ASOPROGUA-INA-UCR. 208 P.
- Fennah, RG. 1937a. Lepidopterous pests of the sour-sop in Trinidad. (1) *Cerconota (Stenoma) anonella* Sepp. Tropical Agriculture 14(6):175-178.
- Fennah, RG. 1937b. Lepidopterous pests of the sour-sop in Trinidad. Tropical Agriculture. 14 (8):244-245.
- Fundación Centro Frutícola Andino. 1990. El cultivo de los frutales en el Valle del Cauca. Cali, Colombia. 134 p.
- Gallo, D; Nakano, O; Silveira, S; Pereira, R; Casadei, G; Berti, E; Postali, JR; Zucchi, RA; Alves, SB. 1978. Manual de entomología agrícola. Universidade de Sao Paulo. 531 p.
- Granadino, CA; Cave, RD. 1994. Inventory of arthropods and pathogenic fungi of *Annona* in four localities of Honduras. Turrialba (Costa Rica) 44(3):129-139.
- Gutiérrez, B A; Tróchez, A. 1977. Studies of *Annona* pests in Cauca valley. Rev. Col. Entomol. 3: 39-47.
- Martínez, NB; Godoy, FJ. 1983. Natural enemies of the sour-sop fruit borer *Cerconota anonella* Sepp. Agronomía Tropical (Venezuela) 33:155-161.
- Martínez, NB; Godoy, FJ. 1989. Geographical distribution of *Talponia* sp., *Cerconota anonella* Sepp., *Bephratelloides* sp. Bores of flowers and fruits of soursop in Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela) 39(4-6):319-323.
- McComie, LD. 1987. The soursop (*Annona muricata* L.) in Trinidad: its importance, pests and problems associated with pest control. Journal of the Agricultural Society of Trinidad & Tobago 87:42-55.
- Nadel, H; Peña, J. 1991a. Hosts of *Bephratelloides cubensis* (Hymenoptera: Eurytomidae) in Florida. Florida Entomology 74(3):476-479.
- Nadel, H; Peña, JE. 1991b. Seasonal oviposition and emergence activity of *Bephratelloides cubensis* (Hymenoptera: Eurytomidae), a pest of *Annona* species in Florida. Environmen-

- tal Entomology 20 (4):1053-1057.
- Nasca, JA; Terán, AL; Fernández, RV; Pasqualini, AJ. 1981. Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos, en el noroeste argentino. Argentina, CIRPON, CONICET, FECIC. 362 p.
- Pacheco, MF. 1985. Plagas de los cultivos agrícola en Sonora y Baja California. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. Sonora, México. 1. ed. Libro Técnico No. 1. 414 p.
- Peña, JE; Glenn, H; Baranowski, RM. 1984. Important pest of *Annona* spp. In Florida. Proc. Fla. Hort. Sci. 97:337-340.
- Pratt, RM. 1970. Guía de Florida sobre insectos, enfermedades y trastornos de la nutrición en los frutos cítricos. 1. Ed. México, Centro Regional de Ayuda Técnica.
- Samson, JA. 1982. Fruits Tropical. Tropical agriculture series. New York, Longman. 250 p.
- Santoro, R. 1960. Notas de entomología agrícola dominicana. Rep. Dominicana, Secretaría de Estado de Agricultura y Comercio. 474 p.
- Schmutterer, H. 1990. Plagas de las plantas cultivadas en el Caribe. GTZ. 640 p.
- Solano, IA. 1975. Plagas y enfermedades del papayo. Area Agricultura Frutales. 51 p.
- Urueta, SE. 1975. Plagas de los cultivos de badea, curuba, maracuyá, papayo y vid en el occidente antioqueño. Medellín, Colombia, Secretaría de Agricultura y Fomento. 40 p.
- Williams, DJ; Gillian, WW. 1990. The scale insects of the tropical South Pacific Region. Part 3: The soft scales (Coccidae) and other families. CABI. 267 p.
- Williams, DJ; Granara, MC. 1992. Mealybugs of Central and South America. CABI. 635 p.
- Zenner, IJ; Saldarriaga, AV. 1969. Perforador de los frutos del anón y de la guanábana *Cerconota* (*Stenoma*) *anonella* (Sepp) (Lepidoptera: Stenomidae). Agricultura Tropical (Venezuela) 25 (6): 325-326.

# Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica

Luko Hilje<sup>1</sup>

**RESUMEN.** La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga de importancia mundial, en las regiones tropicales y subtropicales. Aunque puede causar problemas por daño directo, en Mesoamérica y el Caribe actúa como vector de geminivirus muy destructivos en chile, frijol y tomate. Puesto que en tomate su combate químico no impide las epidemias virales, en Costa Rica se planteó un esquema de manejo integrado de plagas (MIP) orientado a evitar o minimizar el contacto entre el vector y la planta, para retardar la epidemia viral. Varios métodos preventivos (semilleros cubiertos, coberturas vivas, cultivos trampa, fertilización y repelentes/disuasivos) que podrían ser utilizados durante el período crítico del tomate a los geminivirus, han demostrado su eficacia total o parcial en la reducción del problema. Además, casi todos son inocuos desde los puntos de vista ambiental y de salud humana, y además son rentables, lo cual permitiría incorporarlos en sistemas agrícolas sostenibles de bajos insumos.

**Palabras clave:** *Bemisia tabaci*, Mosca blanca, Geminivirus, Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica.

**ABSTRACT.** *Advances towards the sustainable management of the whitefly-geminivirus complex in tomato, in Costa Rica.* The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a key pest throughout the world, in tropical and subtropical regions. Although it may cause problems through direct damage, in Mesoamerica and the Caribbean Basin it is a vector of very destructive geminiviruses which cause serious damage to bell pepper, beans and tomato. In tomato, since viral epidemics are common despite chemical control, in Costa Rica an integrated pest management (IPM) scheme was devised to either avoid or minimize contact between the vector and the plant in order to slow down viral epidemics. Several preventative methods (covered seedbeds, living ground covers, trap crops, fertilization regimes, and repellents/deterrents) which can be used during the critical period of tomato to geminiviruses, have shown partial or total effectiveness in reducing the problem. In addition, the majority of them pose no risk to either the environment or human health, and they are also profitable, which makes them suitable for incorporation in low-input sustainable agricultural systems.

**Key Words:** *Bemisia tabaci*, Whitefly, Geminivirus, Integrated Pest Management, Costa Rica.

## Introducción

Los sistemas de producción de hortalizas presentan varias características que dificultan la aplicación de programas de manejo integrado de plagas (MIP), como lo son la alta rentabilidad de sus productos, su corta temporada de producción, y el ataque de insectos y patógenos con gran capacidad reproductiva y de disseminación. Esto hace que los agricultores apliquen plaguicidas en forma excesiva (con mucha frecuencia y en altas dosis), puesto que la inversión se puede recuperar a corto plazo.

Sin embargo, sus altos beneficios económicos podrían ser pasajeros, pues el sobreuso de plaguicidas puede desencadenar procesos y fenómenos inconvenientes en aspectos agrícolas, económicos y ambientales, como lo son la conversión de plagas secundarias en primarias, y el desarrollo de resistencia. Un ejemplo de esto es la crisis provocada en el último decenio por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Homoptera: Aleyrodidae) en varias hortalizas y otros cultivos anuales, especialmente en los sistemas agrícolas de las regiones tropicales y subtropicales (Brown 1994, Brown y Bird 1992, Ioannou 1997).

<sup>1</sup>Unidad de Fitoprotección, CATIE, Turrialba, Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

*B. tabaci* puede actuar como plaga directa, por sus desmesuradas poblaciones, o como vector de geminivirus, lo cual ha justificado grandes esfuerzos en investigación básica y en métodos para su manejo (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996). En América Latina y el Caribe, aunque hay serios problemas de daño directo (debilitamiento y alteraciones fitotóxicas), así como de fumaginas, en algodón, melón, sandía, soya y tomate, los mayores problemas se deben a geminivirus, especialmente en Chile, frijol y tomate (Brown 1994, Brown y Bird 1992, Hilje y Arboleda 1993, Hilje 1996).

En respuesta a esta situación, Hilje (1993) propuso un esquema de investigación y validación en MIP con un enfoque preventivo, para la forma en que se expresa el complejo *B. tabaci*-geminivirus en el cultivo del tomate en Costa Rica. Dicho enfoque se ha concretado en un programa de investigación que en años recientes ha permitido valiosos avances para el manejo sostenible del problema. Por tanto, el propósito de este artículo es sistematizar dichos logros, para ponerlos a disposición de los técnicos y agricultores y estimular la implementación de esquemas de MIP que sean sensatos en términos socioeconómicos y ambientales.

### Causas del problema

El MIP consiste en la combinación de varios métodos para mantener las plagas a niveles que no causen pérdidas de importancia económica, sin provocar serios perjuicios ambientales ni humanos. Puesto que en este caso particular cualquier programa de MIP debe fundamentarse en el conocimiento de las interrelaciones entre el vector, los geminivirus, las plantas hospedantes y el ambiente físico, a continuación se resaltan las causas de los problemas provocados por el complejo *B. tabaci*-geminivirus:

**Gran plasticidad genética.** *B. tabaci* tiene 17 razas o biotipos, de los cuales al menos seis están en América (Brown *et al.* 1995, DeBarro y Driver 1997). El biotipo **B**, que es originario del Viejo Mundo (Brown *et al.* 1996), es considerado por algunos autores como una nueva especie, *B. argentifolii* (Bellows *et al.* 1994), pero sobre ello hay mucho debate. Contrasta con el biotipo **A**, que es el "original", en los siguientes aspectos: tiene mayor fecundidad, completa su desarrollo en el cultivo de tomate, ataca un mayor número de cultivos, tiene mayor tolerancia al frío, e induce varios síndromes particulares (Perring 1996).

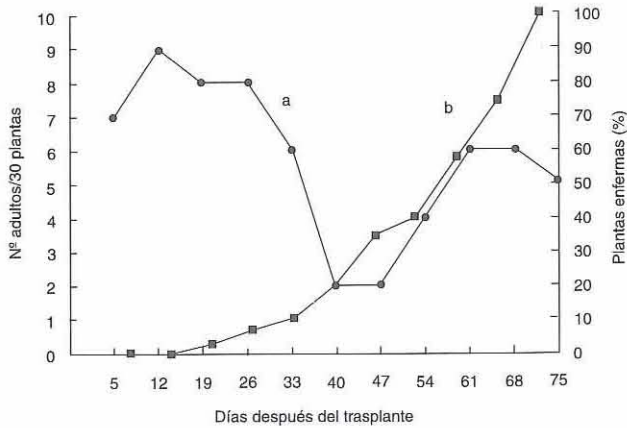
En Costa Rica, aunque hasta hace pocos años, el patrón electroforético de isoenzimas revelaba la presencia, exclusiva para el país, del biotipo **C**, así como la ausencia del biotipo **B** (Brown 1993, Brown *et al.* 1995), en las principales zonas productoras de tomate actualmente se conoce que predomina el biotipo **A** (Hilje *et al.* 2001a). Además, se ha confirmado la presencia del biotipo **B**, pero restringido a zonas muy delimitadas en las provincias de Guanacaste y Puntarenas, en campos de cucurbitáceas, como el melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*) y pepino (*Cucumis sativus*), y de Chile jalapeño (*Capsicum frutescens*, Solanaceae). En cuanto a otros biotipos, se les ha detectado en tomate, Chile dulce y Chile jalapeño, a veces junto con el biotipo **A**, pero no se tiene certeza de si alguno de los biotipos desconocidos corresponde al que previamente se había denominado como biotipo **C**. Se ha observado que el biotipo **A** casi no se reproduce en el tomate, pero lo hace profusamente en el Chile dulce (*Capsicum annuum*) (Hilje *et al.* 1993a).

**Poblaciones desmesuradas.** En la región neotropical, las poblaciones de *B. tabaci* son muy altas durante la estación seca (Hilje 1995), lo cual depende del potencial reproductivo, que a su vez está determinado por la fecundidad, el tiempo generacional y la proporción de sexos.

La fecundidad del biotipo **B** es cercana a 200 huevos/hembra, casi el doble del biotipo **A** (Bethke *et al.* 1991); el tiempo generacional (intervalo entre dos generaciones sucesivas) es de unos 40 días (Eichelkraut y Cardona 1989, Salas y Mendoza 1995); la proporción de sexos es muy variable, pero además las hembras pueden reproducirse sin fertilización, originando solo machos, mediante partenogénesis arrenotóxica (Byrne y Bellows 1991). Asimismo, el biotipo **B** tiene mayor tolerancia al frío que el biotipo **A**, lo cual le permite invadir zonas ubicadas a mayores altitudes y latitudes, así como soportar períodos adversos y recuperar sus poblaciones en forma rápida, posteriormente (Perring 1996).

En algunos casos, estas poblaciones tan elevadas permiten al insecto causar daños directos, por extracción de savia y debilitamiento de las plantas, así como indirectos (fumaginas) (Schuster *et al.* 1996), los cuales dependen tanto de la presencia de ninfas como de adultos. Sin embargo, para la rápida diseminación de los geminivirus no se requieren altas densidades de adultos. Por ejemplo, en Costa Rica es frecuente observar el 100% de las plantas infectadas con el virus

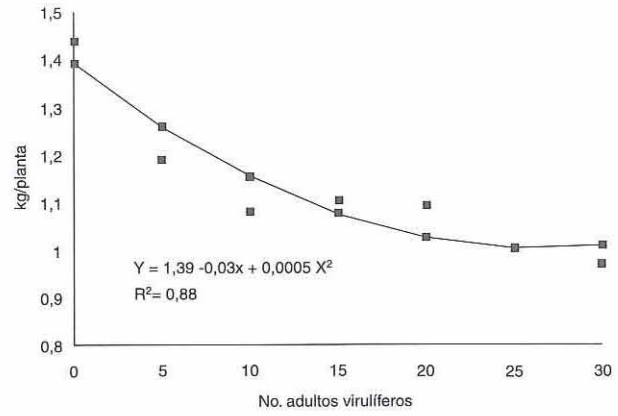
del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) a pesar de las muy bajas densidades del vector; la menor cifra registrada hasta ahora es 0,3 adultos/planta, en promedio (Fig. 1) (Cubillo *et al.* 1999a).



**Figura 1.** Número de adultos de *B. tabaci* en una hoja superior de las plantas de tomate (a) e incidencia del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) (b), en Guayabo de Turrialba, Costa Rica. (Fuente: Cubillo *et al.* 1999a).

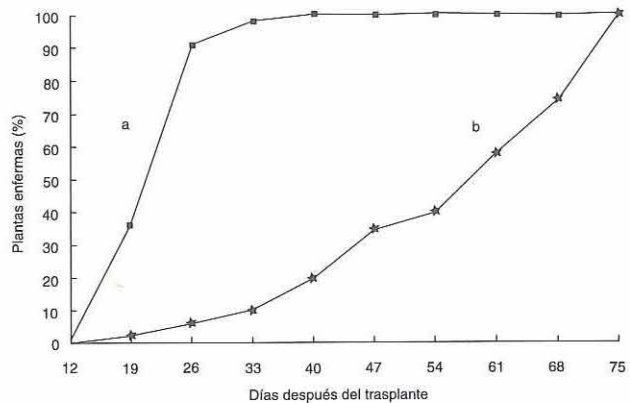
No obstante, para cuantificar el impacto de las enfermedades virales sobre los rendimientos, los valores de la incidencia se deben combinar con los de severidad, la cual por lo general se expresa más fuertemente en la estación seca, cuando las poblaciones del vector son más altas. Se ha determinado que al aumentar la densidad de adultos portadores (virulíferos), al menos hasta cierto valor (que depende de la edad a la cual la planta es inoculada), la severidad aumenta y el rendimiento decrece (Fig. 2); en este caso, a densidades iguales o superiores a 20 adultos por planta, el efecto de la enfermedad sobre el rendimiento es similar (Salazar *et al.* 1998).

La importancia de la proporción inicial de adultos virulíferos en el desarrollo de las epidemias se percibe claramente cuando se establece una nueva parcela cerca de campos viejos de tomate. En aquella, la tasa de la epidemia viral es muy abrupta desde el principio, en comparación con parcelas alejadas de campos viejos (Fig. 3), las cuales normalmente muestran un patrón más gradual, de tipo sigmoideo (Hilje *et al.* 1993a). Además de la mayor densidad inicial de adultos virulíferos, esta rápida tasa de infestación en las nuevas parcelas está relacionada con la edad de las plantas en el momento de ser inoculadas, pues éstas son más susceptibles al virus en las primeras semanas desde la emergencia (Acuña 1993).



**Figura 2.** Influencia de la densidad de adultos virulíferos de *B. tabaci* sobre el rendimiento del tomate (Fuente: Salazar *et al.* 1998).

Finalmente, la brevedad del ciclo de vida de *B. tabaci*, sus altas poblaciones, la partenogénesis facultativa y la gran plasticidad genética, explican la habilidad de este insecto para desarrollar resistencia a los insecticidas rápidamente. Por ejemplo, en Guatemala, en algodón, hasta 1987 *B. tabaci* desarrolló resistencia a 16 insecticidas de diferente origen químico, y alcanzó niveles de resistencia 900 veces mayores para la bifentrina y la cialotrina, y de 2000 veces para el quinalfós y la deltametrina (Dittrich *et al.* 1990).

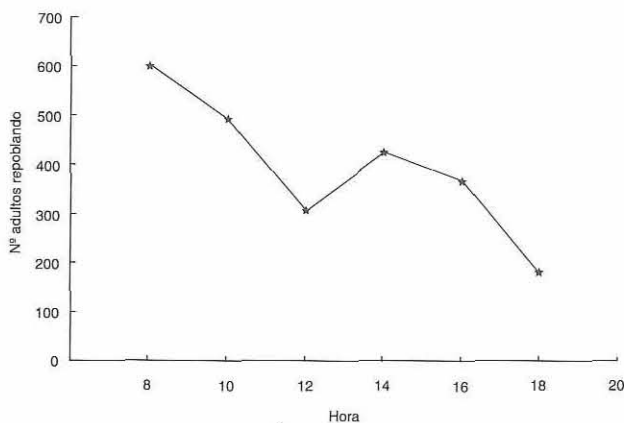


**Figura 3.** Contraste entre las curvas de epidemias del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) en parcelas nuevas establecidas cerca (a) o lejos (al menos 1 km) (b) de campos de tomate viejos, en Grecia y Turrialba (Costa Rica), respectivamente.

**Gran movilidad.** En las poblaciones de *B. tabaci* existen dos morfos en relación con el vuelo, uno migratorio y otro de vuelos "triviales" (Byrne y Houck 1990). El desplazamiento del primero depende de corrientes

de viento a grandes alturas, las cuales son aprovechadas por el insecto para colonizar campos lejanos (Byrne y von Bretzel 1987), hasta a 7 km desde su punto de origen (Cohen y Ben Joseph 1986), temprano por la mañana (Byrne y Blackmer 1996). En cambio, los vuelos cortos son continuos durante el día (Blackmer y Byrne 1993).

La celeridad con que los geminivirus son diseminados en Costa Rica, posiblemente obedece a los continuos movimientos de *B. tabaci* dentro de las parcelas de tomate, pues aunque los adultos muestran mayor actividad en horas tempranas, continúan volando durante todo el día (Fig. 4) (Arias y Hilje 1993a, Jovel *et al.* 2000a). Además, mediante el estudio del patrón de diseminación de la epidemia viral, se determinó que los adultos realizan vuelos muy cortos, sobre todo a lo largo de los surcos del cultivo (Jovel *et al.* 2000b).



**Figura 4.** Número total de adultos de *B. tabaci* repoblando 40 plantas de tomate, a intervalos de 2 h, durante horas diurnas, en 26 fechas de muestreo. Turrialba, Costa Rica. (Fuente: Jovel *et al.* 1999a).

**Amplio ámbito de hospedantes.** *B. tabaci* es muy polífaga, y en el plano mundial se le ha hallado en al menos 500 hospedantes (Greathead 1986). En América se le asocia con al menos 26 cultivos y 50 especies de plantas silvestres pertenecientes a 39 familias (Hilje 1995), aunque muestra preferencia por representantes de las familias Compositae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae y Leguminosae. Sin embargo, el biotipo **B** además ataca cultivos que el **A** no afecta, entre los que sobresalen crucíferas como el repollo, coliflor y brócoli (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa*, Compositae), cítricos (*Citrus* spp., Rutaceae) y papaya (*Carica papaya*, Caricaceae) (Perring 1996).

En Costa Rica, los hospedantes del biotipo **A** comprenden tanto cultivos como plantas silvestres, con los cuales la relación puede ser completa (trófica y reproductiva) o parcial (solamente trófica). Se reproduce masivamente en el chile dulce (con números de hasta 50 ninfas y 80 adultos por hoja) y débilmente en frijol. Por el contrario, en el tomate los números típicos observados son de 0-2 ninfas y 1-6 adultos por hoja. En experimentos de preferencia, en el invernadero, los adultos eligieron, en orden descendente, al tabaco, berenjena, tomate, vainica, pepino y chile dulce (Hilje y Stansly 1998). En cuanto a plantas silvestres, se han hallado ninfas o adultos en 46 especies (Arias y Hilje 1993a, Rivas *et al.* 1995a, Jovel *et al.* 2000c), pero en ninguna se ha encontrado al ToYMoV, aunque en algunas se han detectado otros tipos de geminivirus (Rivas *et al.* 1995a, Jovel *et al.* 2000c).

**Alteraciones fitotóxicas.** Con la aparición del biotipo **B** se han descubierto y manifestado cuatro tipos de alteraciones fitotóxicas o síndromes (Schuster *et al.* 1990, Yokomi *et al.* 1990, Costa *et al.* 1993, Perring 1996, Shapiro 1996), los cuales pueden tener un impacto serio en los rendimientos. El **síndrome de la hoja plateada** se presenta en *Cucurbita* spp., e inicialmente las nervaduras se tornan blanquecinas o brillantes, y la hoja poco a poco adquiere una apariencia reticulada en el haz, hasta quedar totalmente plateada. El de la **maduración irregular** hace que el fruto de tomate muestre bandas amarillentas longitudinales y que los tejidos internos permanezcan blanquecinos, sin llenarse por completo. El **palidamiento del tallo en brócoli** y el **amarillamiento del follaje** en lechuga además provocan arrugamiento y pérdidas en el peso del follaje.

Estos cuatro síndromes son causados por sustancias toxicogénicas presentes en la saliva de las ninfas solamente, cuya naturaleza química y mecanismo de acción se desconocen (Shapiro 1996); son transportadas dentro de la planta, lejos de los puntos de alimentación de las ninfas. Desde el punto de vista práctico, una ventaja es su reversibilidad pues, al eliminar las ninfas, el tejido nuevo no resulta afectado.

**Asociación con geminivirus.** *B. tabaci* puede transmitir virus pertenecientes a varios grupos, como carlavirus, luteovirus, nepovirus, potyvirus y closterovirus (Brown 1994), pero sobresale por hacerlo ampliamente con los geminivirus, de los cuales transmite al me-



nos 50, mundialmente (Markham *et al.* 1996). Estos, por reproducirse en el floema, se pueden transportar rápidamente por toda una planta de tomate, resultando muy dañinos. No se propagan mediante semillas y no se reproducen dentro del vector, por lo que su transmisión es persistente-circulativa (Brown *et al.* 1996).

En América se han detectado geminivirus en algodón (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae), calabaza (*Cucurbita* spp.), chile, lechuga, varias leguminosas, melón, okra (*Hibiscus esculentus*, Malvaceae), pepino, sandía y tomate (Brown 1994). No obstante, la situación es más compleja aún, pues un mismo cultivo puede ser afectado por varios geminivirus, en diferentes países o en diferentes zonas de un mismo país, como sucede con el tomate en América, donde es afectado por 17 geminivirus (Polston y Anderson 1997); además, a veces aparecen mezclados varios de ellos en una misma planta, originando complejas interacciones (Rivera-Bustamante 1995). De estos 17 virus, el ToYMoV se ha hallado solamente en Costa Rica hasta ahora (Polston y Anderson 1997), pero en años recientes se detectó la presencia del *Sinaloa tomato leaf curl virus* (STLCV) (Brown *et al.* 1999), el cual a veces aparece en infecciones mixtas con el ToYMoV (Karkashian *et al.* 1998).

### El manejo integrado de plagas

La premisa básica del MIP es que, por lo complejo que es enfrentar a las plagas, un solo método generalmente será insuficiente para tener el éxito deseado. A su vez, el MIP se sustenta en tres principios: *convivencia*, *prevención* y *sostenibilidad*, los cuales se pueden aplicar para el manejo de *B. tabaci*, ya sea como vector de geminivirus o como plaga directa.

A continuación se ilustra la aplicación de dichos principios para el tomate en Costa Rica, con base en el esquema de manejo sugerido por Hilje (1993). Sin embargo, varias de las ideas y prácticas discutidas aquí podrían aplicarse a otros cultivos presentes en América Latina y el Caribe.

En primer lugar, para lograr la *convivencia* con el insecto, es preciso aceptar que siempre estará presente, incluso causando daño y pérdidas. Pero lo clave es que, a pesar de esto, se puedan obtener rendimientos satisfactorios. Ello se puede alcanzar estableciendo y aplicando *criterios de decisión*.

En el MIP es frecuente el concepto de *umbral económico* o *umbral de acción*, pero en el caso de *B.*

*tabaci* como vector, aunque inicialmente se trató de establecer un umbral (Rosset *et al.* 1990), los autores reconocieron que no tenía sentido hacerlo, por tratarse de un vector de geminivirus, que alcanza densidades muy altas, sobre todo en la estación seca; actualmente se sabe que bastan densidades muy bajas para que se infecten todas las plantas en una parcela (Fig. 1). En el caso de los síndromes causados por *B. tabaci*, en la actualidad en otros países se realiza investigación sobre umbrales de daño (Dr. Thomas Perring 2000, Universidad de California, com. pers.).

Otro tipo de criterio de decisión es la etapa fenológica durante la cual un cultivo es más susceptible a los geminivirus. En el caso del tomate, el efecto de varios geminivirus sobre el rendimiento (*período crítico*) comprende los primeros 50-60 días desde la emergencia de la planta (Franke *et al.* 1983, Acuña 1993, Schuster *et al.* 1996). Por tanto, las medidas de manejo se deben concentrar durante dicho intervalo, para retardar la epidemia viral, pues es imposible evitarla; así se ahorra dinero y se evita o reduce la contaminación mediante insecticidas.

En cuanto a la *prevención*, la situación es compleja debido a los bajos umbrales y a las altas poblaciones comúnmente observadas en el campo. Por tanto, lo clave sería eliminar los reservorios de insectos y de geminivirus, los cuales normalmente son los campos viejos de tomate (Fig. 3), debido a su extensión. Otras prácticas agrícolas preventivas son el establecimiento de períodos de veda y fechas de siembra estrictas, como se ha hecho con éxito en la República Dominicana (Alvarez y Abud-Antún 1995) y Florida (Dr. Philip Stansly 2000, Universidad de Florida, com. pers.). Además, sería deseable el desarrollo de cultivares resistentes o tolerantes a los geminivirus, en lo cual REDCAHOR (Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas) promovió investigaciones en Mesoamérica y el Caribe, en años recientes. Otra posibilidad son las prácticas agrícolas y utilización de sustancias repelentes/disuasivas, acerca de las cuales se discutirá posteriormente.

Finalmente, la *sostenibilidad* alude a la conservación de la base de recursos naturales de una sociedad, su aprovechamiento económico, y la satisfacción de las *necesidades humanas actuales y futuras* (IICA 1991). Significa que los métodos de manejo, además de eficaces para combatir a las plagas, deben ser ambientalmente benignos y rentables económicamente. Dentro de la noción del MIP, por lo general se priori-

zan la utilización de cultivares resistentes, las prácticas agrícolas y el control biológico. En síntesis, dentro del enfoque del MIP, se trata de implementar métodos de-seablemente preventivos, y que sean ambiental y económicamente sostenibles, y en esto hay claros avances, los cuales se discuten a continuación.

### Avances en Costa Rica

En el plano mundial hay avances importantes para el manejo de los problemas causados por *B. tabaci* en el tomate, basados en la noción y prácticas del MIP (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996). Sin embargo, algunas prácticas de utilidad potencial para enfrentar problemas de virosis, y que podrían funcionar bien para agricultores de escasos recursos, no han sido suficientemente investigadas ni promovidas.

Por tanto, a continuación se destacan y resumen los logros más relevantes del CATIE en Costa Rica, en cuanto a prácticas agrícolas y sustancias repelentes/disuasivas, orientados a desarrollar tecnologías eficientes y de bajo costo, asequibles para pequeños y medianos agricultores. De estos esfuerzos se ha omitido en forma deliberada el control biológico, debido a su escaso potencial para combatir a un insecto con umbrales de daño tan bajos.

**Producción de plántulas sin virus.** Para evitar la infección viral durante la primera mitad del período crítico, se han hecho intentos para desarrollar una tecnología de semilleros funcional y de bajo costo (Cubillo *et al.* 1994a, 1999b, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994).

Consiste en utilizar recipientes que eviten el estrés del trasplante, como lo son los cartuchos de papel periódico colocados dentro de túneles cubiertos con malla fina, de poro ("mesh") 50, como Tildenet IN50 o Biorete 20/10 (Fig. 5), durante los primeros 25-30 días desde la siembra (Cubillo *et al.* 1994a, 1999b). Así se obtienen plántulas sin virus y con buenas características agronómicas. Este método es barato y atractivo para los agricultores, pues cuesta unos US\$ 950/ha. Aunque el costo inicial de la malla es alto, como ésta es reutilizable por varias temporadas, los costos se reducen progresivamente; si, como se recomienda por sus fabricantes, la malla se utilizara seis veces, los costos totales se reducirían a US\$ 480/ha (Cubillo *et al.* 1999b).

**Coberturas al suelo.** Son una buena opción para la segunda mitad del período crítico, por 30 días desde el trasplante. Las coberturas inertes, especialmente las

plásticas, se utilizan a escala comercial en varios países, y contribuyen a reducir los problemas con *B. tabaci* (Csizinszky *et al.* 1995, Berlinger y Lebiush-Mordechi 1996). En Costa Rica, una cobertura de plástico plateado (plateado/negro, coextruido) colocada sobre la "cama" del cultivo, la cual actúa como repelente físico, permitió disminuir notoriamente la abundancia de adultos inmigrantes de *B. tabaci*, así como la incidencia y severidad del ToYMoV. En consecuencia, se lograron rendimientos de hasta 36 t/ha (los rendimientos normales de la var. Hayslip son de 21-35 t/ha) y ganancias netas de hasta US\$ 30347/ha.

Sin embargo, puesto que una de sus limitaciones es su eliminación, la cual causa contaminación ambiental, una opción son las coberturas vivas (Amador y Hilje 1993, Blanco y Hilje 1995, Hilje 2000). Estas posiblemente enmascaran las plantas de tomate, dificultando al vector su localización. Tienen varias ventajas, sobre todo para pequeños productores: menor costo, fácil disponibilidad, nula contaminación al eliminarlas, posible aporte de materia orgánica y nutrientes al suelo, así como de ingresos adicionales por la venta de sus productos. Las coberturas que sobresalieron fueron el maní forrajero (*Arachis pintoi*, Fabaceae) y el cinquillo (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae), las cuales dieron resultados análogos a los del plástico plateado, con rendimientos y ganancias netas, en promedio, de 22 t/ha y \$ 16000/ha, y de 17 t/ha y \$ 8000/ha, respectivamente (Hilje y Stansly 2001); no obstante, en ciertas parcelas los rendimientos fueron de hasta 40 y 36 t/ha, respectivamente.

Una desventaja de dichas coberturas es su lento establecimiento y, en ciertos casos, la dificultad inicial de crecer a pleno sol. Por tanto, para evitar este problema, se evaluó al culantro (*Coriandrum sativum*, Apiaceae) (Fig. 6), y sus resultados fueron muy positivos. Sus efectos biológicos fueron similares a los de las otras coberturas, y sus rendimientos y ganancias netas fueron de 19 t/ha y \$ 10000/ha, en promedio (Hilje y Stansly 2001), aunque en una parcela los rendimientos fueron de hasta 25 t/ha. Además, sus ganancias netas pueden incrementarse mucho (US\$ 15000/ha), al vender el culantro, como se ha hecho en estos experimentos, efectuados en campos de agricultores (Cubillo *et al.* 1999a, Hilje y Stansly 2001).

No obstante, cabe indicar que el manejo del vector mediante coberturas vivas o de plástico plateado no funcionó bien bajo una presión de inóculo viral exagerada, en algunas parcelas. Esto indica que cual-

quier táctica de manejo aplicada a nivel de finca debería ser suplementada con prácticas preventivas de carácter regional, tales como las fechas de siembra y las vedas, como se ha hecho en otros países.

**Cultivos trampa.** También podrían ser una buena opción para la segunda mitad del período crítico. Esta práctica se basa en el enfoque de distracción, que consiste en sembrar hospedantes (cultivos o plantas silvestres) que sean más atractivas que el tomate, para que el insecto se dirija hacia ellos. En Costa Rica se ha experimentado con la vainica (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae), la berenjena (*Solanum melongena*, Solanaceae) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae), que son hospedantes preferidos por el biotipo presente en dicho país (Hilje y Stansly 2001).

El cultivo trampa ha sido establecido ya sea en surcos intercalados o en los costados por donde predomina el viento, y tratado con insecticidas sistémicos o con hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*), pero los resultados no son concluyentes (Arias y Hilje 1993b, Peralta y Hilje 1993, Hilje y Stansly 2001). Estos resultados en general coinciden con los observados en el plano mundial, al evaluar varias asociaciones en cultivos como yuca, frijol, algodón y melón (Hilje *et al.* 2001b). En todo caso, una limitante para implementar esta tecnología sería la complicación logística de manejar dos o más cultivos en forma simultánea.



**Figura 5.** Túnel de malla fina (poro 50) para producir plántulas de tomate sanas.

**Vigor de las plantas.** A partir de información anecdótica acerca del uso de las podas sanitarias, combinadas con la fertilización, para aminorar el daño de plantas de tomate infectadas por geminivirus (Ing. Nelson Kopper 1994, MAG, Costa Rica, com. pers.), Suazo (1995) evaluó la combinación de podas con fertilizantes foliares, pero sus resultados no fueron concluyentes. En realidad, sería difícil que las podas *per se* contribuyeran a atenuar el daño al eliminarse el tejido enfermo, pues los geminivirus se transportan rápidamente por toda la planta. En el caso del tomate, lo hacen en apenas 24 h después de inoculados y, además, se desplazan hacia los tejidos nuevos (Rivas *et al.* 1995b).

Sin embargo, en condiciones de invernadero, se demostró que mediante la fertilización alta en fósforo fue posible atenuar el impacto del ToYMoV sobre los rendimientos; sobresalieron los tratamientos de 400-1800-300 y 400-1800-900 (N-P-K) (en t/ha), con 1124 y 1162 g/planta (15 y 24 t/ha, respectivamente) (Padilla 1995). A partir de esta información, en años recientes se ha promovido ampliamente la utilización de aplicaciones foliares de fósforo en tomate en la región de Los Santos, en Panamá, con resultados muy positivos (Moreno 2000, Vázquez 2000). No obstante, esta es una práctica que aún amerita investigación, para optimizar su utilización.

**Repelentes/disuasivos.** El empleo de este tipo de sustancias es una buena posibilidad para evitar que el



**Figura 6.** Cobertura viva de culantro, la cual dificulta la localización de las plantas de tomate por parte de *B. tabaci*.

vector haga contacto con el cultivo e inocule los geminivirus. Un repelente es una sustancia que provoca reacciones de alejamiento en el insecto, mientras que un disuasivo inhibe algún tipo de actividad (alimentación u oviposición) una vez que el insecto ha sido atraído. No obstante, es difícil distinguir el efecto repelente y el disuasivo de la alimentación (fagodisuasivo) experimentalmente, los cuales podrían tener consecuencias muy diferentes en cuanto a la transmisión de geminivirus por parte de *B. tabaci*, pues en el primer caso no habría posibilidad de inocular los geminivirus, mientras que en el segundo caso sí la habría.

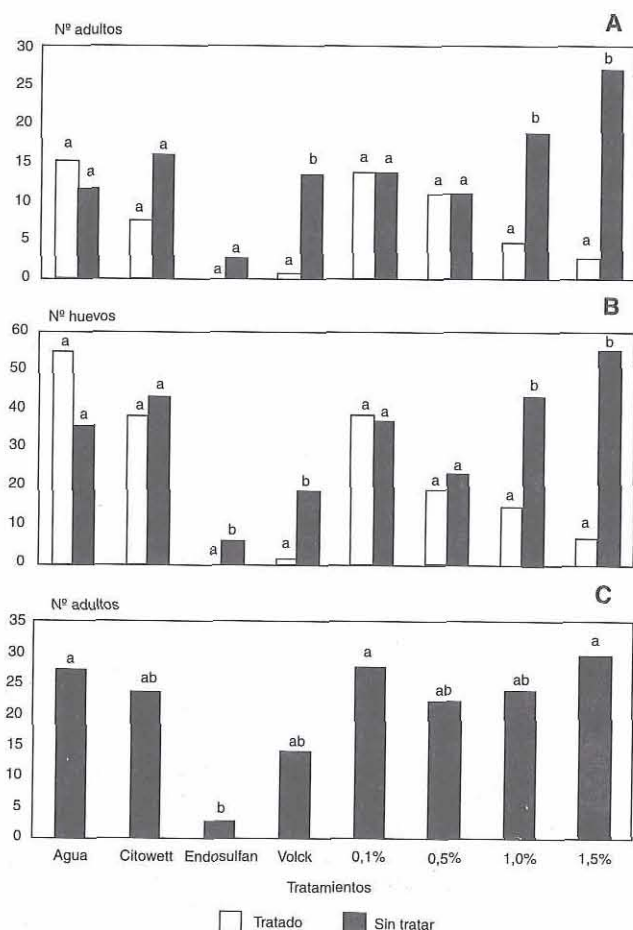
Aunque se ha documentado o sugerido que varias sustancias (insecticidas convencionales, aceites minerales y vegetales, y extractos vegetales) pueden repeler o disuadir a *B. tabaci* o a otros Aleyrodidae, la información disponible es incierta, pues generalmente las sustancias se han evaluado en forma individual, lo cual impide hacer comparaciones. En general, las evaluaciones de productos comerciales, sobre todo de aceites minerales, han aportado información contradictoria o fragmentaria.

En teoría, sería esperable hallar repelencia o fagodisuasión en extractos de plantas silvestres, por lo que hasta ahora en Costa Rica se han evaluado dichos efectos en más de 50 extractos, incluyendo productos comerciales de origen vegetal y unos 30 extractos crudos provenientes de follaje, semillas, bulbos, botones florales, frutos y aceites esenciales (Gómez *et al.* 1997a, 1997b, Cubillo *et al.* 1994b, 1997, 1999c). Estos se seleccionaron según referencias anecdóticas de agricultores, así como por su poca o nula afinidad taxonómica con los hospedantes más frecuentes de *B. tabaci* (Greathead 1986), y se prepararon a partir de una mezcla con etanol y agua, según los protocolos de extracción empleados en el laboratorio del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA, Universidad de Costa Rica).

Dichos extractos incluyen al ajo (*Allium sativum*, Alliaceae), apazote (*Chenopodium ambrosioides*, Chenopodiaceae), cardamomo (*Elettaria cardamomum*, Zingiberaceae), canavalia (*Canavalia ensiformis*, Fabaceae), cebolla (*Allium cepa*, Alliaceae), ciprés (*Cupressus lusitanica*, Cupressaceae), chile muelo (*Drymis granatensis*, Winteraceae), chile picante (*Capsicum frutescens*, Solanaceae), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*, Myrtaceae), culantro de castilla (*Coriandrum sativum*, Apiaceae), culantro coyote (*Eryngium foetidum*, Umbelliferae), eucalipto

(*Eucalyptus deglupta*, Myrtaceae), flor de muerto (*Tagetes jalisciensis* y *T. microglossa*), gaviolana (*Neurolaena lobata*, Compositae), higuillo (*Piper aduncum*, Piperaceae), hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*, Burseraceae), jamaica (*Pimenta dioica*, Myrtaceae), lima (*Citrus limetta*, Rutaceae), madero negro (*Gliricidia sepium*, Fabaceae), menta (*Satureja rimiria*, Labiatae), orégano (*Lippia graveolens*, Lamiaceae), ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae), sorosí (*Momordica charantia*, Cucurbitaceae), tacaco cimarrón (*Sechium pittieri*, Cucurbitaceae) y zacate limón (*Cymbopogon citratus*, Poaceae).

Hasta ahora, unos diez de éstos han mostrado efectos promisorios, en experimentos realizados en el invernadero. Entre ellos destacan el madero negro, tacaco cimarrón, apazote, sorosí y hombre grande (Hilje y Stansly 2001). Por ejemplo, el madero negro cau-



**Figura 7.** Número promedio de adultos de *B. tabaci* posados (A) y de huevos depositados (B) a las 48 h de aplicado el extracto de madero negro (*G. sepium*), así como el número de adultos muertos (C) en ese intervalo. Los promedios seguidos por una misma letra no difieren estadísticamente ( $P=0,05$ ).

só fago y/o ovidisuasión a una dosis de 1,0% (v/v) (volumen/volumen) (Fig. 7), con una tendencia similar a la del tratamiento testigo repelente (Volck 100 Neutral), cuyo efecto repelente se había determinado previamente (Hilje y Stansly 1999). Esto se concluye de los menores números de adultos posados y de huevos depositados en las plantas tratadas con cada extracto, así como de que la cantidad de adultos vivos hasta las 48 h después de aplicados los extractos no difirió del testigo absoluto (agua) ni del agente tensoactivo (Citowett), pero sí del insecticida utilizado (endosulfán).

Esto podría ser interesante en la búsqueda de repelentes y disuasivos, los cuales podrían utilizarse de manera rústica, especialmente en fincas de pequeños productores. Pero, también podrían dar origen a insecticidas con nuevos modos de acción, como sucede actualmente con el imidacloprid y con varios reguladores del crecimiento, como la buprofezina y el piriproxifén (Horowitz y Ishaaya 1996). No obstante, para garantizar su eficiencia se deberían utilizar dentro de la noción del MIP, en combinación con prácticas agrícolas y otros métodos ambientalmente benignos.

### Síntesis

El programa de investigación aquí reseñado muestra que es posible realizar aportes enmarcados en los principios de convivencia, prevención y sostenibilidad, con *B. tabaci* como vector de geminivirus, al priorizar como criterio de decisión el período crítico del tomate a los geminivirus y concentrar en él los méto-

dos de manejo.

Dichos métodos tienen una connotación de tipo preventivo, para evitar o minimizar el contacto entre el vector y la planta, y retardar así la epidemia viral. Asimismo, algunos de ellos (semilleros cubiertos y coberturas vivas) han demostrado ser eficaces, inocuos desde los puntos de vista ambiental y de salud humana, y rentables en términos económicos, mientras que otros (cultivos trampa, fertilización y repelentes) son promisorios. Todos ellos tienen el potencial de ser incorporados en sistemas agrícolas sostenibles de bajos insumos, incluyendo los de producción orgánica.

No obstante, cualesquiera de estos métodos (Cuadro 1) deben aún ser validados en parcelas comerciales, junto con otras opciones de MIP, para determinar su grado de aceptación, mejoramiento y adopción por parte de los pequeños y medianos agricultores hacia quienes están dirigidos. Al respecto, en Costa Rica también ha habido valiosas experiencias en técnicas metodológicas pertinentes, incluyendo las de investigación participativa (Quirós *et al.* 1994, Pérez *et al.* 1997), de potencial utilidad para valorar dichas etapas en el proceso de la transferencia de las tecnologías de MIP, y actualmente varias de las prácticas aquí descritas se están validando con éxito en las zonas de Grecia y Guayabo de Turrialba (Hilje *et al.* 2001c).

### Agradecimientos

A quienes han hecho posible la concreción de este programa de investigación, y en particular a nuestros estudiantes (Rafael Arias, Ricardo Amador, Jorge Blanco, Paul Gómez, Juan Jovel,

**Cuadro 1.** Opciones de manejo de mosca blanca-geminivirus en Costa Rica, derivadas de las investigaciones promovidas por el CATIE.

| Método   | Grado de desarrollo |
|--|---------------------|
| Semilleros cubiertos                                   | 4                   |
| Coberturas vivas                                       | 3                   |
| Maní forrajero ( <i>Arachis pintoi</i> , Fabaceae)     |                     |
| Cinquillo ( <i>Drymaria cordata</i> , Caryophyllaceae) |                     |
| Culantro ( <i>Coriandrum sativum</i> , Apiaceae)       |                     |
| Cultivos trampa  | 2                   |
| Vainica ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , Fabaceae)        |                     |
| Berenjena ( <i>Solanum melongena</i> , Solanaceae)     |                     |
| Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> , Solanaceae)        |                     |
| Fertilización  | 2                   |
| Repelentes/disuasivos                                  | 2                   |

Grado de desarrollo: nulo (1), incipiente (2), experimentación en el campo (3), exitoso en el campo (4)

Mauricio Mejía, Jeannette Montenegro, Mario Padilla, Leslie Peralta, Osvaldo Pérez, Carlos A. Quirós, Galileo Rivas, Pilar Suazo y Vladimir Villalba), asistentes (Douglas Cubillo, Manuel Carballo, Guido Sanabria, Alfonso Chacón, Arturo Ramírez y Rodrigo Granados) y colaboradores en el CATIE (Gustavo Calvo, Octavio Ramírez, Christoph Kleinn, Bernal Valverde, Pedro Oñoro, Donald Kass, Andrea Schlönvoigt, Kees Prins, Vera Sánchez y Jeffrey Jones) y fuera de éste (Philip A. Stansly, Universidad de Florida).

Asimismo, a nuestros colaboradores de la Universidad de Costa Rica (Pilar Ramírez, Gerardo Mora, Marco V. Gutiérrez y Floria Bertsch), de la Universidad Nacional (Víctor Cartín) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Nelson Kopper, José Luis Campos, Luis Segura, Luis Barrantes, Rodolfo Morales, Oscar Mario Castro y Minor Saborío), y a los agricultores de Grecia y Guayabo de Turrialba con los que hemos trabajado en estos años.

### Literatura citada

- Acuña, W. 1993. Efecto de la infección de un geminivirus sobre el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) a diferentes estadíos de desarrollo de la planta. Tesis Lic. Agr. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico. 73 p.
- Alvarez, P; Abud-Antun, A. 1995. Reporte de República Dominicana. In Taller Latinoamericano sobre Moscas Bancas y Geminivirus (4, 1995, Tegucigalpa, Honduras). Memoria. Caballero, R; Pitty, A. Ed. Ceiba (Honduras) 36(1): 39-47.
- Amador, R; Hilje, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), al tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:14-21.
- Arias, R; Hilje, L. 1993a. Actividad diaria de los adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate y hospedantes alternos del insecto. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 28: 20-25.
- Arias, R; Hilje, L. 1993b. Uso del frijol como cultivo trampa y de un aceite agrícola para disminuir la incidencia de virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 27: 27-35.
- Bellows, TS Jr; Perring, TM; Gill, RJ; Headrick, DH. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of the Entomological Society of America 87: 195-206.
- Bethke, JA; Paine, TD; Nussly, GS. 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. Annals of the Entomological Society of America 84: 407-411.
- Berlinger, MJ; Lebiush-Mordechi, S. 1996. Physical methods for the control of *Bemisia*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT Ed. United Kingdom, Intercept. p. 617-634.
- Blackmer, JL; Byrne, DN. 1993. Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of *Bemisia tabaci*. Physiological Entomology 18: 336-342.
- Blanco, J; Hilje, L. 1995. Efecto de coberturas al suelo sobre la abundancia de *Bemisia tabaci* y la incidencia de virosis en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35: 1-10.
- Brown, JK; Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. Plant Disease 76: 220-225.
- Brown, JK. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. In Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L; Arboleda, O. Ed. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- Brown, JK. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. FAO Plant Protection Bulletin 42(1-2): 3-32.
- Brown, JK; Bedford, ID; Bird, J; Costa, HS; Frohlich, DR; Markham, PG. 1995. Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). Biochemical Genetics 33:205-213.
- Brown, JK; Bird, J; Frohlich, DR; Rosell, RC; Bedford, ID; Markham, PG. 1996. The relevance of variability within the *Bemisia tabaci* species complex to epidemics caused by subgroup III geminiviruses. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 77-89.
- Brown, JK; Rivas-Platero, GG; Castro, MO; Bustamante, E. 1999. Diagnóstico del *Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus* (STLCV) en Costa Rica. In Semana Científica (4, 1999, Turrialba, Costa Rica). Actas. CATIE. p. 89-92.
- Byrne, DN; Von Bretzel, PK. 1987. Similarity in flight activity rhythms in coexisting species of Aleyrodidae, *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman). Entomologia Experimentalis et Applicata 43: 215-219.
- Byrne, DN; Houck, MA. 1990. Morphometric identification of wing polymorphism in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of the Entomological Society of America 83: 487-493.
- Byrne, DN; Bellows, TS Jr. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology 36: 431-457.
- Byrne, DN; Blackmer, JL. 1996. Examination of short-range migration by *Bemisia tabaci*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept p. 17-28.
- Cock, MJW. Ed. 1986. *Bemisia tabaci*- A literature survey. Silwood Park, UK. CAB Intl. Inst. Biol. Control. 121 p.
- Cohen, S; Ben Joseph, R. 1986. Preliminary studies of the distribution of whiteflies (*Bemisia tabaci*), using fluorescent dust to mark insects. Phytoparasitica 14: 152-153.
- Costa, HS; Ullman, DE; Johnson, MW; Tabashnik, BE. 1993. Association between *Bemisia tabaci* density and reduced growth, yellowing, and stem blanching of lettuce and kai choy. Plant Disease 77(10): 969-972.
- Csizinszky, AA; Schuster, DJ; Kring, JB. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. Journal of the American Society of Horticultural Science 120(5): 778-784.
- Cubillo, D; Chacón, A; Hilje, L. 1994a. Producción de plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 34: 23-27.
- Cubillo, D; Larriva, W; Quijije, R; Chacón, A; Hilje, L. 1994b. Evaluación de la repelencia de varias sustancias sobre la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 33: 26-28.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1997. Mortalidad de adultos de *Bemisia tabaci* con extractos de hombre grande (*Quassia amara*). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 45: 25-29.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999a. Eficacia de coberturas

- vivas para el manejo de *Bemisia tabaci* como vector de geminivirus, en tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 51: 10-20.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999b. Evaluación de recipientes y mallas para el manejo de *Bemisia tabaci* mediante semilleros cubiertos, en tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 51: 29-35.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999c. Evaluación de la repelencia y mortalidad causada por insecticidas blandos y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 53: 65-71.
- DeBarro, PJ; Driver, F. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian Journal of Entomology*. 36: 149-152.
- Dittrich, V; Uk, S; Ernst, GH. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. In *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*. Gerling, D. Ed. New Castle, UK. Athenaeum Press. p. 263-285.
- Eichelkraut, K; Cardona, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. *Turrialba* (Costa Rica) 39(1): 55-62.
- Franke, G; Van Balen, L; Debrot, E. 1983. Efecto de la época de infección por el mosaico amarillo sobre el rendimiento del tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia* (Venezuela) 6(2):741-743.
- Gerling, D. Ed. 1990. *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*. New Castle, UK. Athenaeum Press. 348 p.
- Gerling, D; Mayer, RT. Ed. 1996. *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. United Kingdom, Intercept. 702 p.
- Gómez, P; Cubillo, D; Mora, GA; Hilje, L. 1997a. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: I. Productos comerciales. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica). 46: 9-16.
- Gómez, P; Cubillo, D; Mora, GA; Hilje, L. 1997b. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica). 46: 17-25.
- Greathead, AH. 1986. Host plants. In *Bemisia tabaci*- A literature survey. Cock, MJW. Ed. Silwood Park. UK, CAB Intl. Inst. Biol. Control. p. 17-26.
- Hilje, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo del tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 29:51-57.
- Hilje, L; Arboleda, O. 1993. Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No.205. 66 p.
- Hilje, L; Cubillo, D; Segura, L. 1993a. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 30: 24-30.
- Hilje, L; Lastra, R; Zebisch, T; Calvo, G; Segura, L; Barrantes, L; Alpizar, D; Amador, R. 1993b. Las moscas blancas en Costa Rica. In *Las moscas blancas* (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L; Arboleda, O. Ed. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- Hilje, L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 35: 46-54.
- Hilje, L. 1996. Introducción. In *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus*. Hilje, L. Ed. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 37. p. VII-XV.
- Hilje, L; Stansly, PA. 1998. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. *First Annual Progress Report*. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE, U.S. Department of Agriculture (USDA). 49 p.
- Hilje, L; Stansly, PA. 1999. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. *Second Annual Progress Report*. U.S. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE Department of Agriculture (USDA). 98 p.
- Hilje, L. 2000. Use of living ground covers for the managing whitefly *Bemisia tabaci* as a geminivirus vector in tomatoes. In *Proceedings British Crop Protection Council- Pest & Diseases* (2000, Brighton, United Kingdom). v.1. p. 167-170.
- Hilje, L; Stansly, PA. 2001. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. *Final Report*. U.S. *Turrialba*, Costa Rica, CATIE Department of Agriculture (USDA). 132 p.
- Hilje, L; Ramírez, P; Sibaja, G; Morales, FJ; Anderson, PK. 2001a. Inventario de biotipos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y de geminivirus en Costa Rica. (En preparación).
- Hilje, L; Costa, HS; Stansly, PA. 2001b. Cultural practices for managing whiteflies and associated viral diseases. *Crop Protection* (En prensa).
- Hilje, L; Kass, D; Prins, K; Schlönvoigt, A; Carballo, M; Sánchez, V; Jones, J; Sanabria, G; Granados, R; Castro, OM; Del Valle, G. 2001c. Validación de tecnologías para el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, mediante investigación participativa. In *Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus* (10, 2001, Varradero, Cuba). Resúmenes. p. 224.
- Horowitz, AR; Ishaaya, I. 1996. Chemical control of *Bemisia*-Management and applications. In *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 537-556.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1991. Bases para una agenda de trabajo para el desarrollo agropecuario sostenible. Serie Documentos de Programas No. 25. IICA. San José, Costa Rica. 64 p.
- Ioannou, N. Ed. 1997. Management of the whitefly-virus complex. Rome, Italy, FAO Plant Production and Protection Paper No. 143.
- Jovel, J; Kleinn, C; Cartón, V; Valverde, B; Hilje, L. 2000a. Movimientos diarios de *Bemisia tabaci* en parcelas de tomate, en *Turrialba*, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 55: 49-55.
- Jovel, J; Kleinn, C; Ramírez, P; Hilje, L. 2000b. Distribución espacio-temporal del virus del moteado amarillo (ToYMoV) en parcelas de tomate, en *Turrialba*, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 57: 35-44.
- Jovel, J; Ramírez, P; Valverde, B; Hilje, L. 2000c. Determinación de las fuentes de inóculo del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), en *Guayabo*, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 54: 20-26.
- Karkashian, JP; Nakhla, MK; Maxwell, DP; Hilje, L; Ramírez, P. 1998. Enhanced symptom severity in mixed infections of two tomato-infecting geminiviruses in Costa Rica. In *Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus* (7, 1998, Managua, Nicaragua). p. 204.
- Markham, PG; Bedford, ID; Liu, S; Frohlich, DR; Rosell, R; Brown, JK. 1996. The transmission of geminiviruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (*Gennadius*). In *Bemisia 1995:*

- Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 69-75.
- Moreno, A. 2000. El uso del fósforo monoamónico como alternativa para minimizar el efecto de geminivirus en tomate industrial. In Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 79.
- Ohnesorge, B; Gerling, D. Ed. 1986. *Bemisia tabaci*- Ecology and control. Special issue. Agriculture, Ecosystems and Environment 17: 1-152.
- Padilla, MR. 1995. Reducción de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante fertilización al suelo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- Peralta, L; Hilje, L. 1993. Un intento de control de *Bemisia tabaci* con insecticidas sistémicos incorporados a la vainica como cultivo trampa, más aplicaciones de aceite en el tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30: 21-23.
- Pérez, O; Ramírez, O; Hilje, L; Karremans, J. 1997. Potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de manejo integrado de plagas (MIP), aplicando tres técnicas de extensión con productores de tomate en el Valle Central Occidental, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 43: 19-30.
- Perring, TM. 1996. Biological differences of two species of *Bemisia* that contribute to adaptive advantage. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, R.T. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 1-16.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. Plant Disease 81(12): 1358- 1369.
- Quirós, CA; Ramírez, O; Hilje, L. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 34: 1-7.
- Rivas, GG; Lastra, R; Hilje, L. 1994. Retardo de la virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, mediante semilleros cubiertos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 31: 12-16.
- Rivas, G; Ramírez, P; Cubillo, D; Hilje, L. 1995a. Detección de virus en plantas silvestres asociadas con el tomate y chile dulce en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 38: 37-39.
- Rivas, G; Ramírez, P; Cubillo, D; Hilje, L. 1995b. Translocación y cuantificación de geminivirus asociados con el mosaico amarillo del tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 38: 20-24.
- Rivera-Bustamante, R. 1995. Recombinación de geminivirus y sus implicaciones en la agricultura. In Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus (4, 1995, Tegucigalpa, Honduras). Memoria. Caballero, R; Pitty, A. Ed. Ceiba (Honduras) 36(1): 99-102.
- Rosset, P; Meneses, R; Lastra, R; González, W. 1990. Estimación de pérdidas e identificación del geminivirus transmitido al tomate por la mosca blanca *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 15: 24-34.
- Salas, J; Mendoza, O. 1995. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. Florida Entomologist 78(1): 154-160.
- Salazar, E; Cubillo, D; Ramírez, P; Rivas, G; Hilje, L. 1998. Severidad del moteado amarillo del tomate y reducción del rendimiento del cultivo en respuesta a la densidad de adultos virulíferos de *Bemisia tabaci*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 50: 42-50.
- Schuster, DJ; Mueller, TF; Kring, JB; Price, JF. 1990. Relationship of the sweetpotato whitefly to a new tomato fruit disorder in Florida. HortScience 25(12): 1618-1620.
- Schuster, DJ; Stansly, PA; Polston, JE. 1996. Expressions of plant damage of *Bemisia*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. Hants, UK, Andover. p. 153-165.
- Shapiro, JP. 1996. Insect-plant interactions and expression of disorders induced by the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 167-177.
- Suazo, PE. 1995. Efecto de podas y fertilización sobre la severidad del mosaico amarillo del tomate. Tesis Mag. Sci. Turrialba. Costa Rica, CATIE. 84 p.
- Vázquez, LL. 2000. Informe final de consultoría. Transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas en hortalizas con énfasis en mosca blanca. Proyecto FAO/TCP/PAN/8922. s.p.
- Yokomi, RK; Hoelmer, KA; Osborne, LS. 1990. Relationship between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. Phytopathology 80(10): 895-900.



## Tesis de Posgrado

**Arango Ospina, ME. 2000. Manejo de sustratos para el control biológico de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo del banano (*Musa* AAA). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102 p.**

El cultivo del plátano y del banano, importantes sistemas de producción agrícola y alimento de 400 millones de personas, es atacado por la Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Esta enfermedad de gran agresividad y difícil manejo, produce pérdidas en la producción de hasta 100% por la drástica reducción de la fotosíntesis. El control químico es el método comúnmente utilizado, el cual se basa en gran cantidad de aplicaciones de fungicidas durante cada ciclo de cultivo. El costo de control representa hasta el 45% de los costos de producción. Además el uso excesivo de fungicidas provoca el desarrollo de resistencia por parte del patógeno y daños al ambiente. El control biológico considerado como una alternativa de control de enfermedades de las plantas, procura restaurar el balance biológico, y ofrece importantes principios para incrementar la producción mediante mecanismos de supresión o destrucción del inóculo, la protección de las plantas contra la infección o el incremento de la habilidad de éstas para resistir al patógeno.

La manipulación del ambiente mediante la aplicación de sustratos permite la modificación de las condiciones físicas y nutricionales del filoplano para perjudicar la germinación y el establecimiento del patógeno y favorecer las poblaciones de antagonistas. Por tanto, éstos se seleccionaron considerando la necesidad de aportar a los antagonistas una fuente de carbono y una fuente proteica y la adición de quitina y glucano como componentes importantes de la pared celular de las hifas del hongo, el nitrato de calcio contribuyó con la neutralización del pH de la solución. En total se evaluaron veinte tratamientos resultantes de la interacción de las diferentes mezclas.

Los criterios señalados como indicadores para seleccionar los dos mejores sustratos, para su posterior aplicación a nivel de campo fueron el efecto sobre las variables de respuestas densidad de población, estabilidad, diversidad y habilidad de los antagonistas para producir enzimas glucanólíticas y quitinolíticas, así como su efecto sobre el desarrollo de la enfermedad en plántulas expuestas a inoculación natural.

La hoja más joven manchada (HMJM) fue el indicador más importante del progreso de la enfermedad a nivel de campo y determinó el momento de las aplicaciones de los respectivos tratamientos. Se registró además el

total de hojas, de hojas enfermas, de hojas limpias y el grado de desarrollo de la enfermedad, según la escala de Stover, modificada por Gaulh. Las plantas expuestas a aplicaciones de sustratos alternadas con los fungicidas usados comúnmente para el control de la enfermedad se comportaron estadísticamente igual a los tratamientos con fungicidas sintéticos, lográndose reducir en un 40% el número de aplicaciones de fungicidas, comprobándose que las plantas al ser expuestas al efecto de las mezclas desde sus etapas iniciales presentan un mejor comportamiento con relación a las variables de respuesta HMJM, grado de desarrollo de la enfermedad y total de hojas limpias.

**PALENCIA, I. 2000. Problemas socioeconómicos y ambientales asociados a la paja canalera (*Saccharum spontaneum*) en la cuenca del Canal de Panamá. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 81 p.**

Con el fin de caracterizar la problemática provocada por la introducción de una especie foránea a la Cuenca del Canal de Panamá, la paja canalera (*Saccharum spontaneum*), se presentan los resultados de un estudio socioeconómico en la zona oeste de Panamá, a nivel comunitario y en la cuenca del canal.

La metodología de trabajo se basó en observación directa y encuestas a los productores, entrevistas y consultas a nivel de técnicos que laboran en proyectos de reforestación comercial y parques nacionales, así como a expertos a nivel institucional, académico y gubernamental que laboran con dicha temática.

Las comunidades estudiadas se encuentran en la zona oeste de Panamá, y se encuentran aledañas al proyecto de reforestación comercial de la empresa Ecoforest (Panamá), S.A, la cual apoyó la presente investigación. En este estudio se identificaron las perspectivas de los distintos actores que laboran en la cuenca, sobre las repercusiones provocadas y experiencias en el manejo y control de la misma.

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la introducción de esta especie se ha visto favorecida por los niveles de deforestación suscitados en la zona, y ésta ha provocado impactos económicos ambientales y económicos negativos, ya que aumenta los costos de producción debido a que su control y erradicación resulta bastante difícil, además las características fisiológicas de la especie no permiten el desarrollo de otras especies en la zona y favorecen los incendios, afectando los bosques aledaños.

# Futuros Eventos

**5-8 Noviembre 2001**

Certificación de Estudios de Efectividad  
Biológica de Plaguicidas

**Información:**

M.C. Antonio Segura Miranda  
Universidad Autónoma Chapingo  
Depto. de Parasitología Agrícola  
Km. 38.5 Carretera México, Texcoco  
Telfax (585) 4-06-92

**5-9 Noviembre 2001**

XIII International *Verticillium* Symposium

**Información:**

R.M. Jiménez-Díaz  
Córdoba, España  
Fax: 34-957-499-252  
Tel.: 34-957-499-221  
Email: ag1jdir@uco.es

**7-9 Noviembre 2001**

XXII Congreso Nacional de Ciencia de las  
Malezas

**Información:**

Dr. Javier Farías Larios  
Fac. de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Universidad de Colima  
Colima, México  
Telefax (332)4 4237  
Email: jfarías@volcan.ucol.mx

**15-17 Noviembre 2001**

XII Simposio Nacional de Parasitología  
Forestal

**Información:**

Dr. Jorge E. Macías-Sámano  
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR  
Tapachula, Chiapas, México  
Tel. (962) 81077, 81103  
Fax (962) 81015  
Email: simp\_parasito@tap-ecosur.edu.mx

**19-30 Noviembre 2001**

Curso Regional de Química Ambiental con énfasis en  
sustancias orgánicas

**Información:**

MSc. Clemens Ruepert  
Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas  
(IRET)  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica  
Tel (506) 277-3584  
Fax (506) 277-3583  
Email: cruepert@una.ac.cr

**25-30 Noviembre 2001**

4. Encuentro Internacional del Grupo de Trabajo de  
Moscas de los Frutos del  
Hemisferio Occidental

**Información:**

O. De Longo  
Ciudad de Mendoza, Argentina  
Telefax (54) 261-425-8741  
Email: iscamen@cpsarg.com  
www.iscamen.com.ar

**5-7 Diciembre 2001**

VIII Congreso Interamericano sobre el  
Medio Ambiente

**Información:**

Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad de  
Talca Talca, Chile  
<http://www.cima2001.cl/inscripcion/i1.htm>

**11-13 Marzo 2002**

V Workshop, European Weed Research  
Society Working Group On Physical And Cultural  
Weed Control

**Información:**

P. Barberi, Scuola Superiore di Studi Univ.  
Perfezionamento  
S. Anna, Via G. Carducci 40, 56127 Pisa, Italia  
Fax: 39-050-883-215 -- E-mail: Barberi@sss.it

**18-22 Marzo 2002**

V Congreso Argentino de Entomología

**Información:**

Dr. Javier Farías Larios  
Fac. de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Universidad de Colima  
Colima, México  
Telefax (332)4 4237  
Email: vcae@bg.fcen.uba.ar

**8-13 Setiembre 2002**

XI Congreso Internacional de Acarología

**Información:**

J.B. Morales-Malacara  
XI ICA Secretaría, Lab. de Acarología, Dept. de Biolo-  
gía, Fac. de Ciencias,  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
Coyoacán 04510 DF, México  
E-mail: JBMM@hp.fciencias.unam.mx  
Fax: 52-5-622-4828

# MOSCA BLANCA AL DIA



No. 36

Coordinador: Luko Hilje  
(lhilje@catie.ac.cr)



Setiembre, 2001



## Nota editorial

Este número está dedicado al **X Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus** en forma exclusiva, pues fue un evento muy rico en enseñanzas. Realizado en junio en Cuba, en el marco del *IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*, nos mostró que, al cumplirse nueve años de iniciado el **Plan de Acción** se han logrado importantes avances prácticos en el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus en Iberoamérica y el Caribe.

No obstante, se reconoció que el problema, por lo dinámico que es, sigue vigente e incluso ha causado inmensas pérdidas, por ejemplo de virosis en melón en Guatemala, que justifican no solo que el **Plan** mantenga sus actividades, sino que también se capitalice la gran experiencia alcanzada, para incluir otros problemas análogos, con insectos vectores de virus.

Aprovechamos para reiterar al Dr. Carlos Murguido, coordinador del Taller, así como al Comité Organizador del *IV Seminario*, nuestro sincero agradecimiento por la oportunidad que crearon, cálida y fraternal, para propiciar este tipo de diálogo.



## Logros Plan de Acción

A continuación se sintetizan los avances del **Plan de Acción para el Manejo de las Moscas Blancas y Geminivirus en Iberoamérica el Caribe**, entre 2000-2001, con base en las discusiones del *X Taller*.

**Asistencia.** Al Taller concurren más de 100 colegas de 12 países, cifra muy cercana a las alcanzadas en los talleres previos y, durante la existencia del **Plan**, se ha contado con unos 1500 participantes. Una vez más, se logró involucrar a un amplio espectro de sectores, incluyendo investigadores, profesores, extensionistas, estudiantes, productores agrícolas y técnicos del sector privado (empresas agroquímicas y bancos). Este auditorio tuvo la oportunidad de interactuar a través de las presentaciones de informes nacionales, las sesiones de carteles, las charlas magistrales y una sesión final

de síntesis de avances en los aspectos de validación y transferencia de tecnología.

**Cobertura.** Los logros han sido extraordinarios durante el último año, pues se incrementó la membresía del **Plan** hasta 22 países, incluyendo a Portugal, afianzándose así su carácter iberoamericano. En el Taller participaron colegas de los siguientes 11 países que integran el Plan: México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana, Cuba, Venezuela, Ecuador y España; además, participaron representantes de Guadalupe. No se pudo contar con los colegas de Belice, El Salvador, Puerto Rico, Haití, Colombia, Brasil, Perú, Chile, Paraguay, Uruguay ni Argentina. No obstante, algunos de éstos remitieron los informes nacionales, de modo que se contó con valiosa información de 14 países, que enriquecen mucho nuestro acervo sobre este problema.

Asimismo, con la participación de L. Hilje en la mesa redonda *Towards a global networking*, en el *European Whitefly Symposium*, organizado por la *Red Europea para el Estudio de las Moscas Blancas* (EWSN) (Sicilia, febrero, 2001), se han empezado a crear condiciones para vincular nuestra red, de manera formal, con otras iniciativas de alcance mundial.

**Actividades de diagnóstico.** El diagnóstico de biotipos de *Bemisia tabaci* y de geminivirus se ha efectuado, pero de manera débil, aunque algunos países tienen la capacidad instalada para realizarlo. En ello ha sido clave el apoyo del Proyecto Mosca Blanca-CIAT (*Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pests and Vectors of Plant Viruses in the Tropics*), coordinado por el CIAT (Colombia).

**Fuentes de información.** Esta es quizás la actividad más fuerte del **Plan**, pues se han publicado 35 números del boletín trimestral *Mosca Blanca al Día*, siempre como una sección de la revista *Manejo Integrado de Plagas* (CATIE), el cual ahora se puede acceder por internet. Además, por fin se logró crear un sitio específico sobre mosca blanca, en el pórtico electrónico del CATIE (<http://www.catie.ac.cr/mosca-blanca>). En él están disponibles los informes nacionales de los años 2000 y 2001, el documento original del **Plan**, los últimos números de *MBDía*, resúmenes de las tesis de Posgrado del CATIE, y una lista de vínculos con sitios pertinentes al tema. En forma progresiva se incorporarán otros documentos, ahí descritos.

**Transferencia de tecnología.** Puesto que ésta representa el eje estratégico del *Plan*, en el taller previo (Panamá) ya se había organizado una sesión amplia para evaluar el estado actual de la tecnología y del conocimiento para el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus. Pero esta vez, además, los informes nacionales se focalizaron en el nivel real de adopción de las tecnologías disponibles para el manejo de dicho complejo, y sirvieron como insumo para una sesión de síntesis, de toda una mañana.

Conducida por los colegas del CATIE (Nicaragua), con amplia experiencia en este campo, se logró caracterizar los países dentro de tres tipologías basadas en los siguientes criterios: naturaleza del programa de transferencia, tipos de instituciones participantes; actividades prioritarias; fortalezas principales; cobertura; estrategia de manejo; eficacia de las tecnologías; aspectos ecológicos; y aspectos sociales.

Esta información se sintetizó en un cuadro, que actualmente se está circulando para ser completado en sus detalles. Según dichas tipologías y criterios, en forma preliminar se percibe que si bien todos los países han hecho aportes, Cuba, México y la República Dominicana destacan por el mayor desarrollo de sus programas de transferencia de tecnologías de MIP. Un segundo grupo, con acciones intermedias, lo ocupan Nicaragua, Colombia, Venezuela, Panamá y Guatemala, y el último involucra a Honduras, Costa Rica, Ecuador, Puerto Rico, Guadalupe y España. Esta síntesis, de la que todos los países podrían derivar muy valiosas enseñanzas, será publicada en *MBDía* oportunamente.

**Aportes técnicos.** Al sumar los carteles del Taller con los del Congreso paralelo de la Sociedad Norteamericana de Fito patología-División Caribe (APS-CD), se obtuvo un total de 46 presentaciones técnicas. Estas se complementaron con tres charlas magistrales, que versaron sobre: *Plan de Acción para el Manejo de las Moscas Blancas y Geminivirus en América Latina: Un balance crítico del primer decenio* (Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica); *Distribución de geminivirus en la región de América Central y el Caribe* (Dr. Douglas Maxwell, Universidad de Wisconsin); y *Perspectivas para el diagnóstico de geminivirus* (Dra. Judy Brown, Universidad de Arizona). Las dos últimas se ofrecieron en conjun-

to con el citado congreso. Los resúmenes de las presentaciones en carteles, así como los informes nacionales, están incluidos en la memoria del evento, que se publicó como una sección de la memoria del *IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal*.

Aunque no representan temas nuevos *sensu stricto*, se marcó el interés y necesidad de enfocarse más en aspectos preventivos, basados en el mejoramiento genético y en el fortalecimiento de las plantas mediante fertilización. Se espera que estas ideas se concreten a la mayor brevedad (ver *Financiamiento*).

**Reestructuración.** A pesar de que se ha convenido en que cada taller se puede organizar según las necesidades específicas del país anfitrión, para el *XI Taller* (Venezuela) se sugirieron varias opciones novedosas, que deberán discutirse oportunamente. Dicho taller se efectuará en noviembre de 2002, y ya hay ofertas para los siguientes talleres: México (agosto, 2003) y Cuba (junio, 2004).

**Financiamiento.** Hasta ahora no se cuenta con una fuente permanente y sólida de financiamiento para el *Plan*, y predomina la tendencia de que cada país consiga sus propios recursos financieros para ejecutar las actividades estipuladas en él. Hasta ahora hay proyectos de importante cuantía en Honduras-Guatemala (CRSP-USAID), Costa Rica (CRSP-USAID y Fundecooperación), y Cuba-Guadalupe (INCO). Asimismo, se cuenta con iniciativas entre Colombia-Costa Rica (FONTAGRO). En el pasado se han presentado dos proyectos grandes a la Fundación McKnight, pero sin éxito.

En respuesta a lo indicado en el acápite de *Aportes técnicos*, en cuanto a la fertilización, colegas de Cuba, Panamá y Costa Rica se comprometieron a desarrollar protocolos de trabajo y la búsqueda de recursos, a la mayor brevedad posible. En relación con el mejoramiento genético, se efectuó una concurrida reunión en la cual se nombró un grupo *ad hoc*, coordinado por la Dra. Pilar Ramírez (CIBCM, Costa Rica) para, junto con el Dr. Pedro Him, coordinador del área temática de *Combate fitogenético*, dar forma a una propuesta regional y procurar su financiamiento.

**ESTE BOLETIN ESTA DISPONIBLE POR CORREO ELECTRONICO, DENTRO DE LA REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS, EN LAS SIGUIENTES DIRECCIONES:**  
[http://www.catie.ac.cr./capacitación/Redes\\_Técnicas.html](http://www.catie.ac.cr./capacitación/Redes_Técnicas.html) y <http://www.catie.ac.cr.moscablanca>

**POR FAVOR, FOTOCOPIE EL BOLETIN Y ENVIÉLO RAPIDAMENTE A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA**

**CATIE**

# PLAGAS FORESTALES NEOTROPICALES



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

Luko Hilje (lhilje@catie.ac.cr)

**EDITORES**

No. 3

Setiembre, 2001

## NOTA EDITORIAL

Al cumplir con la tercera entrega de este boletín, deseamos reafirmar nuestro compromiso de servir como difusores de información en el campo de la protección forestal, tanto la acumulada y poco conocida, como alguna otra reciente y de importancia práctica. Así consta en el presente número, que destaca algunos riesgos derivados de la presencia en México, con la posibilidad de extenderse hacia el sur, del piojo saltón del eucalipto. Queremos, insistir, eso sí, en la necesidad e importancia de ampliar la cobertura temática del boletín hacia la patología forestal, en lo cual esperamos contar con la colaboración de nuestros lectores, en los próximos números.

## ¡ALERTA!: PLAGA EN EUCALIPTO

Una nueva plaga, exótica, ha aparecido recientemente en México. Se trata del piojo saltón *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae), conocido como el psílido del eucalipto. Se detectó este año en el país, posiblemente procedente de California, adonde llegó desde Australia, su zona de origen, en 1998. En la actualidad está presente en 12 estados del norte y en el centro de México.

Se trata de un insecto chupador, que al extraer la savia causa defoliación prematura y la muerte de las ramas. Las especies más susceptibles son *Eucalyptus camaldulensis* y *E. cladocalix*. En Australia muestra 2-4 generaciones al año. Los adultos son muy pequeños (3-4 mm) y alados, verde brillante y con manchas ro-

jas y amarillas. Las ninfas forman una cubierta de protección sobre sus cuerpos y secretan una mielecilla.

Tanto en México como en el resto de América Latina hay grandes plantaciones de eucaliptos, establecidas con diferentes propósitos. Pero su uso como parte del arbolado urbano, muy difundido, hace que sea aquí donde se prevea el mayor impacto de esta plaga. Los árboles urbanos requieren un mantenimiento más intensivo que aquellos presentes en plantaciones, por lo que la presencia de la plaga implicará fuertes inversiones, no solamente en su manejo *per se*, sino también debido a las consecuencias de su ataque: formación de fumaginas que afectan los aspectos estéticos, la poda de ramas muertas y la predisposición del arbolado a otras plagas.

En las plantaciones comerciales, se espera que el impacto del insecto se perciba en la reducción del crecimiento, la prolongación del turno de aprovechamiento y, así, el aumento en los costos de producción. Recientemente se ha iniciado un programa piloto de control biológico en el estado de Jalisco, México. Para ello se está introduciendo un enemigo natural, la avispa *Psyllaephagus biletus*, (Hymenoptera: Encyrtidae) la cual presenta buenas perspectivas, dada la experiencia en EE.UU.

Dado el riesgo de que el problema se extienda hacia el sur del continente, se deben tomar medidas cuarentenarias oportunas. En números posteriores de este boletín se incluirán avances de los logros alcanzados. De momento, se puede hallar información útil en: <http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/dahlsten/rglp/index.htm>

## DESCORTEZADOR DE PINOS

En los dos boletines previos se ha informado sobre los recientes brotes poblacionales del descortezador de los pinos (*Dendroctonus frontalis*) en América Central. Al respecto, hay dos artículos divulgativos publicados en la *Revista Forestal Centroamericana* (CATIE):

- Anónimo. 2001. Plaga de gorgojo de pino en Centroamérica. no. 33: 42-43.  
Macías-Sámamo, JE; Green, ED; Sosa, O; García, S; Hilje, L. 2001. Brotes del descortezador del pino en Belice. no. 34: 90-92

## HALLAZGOS

**Respuesta en condiciones de campo de *Dendroctonus frontalis*, *Ips grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) y sus depredadores a diferentes semioquímicos en el Sureste de México. (Rivera-Granados, M.L. y Macías-Sámamo, J.E. *El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas*). Se realizaron experimentos durante un año en rodales de *Pinus oocarpa* en Motozintla, Chiapas, México. Se determinó la atracción en condiciones de campo trampas Lindgren multiembudos, cebadas con pineno más frontalina, ipsenol o ipsdienol. *D. frontalis* fue atraído únicamente a la mezcla de frontalina y pineno, mientras que *I. grandicollis*, *Enoclerus ablusus* (Cleridae) y *Elacatis* sp. (Salpingidae) fueron atraídos a ambas combinaciones de ipsenol e ipsdienol más pineno. Por su parte, *Temnochila chlorodia* (Trogositidae) respondió a todos los tratamientos. Muy pocos especímenes de *Tenebroides corticalis* (Trogositidae) y *Temnochila virescens* fueron capturados. Estos resultados sugieren que *T. chlorodia* depreda a *D. frontalis* e *I. grandicollis*, mientras que *E. ablusus* y *Elacatis* sp. lo hacen sobre *I. grandicollis*, en los rodales estudiados.**

## INTERNET

En cuanto a recursos de internet, incluimos la dirección de la base de datos del Community of Science, Inc. (COS). Esta comprende más de 17000 sitios de

instituciones que financian proyectos de investigación y ofrecen becas para capacitación en diferentes áreas, incluyendo biología, botánica, agricultura y recursos genéticos: [www.cos.com](http://www.cos.com)

## PUBLICACIONES REVISTA MIP

A continuación incluimos una lista de los artículos (revisiones, artículos técnicos y hojas técnicas) referidos a plagas forestales neotropicales, contenidos en la revista *Manejo Integrado de Plagas* (CATIE) de la cual forma parte este boletín. Esperamos que le sea de utilidad. Asimismo, aprovechamos la oportunidad para invitarlo a publicar en dicha revista, de amplia cobertura continental.

- Arguedas, M; Quirós, L. 1997. Experiencias y perspectivas del manejo de plagas forestales en Costa Rica. 45: 34-42.  
Arguedas, M; Scorza, F. 1991. Observaciones sobre la biología de *Scolytodes alni* Wood (Coleoptera: Scolytidae) descortezador del jaúl *Alnus acuminata*. 20-21: 23-25.  
Cibrián, D. 1998. Biología y manejo del descortezador de pinos, *Dendroctonus frontalis*. Hoja Técnica no. 26 (*In Manejo Integrado de Plagas* no. 49).  
Hilje, L. 1988. Las plagas forestales en Costa Rica: ¿es factible su manejo integrado? 7: 48-59.  
Hilje, L; Cornelius, JC. 2001. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? Hoja Técnica no. 38 (*In Manejo Integrado de Plagas* no. 61).  
Hilje, L; Quirós, L; Scorza, F. 1991. El "status" actual de las plagas forestales en Costa Rica. 20-21: 18-22.  
Hilje, L; Viquez, M; Araya, CM; Scorza, F. 1991. El manejo de enfermedades y plagas forestales en Costa Rica. 9: 34-39.  
Maes, JM. 1992. Plagas insectiles de Nicaragua 1. Coleópteros asociados con *Pinus oocarpa* Schiede. 23: 13-16.  
Macías-Sámamo, JE. 2001. Interacciones químicas entre *Hypsipyla grandella* y sus plantas hospedantes. 60: 15-21.  
Mancebo, F; Hilje, L; Mora, GA; Salazar, R. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre larvas de *Hypsipyla grandella*. 55: 12-23.  
Vandermeer, JH; Perfecto, I. 2000. La biodiversidad y el control de plagas en sistemas agroforestales. 55: 1-5.  
Vásquez, LL; Menéndez, JM; López, R. 1999. Manejo de insectos de importancia forestal en Cuba. 54: 13-26.

**POR FAVOR, DISTRIBUYA ESTE BOLETÍN A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA**



## Enfermedades de la piel y plaguicidas sintéticos

Homero Penagos G.<sup>1</sup>

### Introducción

América Central es una región con gran vocación agrícola, actividad en la cual se hace un uso intensivo de plaguicidas. Frecuentemente, se escucha hablar del uso seguro de plaguicidas, a lo cual surge la pregunta cómo puede ser eso posible en una población de cuatro millones de agricultores, muchos de ellos analfabetos y sin preparación adecuada para el manejo de estos productos tóxicos. Jenkis (1995) señala que Panamá es, en América Central, después de Costa Rica, el mayor consumidor de plaguicidas, lo cual se aprecia por las relaciones kg/persona, kg/trabajador y kg/ha cultivada, respectivamente (Wesling y Castillo 1992), a pesar de que Panamá es uno de los países con menor proporción de población trabajadora del sector agrícola de la región. Jenkis (1995) indica que en este país existe una extensa bibliografía sobre los efectos agudos del envenenamiento con plaguicidas, pero pocos estudios publicados sobre los efectos en la piel de las personas expuestas a estos productos. Díaz y Lamoth (1998) presentaron un reporte sobre los esfuerzos realizados en este campo en Panamá.

### El caso de Panamá

Mas (1998) afirma que las enfermedades profesionales más comunes en Panamá son, principalmente, las de la piel, las cuales abundan en el sector agrícola, causadas por los plaguicidas, los cuales producen no solo intoxicación, sino también problemas de tipo cutáneo, como las dermatitis de contacto. Estas declaraciones del Jefe del Programa de Salud Ocupacional de la Caja del Seguro Social de Panamá establecen claramente los efectos de los plaguicidas en la

salud de los panameños y panameñas. En las provincias occidentales de Chiriquí y Bocas del Toro se concentra la totalidad de la producción de banano para exportación, actividad que conlleva un uso intensivo de plaguicidas. En las tierras altas de Chiriquí además se produce la mayor parte de hortalizas del país y también se utilizan gran cantidad de plaguicidas.

Las enfermedades de la piel son las enfermedades ocupacionales más frecuentes, llegando hasta un 30% de las reportadas. El reconocimiento de la relación ocupacional puede ser difícil dado que el diagnóstico diferencial incluye dermatitis no ocupacionales y una larga lista de problemas de piel que imitan a las dermatitis de contacto.

### Plaguicidas y enfermedades de la piel

Se han realizado varios estudios sobre los plaguicidas y su relación con enfermedades de la piel en trabajadores agrícolas en Panamá (Penagos 1995, Penagos *et al.* 1996, Penagos 1999, Penagos 2001a, 2001b, Penagos *et al.* 2001). Con base en estos estudios se presentan los aspectos más relevantes del problema y algunas recomendaciones al respecto.

En las personas expuestas a plaguicidas (insecticidas, fungicidas, nematocidas, herbicidas, rodenticidas, molusquicidas y acaricidas) frecuentemente se observan problemas en la piel causados por estos productos. Se debe tener en cuenta que la exposición a plaguicidas no sólo se da en la agricultura, sino que éstos también son usados en campañas de salud pública contra la malaria, el dengue y la escabiasis, entre otras, en el control de plagas en zonas urbanas, jardines y en los hogares. Por lo tanto, los problemas der-

<sup>1</sup> Caja de Seguro Social de Panamá. Apdo. 855, David, Panamá. clinpiel@chiriqui.com

matológicos asociados a su uso, se dan en una amplia gama de situaciones. Pero en general, la mayoría de los estudios sobre efectos dermatológicos de plaguicidas se han realizado en la población trabajadora expuesta. En Panamá, por la importancia económica del cultivo del banano y por la disponibilidad de atención médica del Seguro Social en esas zonas, se han caracterizado tipos de dermatosis, los riesgos, y algunas medidas de prevención en relación a las enfermedades de la piel causadas por plaguicidas en trabajadores bananeros.

### Tipos de dermatosis

Las dermatosis más frecuentes causadas por plaguicidas son las dermatitis de contacto. Muchos plaguicidas son irritantes y algunos sensibilizantes. Las dermatitis de contacto representan el 90% del total, de éstas 85-90% son dermatitis de contacto irritativas (Fig.1) y un 10-15% dermatitis de contacto alérgicas. (Fig. 2) Un 5-10% de las dermatosis causadas por plaguicidas son daños: en las uñas (Fig. 3) causados por paraquat, acné clórico y cambios en la pigmentación o discromía. Un tipo especial de ésta, la



**Figura 1. Dermatitis de contacto irritativa (DCI).** Palma de las manos con fisuras, eritema y descamación en trabajadora de la pila de una empacadora de banano.



**Figura 2. Dermatitis de contacto alérgica (DCA).** Dermatitis con eritema, eritema, pérdida de piel superficial, por contacto con plaguicidas de la empacadora. Prueba de parche al imazalil ++ a las 96 horas.

dermatitis cenicienta (Fig. 4) se ha visto asociada a la exposición al fungicida clorotalonil (Penagos 1996).

Los plaguicidas que han causado mayor cantidad de problemas de la piel en Panamá son el paraquat (Gramoxone ®), clorotalonil (Bravo 500 ®, Bravo 720®, Daconil®), benomil (Benlate®), imazalil (Fungiflor ®), propiconazol (Tilt®), glifosato (Round Up®), tiabendazole (Mertec®).

Las dermatosis en muchos casos no son causadas por el ingrediente activo sino por las impurezas formadas en su síntesis a altas temperaturas, como es el caso de las dioxinas.

### Riesgos

Estudios recientes en poblaciones expuestas a estos productos han permitido determinar riesgos como:

1. Falta de educación sobre uso y manejo de plaguicidas en el 90% de los trabajadores estudiados
2. Falta de capacitación de los trabajadores que aplican plaguicidas
3. Uso inadecuado de las medidas de protección personal



**Figura 3.** Bandas transversales en las uñas causadas por paraquat, generalmente se pierden y en algunos casos vuelven a salir normales.



**Figura 4.** Dermatitis cenicienta por plaguicidas: máculas (manchas) grises y chocolates en abdomen y brazos de un embolsador. Pruebas de parche ++ a clorotalonil 0,001% en acetona.



4. Equipo de aplicación en mal estado, que permite el contacto directo piel-tóxico durante las horas de trabajo
5. Medidas de aseo no estandarizadas e inadecuadas
6. Baños sanitarios no adecuados
7. Disposición inadecuada de residuos de plaguicidas
8. Ausencia de una ley de riego aéreo de plaguicidas
9. Ausencia de un período de reentrada seguro
10. Contaminación de ríos y aguas subterráneas en la zona.

Es importante destacar que estos riesgos son para toda la población, no solo para aquella que está expuesta directamente a los plaguicidas como trabajadores agrícolas que aplican o mezclan los plaguicidas en el campo, los que señalizan las vías de riego aéreo (bandereros, en las fincas bananeras), los controladores de plagas urbanas, técnicos de jardín y veterinarios, entre otros.

### Medidas de prevención

Algunas medidas preventivas recomendadas son:

- Suministro oportuno y en buen estado de los elementos de protección personal al trabajar con plaguicidas.
- Entrenamiento adecuado en el uso de los plaguicidas.
- Tener el derecho a información sobre el plaguicida con el cual se trabaja, cuál es el riesgo para la salud y las medidas de prevención adecuadas en su manejo.
- Tener derecho al período de reentrada luego de la aplicación de plaguicidas, que en ningún caso debe ser menor de 24 horas.
- No fumar ni comer en los campos en que se aplican plaguicidas.

### Glosario

**Acné clórico:** Producido por plaguicidas clorados, clínicamente es similar al acné vulgar normal.

**Cutáneo:** Sinónimo de piel o dérmico.

**Dermatitis de contacto:** Lesión en la piel producida por un agente químico exógeno, generalmente, pero no siempre, limitada al sitio de contacto.

**Dermatitis de contacto alérgica:** Producida por un agente que necesita una reacción de sensibilización previa, al segundo contacto produce lesiones en el sitio de contacto y generalmente en sitios distantes.

**Dermatitis de contacto irritativa:** Producida por un agente que actúa en el sitio de contacto y no precisa de reacción de sensibilización previa.

**Dermatosis:** Sinónimo de enfermedad de la piel, así toda dermatitis es una dermatosis, pero no toda dermatosis es una dermatitis.

- Los niños, niñas y embarazadas no deben tener contacto con plaguicidas o residuos de estos productos.
- No USAR envases de plaguicidas para guardar agua o comida.
- No guardar plaguicidas en sus casas.
- Tomar un baño después de cada jornada de trabajo con plaguicidas.
- Cuando hay riego aéreo de plaguicidas, no se debe permanecer expuesto, los niños y niñas no deben salir de sus casas, además deben cerrarse las ventanas.
- Al secar al aire libre la ropa lavada, debe evitarse que tenga contacto con el producto asperjado aereamente.

### Literatura citada

- Jenkins M, J. 1995 Plaguicidas, Salud y Desarrollo Sostenible en Centroamérica. Panamá, OMS/OPS. p.11.
- Wessling, C; Castillo, L. 1992. ECOSAL I. Heredia, Costa Rica.
- Jenkins M, J. 1995. Plaguicidas, Salud y Desarrollo Sostenible en Centroamérica. Panamá, OMS /OPS. p. 5.
- Díaz M, F; Lamoth, L. 1998. Características ocupacionales y ambientales de los paguicidas en Panamá. Panamá Proyecto PLAGSALUD/OMS/OPS.
- Mas JC. 1998. Salud ocupacional de la CSS: protegiendo al trabajador. Seguridad Social (Panamá) 6(4):14.
- Penagos, H; O'Malley, M; Maibach, H. 2001. Pesticide Dermatitis., Boca Raton Fl. USA, CRC Press
- Penagos, H. 2001. Enfermedades de la piel en agricultores: Una guía de autoinstrucción para trabajadores de la salud. Chiriquí, Panamá, Proyecto PLAGSALUD/OMS/OPS.
- Penagos, H. 1999. Dermatitis ocupacionales por plaguicidas. Dermatología 12(5):169-178.
- Penagos, H. 1995. Contact Dermatitis among banana plantation workers in Panama. Epidemiology. 6(4):S120.
- Penagos, H. *et al.* 1996. Chlorothalonil, a posible cause of erythema dyschromicum Perstans. Contact Dermatitis p. 35214.
- Penagos, H. 2001. Contact Dermatitis among banana plantation workers in Panama. (Sometido a IJOEHM).

**Discromía:** Cambio de coloración de la piel, pelo, mucosas o uñas; pérdida de color es hipocromía aumento del color hiperchromía.

**Escabiasis:** Sarna

**Irritantes:** Producto químico que actúa directamente en el sitio de contacto y daña la piel en poco tiempo

**Período de reentrada:** Período seguro para entrar a un campo en el cual se han aplicado plaguicidas

**Pigmentación:** Color de la piel, hiperpigmentación (aumento del color), hipopigmentación (disminución)

**Sensibilizantes:** Producto químico que estimula el sistema inmunológico del cuerpo para producir una reacción alérgica al contacto por segunda vez, luego que en el primer contacto se efectúa la sensibilización.



## Uso y producción de Virus de la Poliedrosis Nuclear en Nicaragua<sup>1</sup>

Carmen Marina Rizo Z.<sup>2</sup>  
Cony Narváez S.<sup>2</sup>

### Introducción

Los estudios sobre virus que atacan a los artrópodos son muy importantes porque existen más de 700 virus que tienen la capacidad para infectar especies de insectos de varios órdenes (Lecuona 1995). Muchas de estas enfermedades ocurren naturalmente en insectos de importancia agrícola. Por tanto, los virus son agentes promisorios para ser utilizados como insecticidas biológicos en programas de control (Evans y Entwistle 1987).

Los virus entomopatógenos utilizados para el control de plagas pertenecen a la familia Baculoviridae. Esta familia es la más estudiada hasta el momento, por reunir excelentes características, seguridad para la salud humana y por su especificidad para invertebrados.

El primer insecticida viral comercializado en los EEUU se desarrolló en 1961, con el virus de *Heliothis* spp., siendo utilizado principalmente en algodón, y en otros cultivos como soya, maíz, sorgo y tomate (Ignoffo y Couch 1981, Lecuona 1995). En Guatemala, se ha utilizado el virus aislado de *Autografa californica* y *Spodoptera sunia*, para el control de *Spodoptera exigua* y *S. sunia*, respectivamente. En Brasil, EMBRAPA produce desde 1979 el virus aislado de *Anticarsia gemmatalis*, para el control de *A. gemmatalis* en soya. También se produce el virus aislado de *SfVPN* para el control del cogollero, *Spodoptera frugiperda* en maíz. (Moscardi 1989, Alves 1986, Lecuona 1995, Valicente y Cruz 1991). Uno de los virus más utilizados para el control de plagas es el *Virus de la poliedrosis nuclear* (VPN).

### Virus entomopatógenos

Los virus entomopatógenos son microorganismos que producen enfermedades infecciosas que se multiplican en los tejidos de los insectos hasta, eventualmente, ocasionar su muerte. Son parásitos intracelulares obligados, pues no pueden reproducirse fuera de la célula huésped, ya que necesitan un organismo vivo para su multiplicación y diseminación (Alves 1986, Evans y Entwistle 1987).

En el ambiente pueden estar presentes naturalmente, enfermando a pocos insectos (en forma enzootica). Utilizándolos como insecticidas virales pueden ocasionar la muerte de grandes poblaciones de plagas de importancia económica.

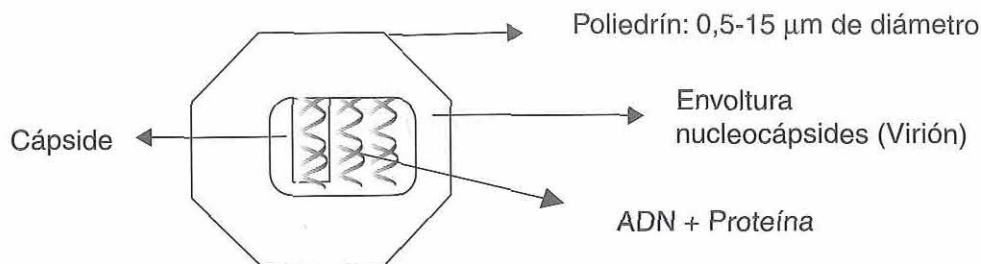
### Estructura de un virus entomopatógeno

Estos microorganismos están compuestos internamente por una capa de proteína llamada **cápside**, que rodea o protege el ácido nucleico, que representa la porción biológica del virus, pudiendo presentar ADN o ARN. A este conjunto se le denomina **nucleocápside**.

Estas nucleocápsides pueden estar solas o en grupos de una envoltura lipo-proteica, construida a partir del material celular del insecto parasitado. Al conjunto de nucleocápside más la envoltura se le denomina **virión o partícula viral**. Esta constituye la unidad infectiva del virus (Fig. 1). Los viriones están envueltos por una matriz proteica formando el cuerpo de inclusión poliedral (CIP) (Evans y Entwistle 1987, Payne y Kelly 1981).

<sup>1</sup> Presentado en el Curso sobre Formulación y Control de Calidad de Productos No-Sintéticos, auspiciado por el Proyecto Fomento de Productos Fitosanitarios No Sintéticos de CATIE/GTZ, Nicaragua 2001.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua. cip@unaleon-edu.ni



**Figura 1.** Cuerpo de inclusión poliedral. Adaptado de Payne y Kelly (1981).

### Clasificación de los virus

Basados en estudios morfológicos, bioquímicos y biofísicos los virus de insectos han sido agrupados en diversas familias. Evans y Entwistle (1987) y Alves (1986) han informado sobre 14 familias de virus de invertebrados, cinco de ellas de virus ADN y las nueve restantes de ARN (Cuadro 1).

### Modo de acción

Los virus contaminan a los insectos por vía oral. Normalmente, éstos son ingeridos con los alimentos presentes en los tallos y hojas. La contaminación a través de los huevos de los insectos es posible vía interna y externa por contaminación del corium, la cual es más frecuente. La contaminación de larvas recién nacidas es facilitada por el hábito de comer el corium de los huevos (Alves 1986).

Leucona (1995) y Evans y Entwistle (1987) indican que la ruta primaria de ingreso del virus al hospedante es la vía del tracto alimenticio, durante el curso de la alimentación, especialmente para las larvas y los adultos. Después de la ingestión el alimento se mueve directamente al intestino externo, dándose los siguientes pasos:

- En el intestino se disuelve la proteína (poliedro en el medio alcalino ( $\text{pH} < 7,5$ ))
- Se libera la partícula viral o virión
- La partícula viral se fusiona con la membrana de la célula del intestino
- Penetran los nucleocápsides a las células
- En las células se transporta al núcleo
- Se desprende la cápside y se libera el ADN
- El ADN, es la plantilla para replicar el ADN (genoma viral)
- El virus toma el control de los mecanismos para la producción de macromoléculas celulares (péptidos y ácidos nucleicos) y los utiliza para producción de nuevas partículas virales.

- Progenie se libera en el hemocelo y pasa de una célula a otra.
- El insecto se convierte en un saco de virus
- Muerte del insecto con la consiguiente rotura del integumento
- Liberación y dispersión.

Estos mismos autores señalan que los principales tejidos atacados son tejido adiposo, epidérmico, matriz traqueal, glándulas salivares, tubos de Malpighy y células sanguíneas.

### Sintomatología

Los síntomas aparecen después del tercer o cuarto día de infección de las larvas. Primero se observan manchas en el integumento y la piel, con un tono amarillento y apariencia oleosa, luego la larva reduce su movilidad, dejan de alimentarse y suben a la parte alta de la planta, después se cuelgan de las hojas de las patas traseras y posteriormente se vuelven oscuras debido a la desintegración de los tejidos internos hasta la rotura del integumento.

### Dispersión

Los cadáveres de las larvas muertas representan una fuente de inóculo para otras larvas susceptibles presentes en un cultivo. También al avanzar el ciclo de cultivo, tanto el agua de lluvia, como las larvas caídas al suelo, transportan las partículas virales hasta el suelo, donde permanecen y serán el inóculo inicial para futuras infecciones.

La dispersión del inóculo ocurre por medio de factores abióticos y bióticos. Los factores abióticos más importantes son el viento, lluvia riego, laboreo, entre otros y los factores bióticos como parásitos, depredadores, adultos del hospedante, detritívoros y aves (Alves 1986).

**Cuadro 1.** Clasificación y características de los virus entomopatógenos.

| Familia        | Género                       | Característica | Hospedante  |
|----------------|------------------------------|----------------|---|
| Baculoviridae  | A. Poliedrosis Nuclear (VPN) | ADN (d)        | Solo afectan a invertebrados<br>Más segura para control biológico   |
|                | Gen. Baculovirus             |                |   |
|                | B. Granulosis (VG)           |                |   |
| Reoviridae     | Gen. Baculovirus             | ARN (d)        | Ocurre en L, D, Hymenopteros,<br>Coleopteros  |
|                | C. Virus Oryctes             |                |   |
|                | Cipovirus                    |                |   |
| Poxviridae     | Gen. Virus Poliedrosis       | ADN (d)        | Muchos miembros, poco impacto<br>en población de insectos. Géneros que<br>afectan vertebrados (incluye humanos) |
|                | gen. A, B, y C               |                |   |
| Iridoviridae   | Gen. Entomopoxivirus Sub     | ADN (d)        | Géneros que afectan vertebrados   |
|                | Gen. Irodovirus              |                |   |
| Parvoviridae   | Gen. Chlorividovirus         | ADN (s)        | Hay parvovirus en ratones, gansos, etc.   |
|                | Gen. Densovirus              |                |   |
| Picornaviridae | Virus Densonucleosus         | ARN (s)        | Presentan semejanzas con los virus de<br>animales y plantas   |
|                | Gen enterovirus              |                |   |
| Rhabdoviridae  | Aún no clasificados          | ARN            | Parecido al virus de la rabia, y al del<br>mosaico de la papa   |
|                | Vesiculovirus                |                |   |
| Polydnaviridae | Lisavirus                    | ARN (d)        | Encontrados exclusivamente en<br>Hymenopteras parasíticas.  |
|                | Ichnovirus                   |                |   |
| Birnaviridae   | Bracovirus                   | ARN            | Solo algunos miembros afectan a<br>invertebrados  |
|                | Birnavirus                   |                |   |
| Togaviridae    | Alphavirus                   | ARN            | Virus del dengue (mosquito solo es<br>usado como hospedante intermedio.   |
| Flaviviridae   | Flavivirus                   | ARN            |   |
| Buyanviridae   | Buniavirus                   | ARN            | Varios artrópodos y vertebrados de<br>sangre caliente   |
|                | Phlebovirus                  |                |   |
|                | Nairovirus                   |                |   |
| Tetraviridae   | Nudaurelia beta              | ARN (s)        | Patógeno en mamíferos   |
| Nodaviridae    | Nodavirus                    | ARN (s)        |   |

d: doble

s: sencillo

### Persistencia

La radiación solar y el fotoperíodo son muy importantes para preservar la actividad biológica de los virus, porque la luz ultravioleta mata las partículas virales (ADN).

En algunos casos, la temperatura del suelo es importante para la sobrevivencia del virus. La persistencia del virus en el ambiente se da por medio del follaje de las plantas y del suelo. También pueden persistir en el mismo hospedante (Enwistle y Evans 1985).

### Aplicación de virus en el campo

**Dosis recomendadas.** La dosis varía de acuerdo al aislamiento viral utilizado. Por ejemplo, para el control

de *Spodoptera frugiperda*, se recomienda una dosis de 708 LE<sup>3</sup>/ha (Narváez 2000). Para el control de *Spodoptera sunia* y *S. exigua* la dosis recomendada es de 212 LE/ha (UNAM-León, datos sin publicar).

Alves (1986) recomienda que cuando las infestaciones de larvas son muy altas o hay larvas de diferentes instares es recomendable aplicar una dosis alta al inicio y después aplicar dosis más bajas según la densidad de la población, para mantener el inóculo en el campo.

El virus es más eficiente en larvas de los primeros instares, por tanto, si el programa de aplicaciones de virus inicia tarde es recomendable aplicar un insecticida sintético a una dosis más baja que la utilizada nor-

<sup>3</sup> LE=larva equivalente que corresponde a 10<sup>9</sup> cuerpos poliedrales de inclusión

malmente, para controlar las larvas más grandes (Moscardi 1989). Algunas investigaciones sugieren que puede actuar como un sinérgico (Enwistle y Evans 1985).

**Preparación de la dosis.** La UNAN ofrece el VPN en formulación líquida, la cual debe almacenarse a 4°C. Se recomienda preparar el virus antes de su aplicación y hacerlo bajo la sombra para evitar su inactivación por la acción de los rayos ultravioleta (Enwistle y Evans 1985).

El virus congelado debe ser mezclado con agua hasta que se disuelva completamente. El volumen de agua debe ser suficiente para realizar una buena cobertura en el cultivo. Se recomienda seguir las mismas recomendaciones para la aplicación de un insecticida sintético. El equipo debe mantenerse limpio y las boquillas funcionando. El éxito de la aplicación dependerá de que las gotas de la solución conteniendo el virus permanezcan sobre la superficie de las hojas, o si se aplica en maíz dentro del cogollo (Poveda y Saravia 1994).

En el caso del maíz, el virus puede también ser utilizado mezclado con aserrín o arena, en forma de cebo.

**Método de aplicación.** En las evaluaciones del VPN en soya, maíz y arroz se utilizó una microulva, Micron Sprayers Ltd. UK., la cual generaba una gota de aproximadamente 58µ de diámetro promedio de volumen. Poveda y Saravia (1994) en evaluaciones de la eficacia de otros tipos de equipo probaron bombas de motor y de presión, y no encontraron diferencias estadísticas significativas, lo cual demuestra que para la aspersión de este virus se puede utilizar cualquier equipo convencional utilizado para productos sintéticos o biológicos.

Lo más importante es que se garantice una buena cobertura, porque el virus manifiesta su actividad biológica en especímenes que ingieren las hojas contaminadas.

**Recomendaciones para una buena aplicación.** Cada uno de los virus controla solo una especie y no puede ser usado contra plagas de otros cultivos, o sea son altamente específicos. Se debe aplicar cuando la población de larvas de los primeros instares es mayor que la de los últimos instares.

Debido a que el virus no actúa de inmediato, la decisión de aplicar se debe tomar antes de que se alcance el nivel de daño económico.

**Cómo determinar la eficacia de la aplicación.** Si la aplicación fue eficaz, dos días después de ésta, las larvas mostrarán mayor lentitud, y tendrán una coloración pálida. Las larvas con las características mencionadas mostrarán una disminución del apetito, hasta dejar de comer.

## Producción de VPN

Para producir VPN se necesita establecer la cría de las especies hospedantes, porque como se mencionó, son parásitos obligados. Estos virus también pueden reproducirse mediante cultivo de células, pero el costo de este proceso es mayor (Stockdale y Couch 1981).

### 1. Cría de los hospedantes

La infraestructura necesaria para la cría de hospedantes incluye:

**Sala de producción de larvas.** Las larvas del pie de cría son mantenidas en cubículos separados para cada especie, mantenidas a una temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  y 14:10 de fotoperíodo.

**Sala de oviposición.** Los adultos, junto con los huevos, necesitan otra sala, la cual debe tener una temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ . En este lugar también se realiza la transferencia de las larvas a las copas individuales para mantener el pie de cría.

**Sala de elaboración de dietas.** La preparación y esterilización de la dieta es realizada en una sala acondicionada para ello, que puede estar a temperatura ambiente.

**Sala de lavado de material.** Debe disponerse de un espacio para la limpieza y el lavado del material de reciclaje.

**Cuarentena.** Es necesario contar con una sala de cuarentena para tener el material traído del campo. Este material debe permanecer en ese lugar hasta completar dos generaciones, con el objetivo de eliminar contaminantes microbianos o parasitoides, antes de iniciar la cría.

### Materiales

Entre los materiales más importantes para la cría de los hospedantes están:

**Jaulas.** Las jaulas utilizadas para los adultos son cilín-

dricas, con base de plástico negro. En ellas se introduce un cilindro de "plexiglass" transparente. Las jaulas tienen un tamaño de 23 cm de diámetro y 36 cm de largo y tienen capacidad para 50 parejas de mariposas. No obstante, Rizo *et al.* (1994) afirman que el diseño de las jaulas puede variar, dependiendo de las necesidades de producción.

**Vasos y otros materiales.** Se utilizan vasos de diferentes tamaños. Para larvas se recomiendan los de 5 ml y para la eclosión de huevos de 400 ml. Para pupas se utilizan cajas de plástico de 28 x 26 x 10 cm. Además se requieren pinzas para la manipulación de larvas. Otros materiales usados son tela de tul, papel filtro y papel normal.

### Proceso general de crianza

Los adultos de los noctuidos son colocados en el interior de las jaulas para el acoplamiento y oviposición. Las hembras ovipositan sobre un papel colocado en el interior de las jaulas. El papel con los huevos es retirado y sustituido diariamente. Los huevos son desprendidos del papel, esterilizados, lavados y luego mediante un pincel son colocados en discos de papel filtro o en el papel que, se use en la jaula, ligeramente humedecido. Cuando éstos se secan, se transfieren a la parte interior de la tapa del vaso plástico, el cual contiene dieta artificial para las larvas, donde se desarrollan hasta el tercer instar (Rizo *et al.* 1994).

El 5% de esta producción se transfiere a vasos individuales para mantener el pie de cría de cada una de las especies. El pie de cría es revisado tres veces por semana para sacar las pupas, las cuales son colocadas en cajas plásticas, donde permanecen hasta la emergencia del adulto. Los adultos nuevos se trasladan cada día a las jaulas de oviposición para repetir el ciclo nuevamente.

### Sanidad general y condiciones de cría

En un laboratorio de cría de insectos es necesario mantener condiciones de sanidad estrictas para controlar la contaminación del alimento con microorganismos, así como enfermedades en los insectos, lo cual puede impedir la producción.

La principal fuente de contaminación son los insectos mismos, los alimentos seleccionados o ingredientes de ellos (por ejemplo el germen de trigo viejo puede estar contaminado con bacterias), el edificio y el equipo empleado.

Rizo *et al.* (1994) señalan que la contaminación de los alimentos puede causar problemas de calidad de

los insectos. Las infestaciones por hongos pueden formar una capa superficial impenetrable, mientras que la contaminación por bacterias puede inhibir la alimentación, posiblemente por la producción de sustancias repelentes.

### Higiene para eliminar y controlar la contaminación

El control de la contaminación es una actividad que debe ser parte de la rutina diaria del personal que conduce el insectario. Para la esterilización de insectos y superficies del laboratorio, se utilizan a menudo formalina e hipoclorito de sodio.

Rutinariamente se deben lavar los pisos, paredes, recodos y techos con las sustancias señaladas anteriormente, o bien es recomendable utilizar una luz UV bactericida (257 nm de radiación), la cual debe ser activada solamente en ausencia del personal.

Se debe tener mucho cuidado con los materiales que son utilizados, tales como pinzas, pinceles y agujas de disección, las cuales deben ser lavadas y esterilizadas, o bien desinfectadas con alcohol cada vez que se van a utilizar y deben mantenerse en una solución de cloro al 5%.

Los vasos utilizados pueden ser reciclados, pero después del lavado con agua y jabón se recomienda dejarlos 24 h en una solución de cloro al 5%. Después éstos deben enjuagarse con agua para quitar el excedente de cloro y cada vez que se utilizan deben desinfectarse con alcohol. Rizo *et al.* (1994) recomiendan que si se presentan problemas de contaminación es recomendable colocar los vasos en una cámara de luz ultravioleta por 20 min.

Para eliminar la contaminación general y transovarial en los insectos, se puede esterilizar con seguridad la superficie de algunos estadios, como se describió anteriormente para los huevos y pupas. Para el caso de infecciones internas se hace uso de productos que se incluyen en la dieta.

## 2. Producción de VPN

### Infraestructura

Para la producción del VPN se requiere la siguiente infraestructura:

**Sala de inoculación.** En esta sala se preparan los recipientes utilizados con la dieta, para posteriormente aplicar la solución viral. También se colocan las larvas del instar adecuado para que ingieran el alimento al cual se agregó el virus.

**Sala de incubación y cosecha.** En esta área se colocan todos los recipientes que contienen larvas con alimen-

to combinado con VPN. También se procede a la cosecha del virus entre 3 y 5 días después de la inoculación.

**Sala de almacenamiento.** Esta sala contiene principalmente los congeladores necesarios para mantener el virus a  $-4^{\circ}\text{C}$ .

**Sala de formulación.** En ella se lleva a cabo la formulación del VPN, descrita a continuación:

### Método de producción

La metodología de producción que se utiliza actualmente en el laboratorio de la UNAM, está basado en los resultados de evaluaciones sobre concentración de virus y sobre el instar larval más adecuado para obtener una larva equivalente con una producción de seis unidades virales ( $10^9$  cuerpos poliedrales de inclusión (CIP) /LE).

Se coloca la dieta semilíquida sobre el recipiente utilizado para la producción, donde permanece hasta su solidificación; cuando está completamente fría se procede a inocular con una solución viral, luego se colocan las larvas. De tres a seis días después se procede a examinar las larvas que mueren por efecto del virus y se almacenan en recipientes de plástico, los cuales se le coloca la información necesaria (nombre del virus, número de LE, fecha de inoculación y de cosecha).

Cada larva equivalente producida en el laboratorio debe contener una concentración adecuada de CIP por ml de solución viral.

### Formulación

Actualmente, el VPN es utilizado de forma cruda. Para obtener una solución viral las larvas equivalentes son maceradas en agua y filtradas con una tela de muselina, para evitar que las cápsulas cefálicas obstaculicen las boquillas de las bombas de aplicación. La solución filtrada está lista para mezclar en un volumen de agua suficiente para asperjar en el cultivo. Actualmente, se está trabajando en la formulación en polvo, la cual está en su etapa de evaluación.

### Control de calidad

Dos de los criterios para determinar la calidad de un producto, son su seguridad, o sea su pureza (libre de agentes contaminantes) y la eficacia biológica del ingrediente activo. El control de calidad de la producción se realiza con el objetivo de efectuar correcciones de los problemas de pérdida de la actividad biológica del virus, originados por el proceso de formulación.

Este control involucra dos etapas, la primera en la producción de los hospedantes del virus y la segunda durante el proceso de multiplicación del virus en sus hospedantes.

### Control de calidad en las crías de insectos

Existen diversas formas de evaluar la calidad de los insectos producidos en el laboratorio. Los aspectos más importantes para evaluar la calidad son: adaptabilidad, movilidad, acoplamiento, reproducción y colonización (Boller y Chambers 1977, citado por Parra 1986). La importancia de éstos es relativa y depende del objetivo de la cría; por ejemplo, cuando la cría se tiene para la producción de virus el componente más importante es la reproducción.

Sin embargo, para la cría, los aspectos de calidad se deben evaluar en las generaciones sucesivas y los parámetros son: características biológicas como la capacidad de oviposición, eclosión, peso de pupas y porcentaje de deformación de pupas y adultos. Es recomendable mantener altas poblaciones (más de 100 individuos) en el laboratorio, así como realizar cruces con material genético nuevo para evitar la endogamia (Joslyn 1984).

### Determinación de la calidad del insecticida viral

Este proceso incluye varias etapas. La primera es contar con un patrón de referencia almacenada en condiciones óptimas. El segundo es determinar el número de cuerpos poliedrales de inclusión (CIP) de la formulación, a través de bioensayos. Como último paso se compara este con el patrón de referencia y, si es necesario, se hacen las correcciones requeridas (Sosa-Gómez y Moscardi 1996). Este proceso debe realizarse para cada lote de producción, el cual está determinado por la capacidad de producción de la empresa.

### Literatura citada

- Alves, SB. 1986. Controle microbiano de insetos. Sao Paulo, Brasil, Editora Monole. 407 p.
- Evans, HF; Enwistle, P. 1987. Viral diseases. In Epizootiology of insect diseases. p. 257-315.
- Entwistle, PF; Evans, HF. 1985. Viral Control. In Comprehensive Insect Physiology. Biochemistry and pharmacology. Gilbert, LI; Kerkut Ed. Oxford, Pergamon Press. vol 12. p. 347.
- Ignoffo, CM; Couch, TL. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial insecticides. In Burges, HD. Ed. Microbial control of pests and plant diseases. London, Academic Press. p.329-362.

- Joslyn, DJ. 1984. Maintenance of genetic variability in reared insects. *In* Advances and challenges in insect rearing. King, EG; Leppla, NC. Ed. USDA, Agricultural Research Service. p. 20-29.
- Lecuona, RE. 1995. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. 338 p.
- Moscardi, F. 1989. Use of viruses for pest control in Brasil: the case of the nuclear polyhedrosis virus of the Soybean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, vol. 84. Suppl.III. p. 51-56.
- Narvaez, C. 2000. Evaluación de la patogenicidad e infectividad del virus de la poliedrosis Nuclear (VPN) en *Spodoptera frugiperda* J. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis MSc. Nicaragua, UNAN-León.
- Parra, JRP. 1986. Criação de insectos para estudos com patógenos. *In* Controle microbiano de insetos. Alves, S. Ed. p. 348-373.
- Payne, CC; Kelly, DC. 1981 Identification of insect and mite viruses. *In* Burges, HD. Microbial control of pests and plant diseases. London, Academic Press. p. 61-91.
- Poveda, JY; Saravia, J. 1994. Prueba comparativa de métodos de aplicación de SfVPV para el control de *Spodoptera frugiperda* en maíz. Tesis Lic. Nicaragua, UNAN-LEON.
- Rizo, C; Narváez, C; Castillo, P. 1994. Procedimiento para la crianza masiva de insectos noctuidos. Nicaragua, OEA-UNAN-LEON.
- Sosa Gómez, D; Moscardi, F. 1996. Producción de virus patógenos de ácaros e insecto. *In* Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Lecuona, R. Ed. p. 223-236.
- Stockdale, H; Couch, TL. 1981. Production of insects viruses in cell culture. *In* Burges, HD. Ed. Microbial control of pests and plant diseases. London, Academic Press. p. 313-328.
- Valicente, FH; Cruz, I. 1991. Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculoviridae. EMBRAPA. Circular técnica no.15. 21 p.

## SITIO WEB SOBRE PRODUCTOS FITOSANITARIOS NO SINTÉTICOS

El CATIE y la GTZ a través del proyecto **Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos** ha desarrollado un sitio Web con el propósito de ofrecer información actualizada sobre plaguicidas biológicos disponibles en América Central. Con esta información se pretende fomentar el uso de estos plaguicidas entre los productores agrícolas.

Este sitio incluye información sobre insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas y rodenticidas, producidos a partir de microorganismos o de extractos de plantas, disponibles en Costa Rica, Honduras y Nicaragua. También se puede obtener información sobre las empresas que producen y comercializan estos productos en los tres países citados. Además se ofrece información sobre los cursos de capacitación que ofrece el Proyecto.

Próximamente estará disponible una base de datos sobre legislación referente al uso de este tipo de productos así como de cultivos y plagas para los cuales estos cultivos han demostrado su eficacia.

**Visite este sitio y obtenga información actualizada sobre el tema**

<http://www.catie.ac.cr>

<http://www.biopesticidas.org>



# AGRICULTURA ORGANICA



A partir de este número, la Revista *Manejo Integrado de Plagas* incluye una sección sobre Agricultura Orgánica. En esta sección se ofrecerá información actualizada sobre aspectos de producción orgánica como apoyo a las actividades que desarrollan los países Latinoamericanos en pro de una agricultura tropical sostenible. Esperamos contar con las contribuciones técnicas de muchos especialistas e instituciones alrededor del mundo.

## Aportes del CATIE a la producción orgánica en el trópico

R. G. Muschler<sup>1</sup>

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es una institución regional cuyo mandato es fortalecer el uso sostenible de los recursos naturales en el trópico Americano.

Una de las temáticas en las cuales el CATIE desarrolla actividades de investigación y enseñanza es la agricultura orgánica. En este aspecto, los aportes temáticos pueden agruparse **por cultivo** (especialmente café, cacao, banana, plátano y cultivos anuales selectos), o por **prácticas agrícolas** (especialmente control biológico de plagas, manejo ambiental de plantaciones, diversificación, abonos orgánicos y fitomejoramiento). Para responder a las necesidades de productores pequeños e intermediarios en las zonas rurales del área de mandato del CATIE, se da énfasis al trabajo con cadenas alimenticias. De esta manera, los esfuerzos convencionales de difusión de prácticas agrícolas mejoradas son complementados por el respaldo institucional a grupos de productores en aspectos como control de calidad y certificación, procesamiento, y mercadeo de productos para mercados especiales. Basado en su mandato regional, su colaboración efectiva con donantes internacionales durante más de 50 años, y su capacidad técnica, con más de 130 técnicos dedicados al manejo de recursos naturales, el CATIE asume un rol clave para facilitar la validación e implementación de estos temas al nivel regional.

Para ilustrar los aportes del CATIE al de-

sarrollo de sistemas de producción orgánica, se describen las actividades actuales en café orgánico. Se hacen importantes esfuerzos para fortalecer la capacidad productiva y empresarial de pequeños productores de café orgánico en Centroamérica, con énfasis en los siguientes temas:

- Aportes de los árboles para la producción orgánica (mejor calidad de café, mayor estabilidad de producción, mayor ingreso, menor degradación ambiental y conservación de biodiversidad)
- Control biológico y otras alternativas al uso de productos sintéticos para el manejo de plagas
- Control de calidad (certificación) con el respaldo técnico e institucional del CATIE
- Mercadeo directo para mayor beneficio de pequeños productores
- Sensibilización y capacitación de consumidores y productores

En el cultivo de café se investigan varios temas (Fig.1), los cuales se listan a continuación:

- Nutrición de café (compost, lombricompost, Bocashi, coberturas, hojarasca de árboles y fertilizantes biológicos).
- Control de malezas (sombra y coberturas nobles)
- Control de plagas (a través de mejor nutrición de las plantas como un mecanismo para incrementar su resistencia, selección

<sup>1</sup> Area de Agricultura Ecológica, CATIE, Costa Rica. rmuschler@catie.ac.cr

de variedades apropiadas, manejo ambiental: diversificación, sombra y materia orgánica, extractos de plantas y control biológico).

- Conservación de la biodiversidad, tanto a nivel microbiano (colección de agentes de control biológico) como a nivel de flora y fauna (trabajo con especies arbóreas en peligro de extinción)
- Conservación de suelos y agua (mediante los aportes de árboles y la biodiversidad "funcional" se pueden sustituir insumos sintéticos como fungicidas e insecticidas).
- Cosecha y calidad (búsqueda de prácticas de producción y de cosecha que reduzcan las pérdidas de grano y que permitan mejorar la calidad; un ejemplo es el uso de sombra para mejorar la calidad de café en zonas calientes)
- Procesamiento de café en beneficios pequeños que permiten transformar el café en la misma finca o vecindario y conservar la pulpa para elaborar abonos orgánicos
- Apoyo a pequeños productores en aspectos de mercadeo con el propósito de establecer vínculos

directos entre productores y consumidores y facilitar el control de calidad mediante nuevos sistemas de certificación basado en control interno dentro de un marco estricto y transparente.

Actualmente, los trabajos en producción orgánica son apoyados principalmente por los siguientes proyectos y donantes: Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Proyecto de Fomento de Insumos No-Sintéticos CATIE/GTZ, Proyecto Manejo Integrado de Plagas CATIE/MIP/NORAD, Finca Experimental CATIE, Embajada de Inglaterra, Fundecooperación, y la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT).

Las fortalezas del CATIE para fomentar el desarrollo de sistemas de producción orgánica son su mandato internacional, la capacidad de investigar temas específicos mediante tesis de estudiantes de Posgrado, la experiencia en la elaboración y distribución de materiales didácticos, y la capacidad para organizar actividades de capacitación para clientes de diferentes sectores.

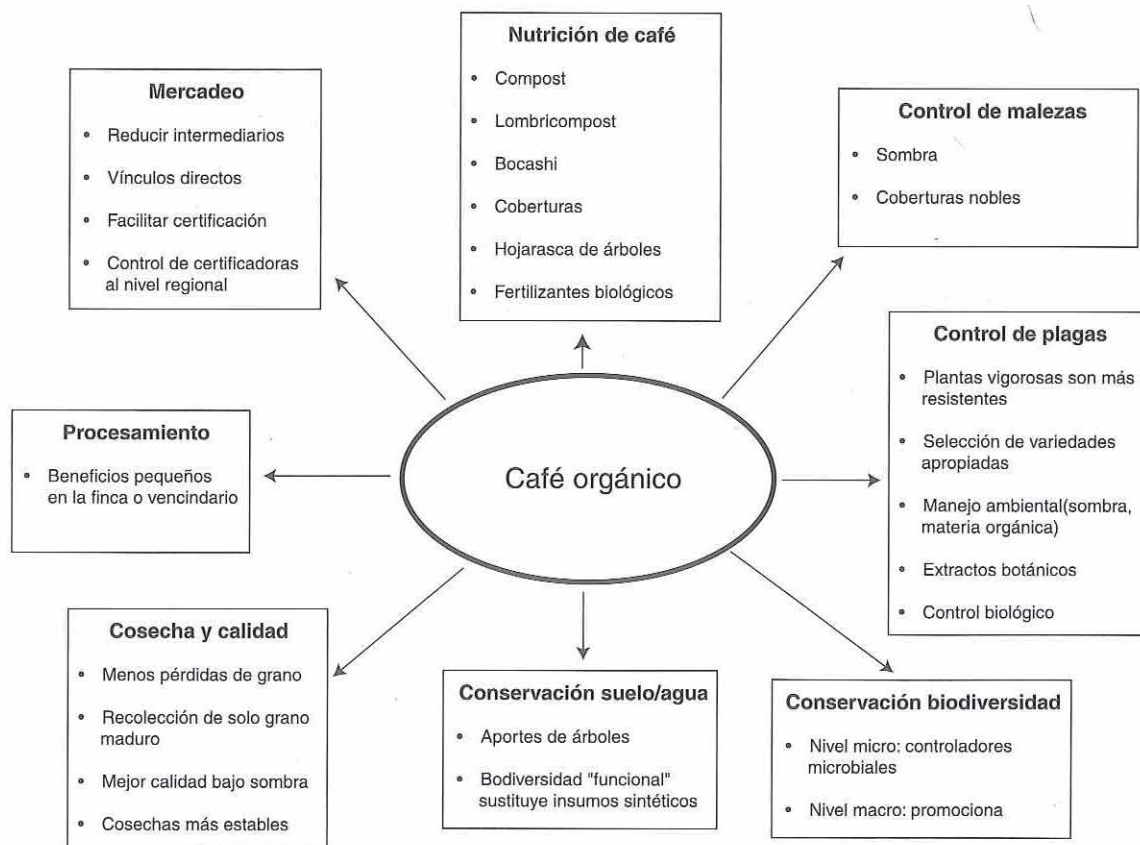


Figura 1. Aspectos principales para la producción sostenible de café orgánico.

# Patrocinadores

La Revista Manejo Integrado de Plagas se complace en anunciar que como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, ha iniciado la vinculación de "Patrocinadores" los cuales serán anunciados en este espacio.



**Autoridad Sueca  
para el Desarrollo  
Internacional (ASDI)**

(Contribución vía Presupuesto  
Básico de CATIE)



**Proyecto Plagsalud  
Organización Panamericana de la Salud**

San José, Costa Rica  
Tel: (506) 223-1686  
Fax: (506) 258-5830



**Del Monte  
Oficinas Centrales**

Barrio Tournón, San José, Costa Rica  
Tel: (506) 212-9000, Fax: (506) 225-0158

**PINDECO**

Buenos Aires, Puntarenas  
Tel: (506) 730-0155, Fax: (506) 730-0113

**BANDECO**

Siquirres, Limón  
Tel: (506) 710-3630, Fax: (506) 710-3632



**Fomento de Productos  
Fitosanitarios No-Sintéticos**

Ministerio de Agricultura y  
Ganadería, San José, Costa Rica  
Tel: (506) 296-5715  
Fax: (506) 232-0735

Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación

## Escuela de Posgraduados

Más de medio siglo al servicio del desarrollo agrícola,  
de los recursos naturales y el bienestar rural de América Latina y el Caribe

**Doctorado conjunto (Ph.D.) en:  
Agricultura Tropical y Manejo de Recursos Naturales  
en Cooperación con Universidades Asociadas:**

### Estados Unidos de Norteamérica

- Universidad Estatal de Colorado
- Universidad de Florida (Gainesville)
- Universidad de Idaho
- Universidad de Purdue
- Universidad Estatal de Louisiana
- Universidad Texas A&M

### Europa

- Universidad de Gales (Reino Unido)
- Universidad de Göttingen (Alemania)
- Universidad de Freiburg (Alemania)
- Universidad de Hohenheim (Alemania)

### Maestría (M.Sc.) en:

#### Agroforestería Tropical con especialización en:

- Agroforestería con Cultivos Anuales
- Agroforestería con Cultivos Perennes
- Sistemas Silvopastoriles

Subespecialización con varias opciones.

#### Manejo y Conservación de Bosques

##### Tropicales y Biodiversidad con especialización en:

- Manejo de Sistemas de Producción Forestal Diversificado
- Conservación de la Biodiversidad

Subespecialización con varias opciones.

#### Agricultura Ecológica con especialización en:

- Recursos Fitogenéticos y Biotecnología
- Manejo Integrado de Plagas

Subespecialización con varias opciones.

#### Manejo de Cuencas Hidrográficas con especialización en:

- Manejo de Desastres Naturales
- Manejo de Recursos Hídricos

Subespecialización con varias opciones.

#### Socioeconomía Ambiental con especialización en:

- Administración y Gerencia Ambiental
- Economía Ambiental
- Sociología Ambiental

Subespecialización con varias opciones.



Producir conservando, conservar produciendo®

#### Solicite información a:

Escuela de Posgraduados / CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica Tel: (506) 556 1016/6431 Fax: (506) 556 0914/1533  
E-mail: [posgrado@catie.ac.cr](mailto:posgrado@catie.ac.cr) <http://www.catie.ac.cr>