

# Manejo Integrado de Plagas

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

Junio 1996

No.40



Manejo Integrado de sigatoka negra.



**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
CATIE**

Dr. Rubén Guevara Moncada  
Director General

**PROGRAMA DE PROYECCION EXTERNA**

Dr. Gerardo Häbich, Director

**AREA DE COMUNICACION E INFORMATICA**

Dr. Luis Ugalde, Jefe

**PROGRAMA DE INVESTIGACION**

Dr. Markku Kanninen, Director

**AREA DE AGRICULTURA TROPICAL  
SOSTENIBLE**

Dr. Elkin Bustamante, Jefe

**UNIDAD DE FITOPROTECCION**

Dr. Joseph L. Saunders, Entomólogo  
Dr. Elkin Bustamante, Fitopatólogo  
Dr. Luko Hilje, Entomólogo  
MSc. Philip Shannon, Entomólogo  
Dr. Bernal Valverde, Especialista en Malezas

**MIP/CATIE Nicaragua**

Proyecto NORAD/ASDI/CATIE  
Managua, Nicaragua. Apartado P-116  
Teléfono-Fax: (5052)657114

Dr. Charles Staver, Especialista en Malezas  
Dr. Falguni Guharay, Entomólogo  
Dr. David Monterroso, Fitopatólogo

**COMITE EDITORIAL DE LA REVISTA:**

Dr. Elkin Bustamante, Presidente  
Dr. Joseph L. Saunders  
Dr. Luko Hilje  
Dr. Bernal Valverde  
MSc. Philip Shannon  
MSc. Wilberth Phillips  
MSc. Galileo Rivas  
Lic. Laura Rodríguez, Editora

**GRUPO ASESOR DE REVISION:**

**CATIE**

MSc. Daniel Coto  
Dr. Pedro Ferreira  
MSc. Eduardo Hidalgo  
Dr. Luko Hilje  
MSc. Wilberth Phillips  
MSc. Gonzalo Galileo Rivas  
Dr. Joseph L. Saunders

**Universidad de Costa Rica**

MSc. Ana Tapia

**Biocontrol de Costa Rica**

MSc. Francisco Badilla

**CIAT**

Dr. Francisco Morales

**Universidad de Michigan**

MSc. Ronald Ochoa

**CATIE**

**Revista Manejo Integrado de Plagas**

**Producción Editorial:**

Dirección:

Elkin Bustamante

Edición:

Laura Rodríguez

Diseño Gráfico y

Digitación de Texto:

Yorlene Pérez y Guisselle Brenes



## **EDITORIAL**

### **DIEZ AÑOS AL SERVICIO DE LA AGRICULTURA TROPICAL**

La revista *Manejo Integrado de Plagas* del CATIE cumple en estas fechas 10 años de haber sido fundada. Su iniciación fue el resultado del pensamiento estratégico del equipo de expertos en fitoprotección del CATIE, de aquel entonces, liderados por el Dr. Joseph L. Saunders. Afortunadamente, ésta encontró el decidido apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (USAID/ROCAP) y el entusiasmo de cientos de expertos de la América Tropical.

Una década después, la revista ha sobrepasado las ambiciosas metas y expectativas que se trazaron en 1986, convirtiéndose en el principal medio para la difusión de los resultados de la investigación sobre Manejo Integrado de Plagas (MIP) que se lleva a cabo en Latinoamérica y el Caribe. Los artículos y ensayos que ahora se publican son contribuciones de técnicos y científicos trabajando con un gran número de diversas instituciones de los países miembros del CATIE, y más allá.

Por este vehículo, dicho conocimiento alcanza directamente a más de 1000 personas e indirectamente a más de 10.000 personas del sector privado y público, que están involucrados de manera activa en el desarrollo y la diseminación de tecnologías y prácticas de MIP: decisores de alto nivel, gerentes de programas y proyectos de investigación y extensión, investigadores, extensionistas, profesores universitarios, e incluso agricultores y grupos organizados de productores de vanguardia. El impacto multiplicador que se obtiene es incalculable.

Esta difusión expedita y masiva de nuevos métodos y resultados de investigación y extensión, incluyendo información sobre tecnologías y prácticas de MIP ya validadas y en proceso de adopción, ha contribuido en forma importante a la creciente aceptación del manejo integrado de plagas como una estrategia viable para el combate de los problemas fitosanitarios, que hemos observado durante los últimos 10 años en los países miembros del CATIE.

A inicios de la década anterior, el manejo integrado de plagas era más bien una noción teórica y lejana, muy poco conocida en la América Tropical. En este momento, casi todas las entidades de investigación, enseñanza, cooperación técnica y/o extensión han adoptado el manejo integrado de plagas como la estrategia básica para su trabajo en fitoprotección. El CATIE se enorgullece de haber podido contribuir a este cambio de muchas maneras; siendo la revista *Manejo Integrado de Plagas* una de las más importantes.

La problemática que motivó un cambio tan fundamental en el pensamiento y las acciones de decisores, donantes, científicos, técnicos y agricultores, lamentablemente no ha desaparecido. Una gran cantidad de conocimiento científico básico pertinente a los Trópicos Americanos se ha generado durante la última década en el CATIE y muchas otras

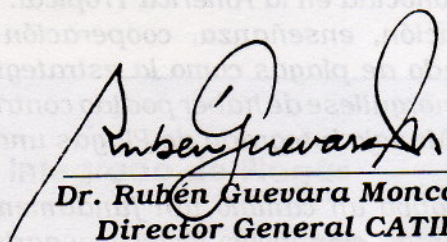


instituciones; así como numerosas alternativas tecnológicas al uso unilateral de los plaguicidas sintéticos para varios importantes sistemas de producción. Los procesos de generación, validación y transferencia de tecnologías MIP en una escala significativa, sin embargo, apenas se están iniciando.

Los esquemas de manejo integrado de plagas, en general, tienen como ventajas un reducido impacto para el medio ambiente y la biodiversidad, también se caracterizan por un reducido riesgo a la salud de los trabajadores agrícolas, la población rural y los consumidores de alimentos, y contribuyen positivamente a la sustentabilidad de los sistemas y áreas tradicionales de cultivo. Sin embargo, el uso intensivo de los plaguicidas sintéticos continúan siendo la táctica principal que utilizan nuestros agricultores para el combate de sus problemas de plagas. En Centroamérica, por ejemplo, se aplican en la actualidad más de dos kilogramos de plaguicidas por habitante por año; casi cinco por hectárea de tierra cultivada.

El futuro, sin embargo, nos augura una progresiva transición hacia el uso de esquemas de aprovechamiento de nuestros recursos naturales que sean menos contaminantes e inoocuos para los seres humanos y la estabilidad de los ecosistemas locales, regionales y globales. La producción sustentable, por otra parte, no es un lujo, sino una necesidad cada vez más inmediata. La utilización de tóxicos químicos, especialmente en la agricultura, por consiguiente, tendrá que decrecer poco a poco, a niveles aceptables por el medio ambiente y la población. En este contexto, el manejo integrado de plagas se vislumbra como una herramienta alternativa de gran relevancia y potencial local, nacional y regional.

El CATIE comparte en forma entusiasta su visión estratégica sobre cuales son los elementos esenciales para alcanzar un mejor futuro para la agricultura tropical en beneficio de los pobladores del Trópico Americano y, mediante sus programas de investigación, enseñanza y proyección externa, seguirá apoyando a sus países miembros para que continúen avanzando en el logro de esta loable meta. La revista Manejo Integrado de Plagas continuará siendo un instrumento para el medio y la población.



**Dr. Rubén Guevara Moncada**  
**Director General CATIE**



## SELECCION DE MICROORGANISMOS QUITINOLITICOS EN EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN BANANO\*

Roberto González\*\*  
Elkin Bustamante\*\*  
Phillip Shannon\*\*

Shuichi Okumoto\*\*  
Gregorio Leandro\*\*\*

### RESUMEN

De la filosfera de plantas de banano var. Gran Enano se obtuvieron 120 aislamientos de microorganismos quitinolíticos; 13 de éstos produjeron quitinasa antes de 48 horas, en los medios AQ y ANQ. *Bacillus cereus* (cepa A30) extraído de hojas de tomate y *Serratia entomophyla* (cepa A100) extraída del tracto digestivo de *Costelytra zealandica* produjeron la enzima en el mismo lapso de tiempo. Noventa y cuatro de los microorganismos quitinolíticos aislados provenían de "áreas no calientes" y 26 de "áreas calientes". Pruebas de antagonismo realizadas en el laboratorio, mostraron que las cepas R1 y A23 inhibieron la longitud del tubo germinativo de las ascosporas de *M. fijiensis*, con respecto al testigo, en 74,2% y 71,4% respectivamente. Las cepas A30 y A100 disminuyeron la longitud del tubo germinativo en 60% cada una. En pruebas con fungicidas se determinó que los cuatro microorganismos evaluados (cepas R1, A23, A30 y A100) fueron compatibles hasta con 1000 ppm de mancozeb 80%, propiconazole 25,3%, tridemorf 75% y benomil 50%. En pruebas de adherencia para evaluar la recuperación de la bacteria el tratamiento agua+R1 alcanzó el valor más alto,  $1,8 \times 10^6$  ufc/g de hoja en promedio.

**Palabras claves:** *Mycosphaerella fijiensis*, Banano, Microorganismos quitinolíticos, Control biológico.

### SELECTION OF CHITINOLITIC MICROORGANISMS FOR THE CONTROL OF BLACK SIGATOKA DISEASE ON BANANA

#### ABSTRACT

One hundred and twenty isolates of chitinolytic microorganisms were obtained from Grand Nane banana plants, of which 13 showed chitin production in less than 48 hours in AQ and ANQ media. *Bacillus cereus* (A30 strain) and *Serratia entomophyla* (A100 strain) extracted from the digestive tract of *Costelytra zealandica* produced the enzyme in the same time lapse. Ninety-four of the isolated chitinolytic microorganisms were from "not hot" areas and twenty-six were from "hot" areas. Antagonism tests in the laboratory indicated that the R1 and A23 strains microorganisms inhibit the germ tube's length of *M. fijiensis* ascospores in respect to the control by 74,2 and 71,4% respectively. The strains A30 and A100 reduced the germ tube length. Microorganisms tested (R1, A23, A30 and A100 strains) were found to be compatible with mancozeb 80%, propiconazole 25,3%, tridemorf 75% and benomyl 50% up to 1000 ppm. Adherence tests indicated that the best bacteria recuperation was achieved in a treatment of Water + R1, reaching an average of  $1,8 \times 10^6$  ufc/g.

**Key Words:** *Mycosphaerella fijiensis*, Banana, Chitinolytic microorganisms, Biological control.

### INTRODUCCION

La sigatoka negra es la principal enfermedad del banano. En Costa Rica se invierten anualmente US\$ 46 millones, en 35 aplicaciones de fungicidas. Sin embargo, el número de aplicaciones está aumentando debido a la resistencia del patógeno a los químicos aplicados (CORBANA 1993).

*Mycosphaerella fijiensis* es un hongo de la Clase Ascomycete, generalmente de organización micelial y con una estructura con paredes de quitina (Alexopoulos y Mims 1979); basados

en esta característica varios investigadores han reportado el potencial para el control biológico de este tipo de hongos. Mitchell y Alexander (1962), mostraron que los microorganismos quitinolíticos afectan a estos hongos, porque digieren la quitina presente en la pared celular de las hifas.

Kokalis-Burelle *et al.* (1991) demostraron que la aplicación de una suspensión amorfa de quitina al follaje de cacahuate (*Arachis hypogaea*), produce un cambio altamente significativo en la población de organismos epífitos; los quitinolíticos pasaron de menos del 1% a más de 40% de la población total. Bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, la aplicación de quitina al follaje de tomate, aumentó la población de microorganismos quitinolíticos (Okumoto 1992). La aplicación de una cepa quitinolítica de

Recibido: 02/11/95. Aprobado: 20-06-96.

\* Parte de la Tesis MSc. del primer autor. CATIE. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica.

\*\* CATIE. Unidad de Fitoprotección. 7170 Turrialba, Costa Rica.

\*\*\* Standard Fruit Company, Costa Rica.



*Bacillus cereus* más quitina al follaje de cacahuates, redujo las manchas foliares causadas por *Cercospora arachidicola* en 60%. Posteriormente, se determinó que la quitina, funciona como barrera física contra la germinación de las esporas y la penetración del tubo germinativo.

Ploper *et al.* (1991), seleccionaron nueve aislamientos de bacterias para ser utilizados en el control biológico de patógenos en tomate; la escogencia se basó en la actividad quitinolítica, antagonismo *in vitro* e *in vivo* y supervivencia sobre hojas de tomate no enmendadas. La dinámica de población, mostró que la supervivencia de microorganismos quitinolíticos mejoró con la adición de quitina. El tizón temprano (*Alternaria solani*) y la mancha foliar causada por *Septoria*, fueron controladas o suprimidas mediante la formulación aplicada.

Jiménez *et al.* (1988), en un estudio sobre control biológico de sigatoka negra en estado conidial, usando bacterias epífitas, identificaron 12 bacterias que mostraron antagonismo *in vitro*. También encontraron tres cepas del género *Pseudomonas* sp. que resultaron patogénicas a humanos.

El propósito de esta investigación fue identificar microorganismos antagónicos a *M. fijiensis*, con capacidad de producir quitinasa, como alternativa al control químico de la enfermedad. Además, se evaluó la compatibilidad de estos microorganismos con fungicidas y adherentes.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó entre octubre de 1993 y setiembre de 1994, en el laboratorio de Fitopatología del CATIE, y "Finca La Montaña" Turrialba, Costa Rica.

### Aislamiento y selección de microorganismos.

Los aislamientos se realizaron en dos fincas bananeras. Una con alta incidencia de sigatoka negra, considerada como "sitio caliente", y la otra con menor incidencia de la enfermedad, considerada como "sitio no caliente", ambas propiedad de la Standard Fruit Company.

Se seleccionaron plantas de la variedad Gran Enano, cerca de la "parición". En estas se marcó la cuarta hoja (Brun 1963) y se les aplicó una suspensión coloidal de quitina en una

concentración de 0,2% p/v, con un pH entre 7 y 8; la solución se preparó agregando una solución de NaOH 0.1M. Las hojas se recolectaron siete días después de la inoculación.

De la parte central de la hoja se sacaron al azar 5g de tejido y se colocaron en un vaso de cristal para precipitación, de 250ml, que contenía 50 ml de agua destilada estéril; esta solución se agitó por 45 minutos. Posteriormente, se hicieron diluciones decimales hasta tener una concentración de  $10^{-3}$ . En un plato petri con agar-quitina (AQ) se colocó una alícuota de 20 microlitros de esa dilución y se incubó a 28°C, hasta obtener las colonias de microorganismos. Las cepas de *Bacillus* se obtuvieron calentando las diluciones en "baño maría" a 80°C por 10 minutos; después se sembraron en platos petri con agar-nutriente-quitina (ANQ) y se incubaron a 28°C.

Las lecturas se realizaron entre las 24 y 96 horas después de la siembra de los microorganismos. Se consideró como reacción positiva, la aparición de un borde transparente en las colonias, indicador de que la quitina había sido metabolizada por las bacterias.

Después de extraer las cepas quitinolíticas, se registró el tiempo en que se inició la producción de quitinasa en los medios AN y ANQ. Se seleccionaron las cepas que produjeron quitinasa en menos de 48 horas. También se evaluaron los microorganismos *Bacillus cereus*, cepa A30 (colección MIP-CATIE) y *Serratia entomophyla*, cepa A100 (colección NRI-CATIE) porque presentaron excelentes características quitinolíticas en estudios anteriores (Okumoto 1992, Starr *et al.* 1981).

**Prueba de laboratorio.** Se recolectó la 1ª hoja (Brun 1963) de plantas de Gran Enano, de zonas donde no se habían aplicado fungicidas. De la parte intermedia de la hoja, se sacaron discos de 14 cm de diámetro. En la cámara de flujo laminar, se desinfectaron los discos, sumergiéndolos un minuto en alcohol al 70%, y tres minutos en agua destilada estéril. Los discos se inocularon con la bacteria sumergiéndolos un minuto en una solución de  $10^6$  ufc/ml; se realizaron descargas de ascosporas (Dupont 1982) en el envés de los discos durante 1,5 horas; las zonas de descarga se marcaron. Los discos inoculados se incubaron a 28°C por 48 horas.

Los discos se colocaron en un recipiente con barniz comercial transparente por 10 segundos, y se secaron a temperatura ambiente por 15



minutos. Se extrajeron las zonas de tejido marcadas previamente, a estas les fue removida la capa de barniz y se colocaron en un portaobjetos. Se les agregó azul de metileno y usando un microscopio calibrado a 40X y con un lente micrométrico, dentro de un ocular calibrado previamente con un micrometro de platina, se determinó el porcentaje de inhibición del tubo germinativo de 50 ascosporas por plato petri. Se realizaron tres repeticiones, y en cada repetición se seleccionaron cuatro campos visuales, los cuales se compararon con un testigo absoluto. La inhibición del tubo germinativo se determinó midiendo su longitud.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con tres repeticiones. Los datos se analizaron por medio de la prueba de Dunnette (Snedecor *et al.* 1984).

**Compatibilidad de microorganismos con fungicidas.** Los microorganismos antagonistas seleccionados se sembraron en platos petri con medio AQ. Se impregnaron discos de papel bond estéril de 6 mm de diámetro, con suspensiones de benomil, mancozeb, propiconazole y tridemorf, en concentraciones de 0, 10, 100 y 1000 ppm. En el centro de cada disco se colocó una gota (0,05 ml) del fungicida a evaluar, en la concentración requerida para humedecer bien el disco, pero evitando el exceso de líquido. Los discos se colocaron en platos petri, en los cuales previamente se había puesto a crecer la bacteria. Se incubaron por 48 horas a 28°C.

La zona de inhibición ocasionada por el plaguicida se manifiesta como un halo transparente entre el disco de papel impregnado con el producto, y el crecimiento bacterial; se midió la distancia desde el centro del disco, hasta el borde de dicha zona.

**Prueba de adherencia de microorganismos.** La prueba se realizó en un invernadero con plantas de 2,5 meses de edad. Los tratamientos usados fueron: bacteria en una concentración de 10<sup>9</sup> ufc/ml (cepa R1) + agua; R1 + agua + Silwet L77 al 0.2%; R1 + agua + NP7 al 0.3%; como testigo se usó agua. Las aplicaciones se hicieron con una bomba manual de aspersión. Posteriormente, las plantas se llevaron al campo en recipientes de 2 kg y se colocaron aleatoriamente. Diez días después se recolectó la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> hoja de cada planta y se obtuvo una muestra de 5 g por hoja; a partir de esta muestra

se procedió a reaislar la bacteria.

Se evaluó el número de colonias bacteriales por tratamiento y se calculó la cantidad de colonias formadas en cada gramo de hoja fresca (ufc/g).

El análisis de varianza y la prueba de Dunnette se realizaron con los datos previamente transformados con el logaritmo natural de diez (log10).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Aislamiento y selección de microorganismos.

De la filosfera de hojas de banano se aislaron 120 colonias de microorganismos con habilidad de producir quitinasas; 13 de las cuales presentaron acción quitinolítica antes de las 48 horas, en los medios AQ y ANQ. Esto permite al microorganismo actuar contra el patógeno antes de que el tubo germinativo penetre en el estoma. Los aislamientos seleccionados tenían la apariencia de colonias planas, pequeñas, redondas y de color rojo que en algunos casos variaba a azul violeta, anaranjado o blanco. También mostraron mayor crecimiento *in vitro*, característica de importancia para la multiplicación del microorganismo en forma masiva, debido a que la colonización del filoplano requiere una masa bacterial grande. La pigmentación de las bacterias epífitas también es importante, porque actúa como protector contra los rayos ultravioleta (Starr *et al.* 1981).

La habilidad de estos microorganismos para producir quitinasa en los medios AQ y ANQ, es clave para su sobrevivencia en medios con poca o mucha cantidad de nutrientes; condiciones similares a las que se presentan en el campo. Por el contrario, otros microorganismos como los *Bacillus*, pierden o mantienen su habilidad quitinolítica dependiendo del nivel nutritivo del medio donde se localicen (Okumoto y Bustamante 1992, datos sin publicar).

Dos microorganismos no residentes en hojas de banano que presentaron buenas características quitinolíticas en ambos medios fueron: *Bacillus cereus* (cepa A30) extraída de hojas de tomate y *Serratia enthomophyla* (cepa A100) extraída del tracto digestivo de *Costelytra zealandica*.

De los sitios muestreados, la mayor cantidad de microorganismos quitinolíticos se aislaron del sitio "no caliente" en contraste con el "sitio

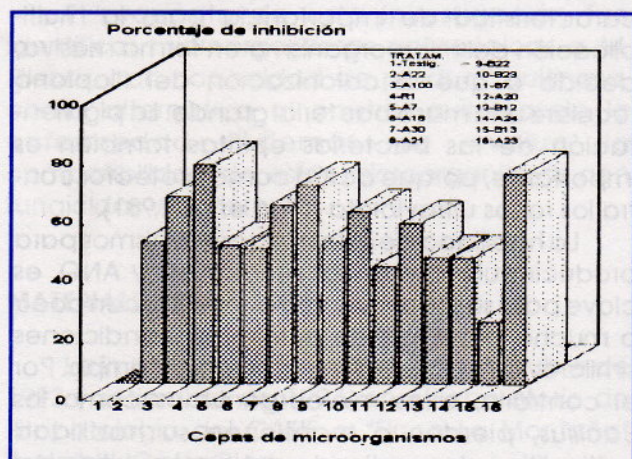


caliente" donde las poblaciones fueron bajas (Cuadro 1).

**CUADRO 1.** Cantidad de microorganismos quitinolíficos aislados, por sitio de evaluación. Turrialba, Costa Rica, 1994.

Sitio	No. de aislamientos
No caliente	94
Caliente	26

**Prueba de laboratorio.** La evaluación de la longitud del tubo germinativo, mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los tratamientos (exceptuando las cepas B18 y B7) con respecto al testigo absoluto. Las dos mejores cepas extraídas de la hoja de banano fueron R1 y A23, las cuales produjeron un antagonismo del 74,2% y 71,4% respectivamente. Las cepas A100 y A30 presentaron un antagonismo mayor al 60% cada uno (Fig.1).



**Fig. 1.** Efecto antagónico de microorganismos quitinolíficos en la longitud del tubo germinativo de ascospora de *M. fijiensis*.

Basado en la inhibición del tubo germinativo, se seleccionaron las cepas R1 y A23 para realizar las pruebas con fungicidas y adherentes. Esta habilidad es muy importante porque influye en la capacidad del patógeno para penetrar los estomas.

Las cepas A30 y A100 también fueron escogidas para realizar esta evaluación, debido

a que presentaron buen antagonismo en laboratorio y porque son los únicos microorganismos evaluados no residentes en la hoja de banano. Aparentemente, el uso de microorganismos epífitos residentes, constituye la práctica más recomendada para el control de patógenos de órganos vegetales aéreos. Sin embargo, existen evidencias (Blakeman y Fokkema 1982; Dubos 1984; Thompson, *et al.* 1976; Tronsmo y Dennis 1978; Vargas 1984) que demuestran que el uso de antagonistas aislados de ambientes foráneos, pueden ser una opción de combate igual o mejor, que antagonistas aislados del filoplano, tanto por su efectividad como por su residualidad.

**Compatibilidad de microorganismos con fungicidas.** En condiciones de laboratorio, las cepas A23, A30, R1 y A100, fueron altamente compatibles con los fungicidas mancozeb 80%, propiconazole 25,3%, tridemorf 75% y benomyl 50%, en concentraciones de 0, 10, 100 y 1000 ppm (Cuadro 2).

**CUADRO 2.** Efecto de fungicidas en concentraciones hasta de 1000 ppm, sobre la zona de inhibición de algunas cepas bacteriales, Turrialba, Costa Rica, 1994.

Plaguicida	Cepa Bacterial			
	A23	R1	A100	A30
Propiconazole	0	0	0	0
Tridemorph	0	0	0	0
Mancozeb	0	0	0	0
Benomyl	0	0	0	0

Estos microorganismos se extrajeron de plantaciones comerciales, donde se realizaron muchas aplicaciones de fungicidas. Según Blakeman y Fokkema (1982), los hongos epífitos pueden ser eliminados por fungicidas de amplio espectro, produciendo el aumento de bacterias epífitas resistentes a esos fungicidas.

La utilidad del manejo integrado de plagas ha sido demostrada por algunos autores (Leben 1965; Vargas 1984) en condiciones donde se sospecha de la existencia de algún mecanismo de sinergismo, entre el fungicida y el microorganismo. Sin embargo, la importancia



radica en la capacidad del microorganismo para resistir las aplicaciones de fungicidas en el campo, sin disminuir su población, especialmente cuando las condiciones favorecen la enfermedad e impiden la acción antagonista.

**Prueba de adherencia.** Se determinaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre el tratamiento Agua + *Serratia marcescens* (cepa R1) con respecto a los demás tratamientos. Con este tratamiento se obtuvo el mayor número de colonias bacteriales en la superficie de la hoja, alcanzando en promedio 3672 colonias por plato petri, lo que significa  $1,8 \times 10^6$  ufc/g de hoja (Fig. 2).

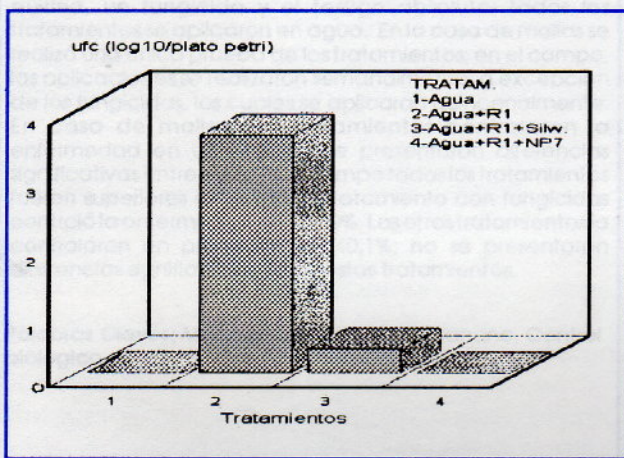


Fig. 2. Efecto de coadyuvantes sobre la persistencia de microorganismos en la superficie de la hoja, basado en el número de colonias (ufc) por tratamiento.

Estos resultados indican que la cepa R1 de *Serratia marcescens* tiene gran capacidad de adherencia; sin embargo, ésta se redujo en este experimento cuando se aplicaron con los coadyuvantes químicos Silwet L75 y NP7.

En la finca "La Montaña", Turrialba, Costa Rica se aplicó el tratamiento testigo y no se encontraron colonias de *S. marcescens*, lo cual sugiere que esta bacteria no es habitante común de la filosfera de plantas de banano, variedad "Gran Enano".

## CONCLUSIONES

Del total de microorganismos quitinolíticos aislados, el 78% se obtuvieron del sitio no caliente y 22% del sitio caliente.

*Serratia marcescens* (cepa R1 y A23), *Bacillus cereus* (cepa A30) y *Serratia entomophyla* (cepa A100) producen quitinasas antes de las 48 horas.

Las cepas R1, A23, A30 y A100 redujeron significativamente el tubo germinativo de las ascosporas de *M. fijiensis*, mostrando potencial para el control biológico de este patógeno.

A nivel *in vitro*, las cepas R1, A23, A30 y A100, son compatibles con los fungicidas utilizados comúnmente para el control de la sigatoka negra, hasta en concentraciones de 1000 ppm del químico.

En pruebas de adherencia bajo las condiciones de campo, R1 tuvo mejor adherencia cuando se aplicó en agua, que cuando se aplicó con los coadyuvantes NP7 y Silwet L 75.

## LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULUS, C.J.; MIMS, C.W. 1979. Introductory Micrology. 3 ed. Wiley, New York. 632 p.
- BLAKEMAN, J.P.; FOKKEMA, N.J. 1982. Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. Ann. Rev. Phytopathology 20:167-192.
- BRUN, J. 1963. La Cercosporiose du bananier. Tesis de Doctorado. Universidad de Paris. 198 p.
- CORPORACION BANANERA NACIONAL. 1993. El combate de la sigatoka negra. Boletín Técnico no.4. 21 p.
- DUBOS, B. 1984. Biocontrol of *Botrytis cinerea* on grapevines by an antagonistic strain of *Trichoderma harzianum*. In Currents perspectives in microbial ecology. Ed. by M. S. Klug; L. A. Riddy. Washington, American Society of Microbiology. p. 373.
- JIMENEZ, J.M.; GALINDO, J.J.; RAMIREZ, C. 1986. Estudio sobre combate biológico de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* mediante bacterias epífitas. Turrialba, Costa Rica, CATIE-UCR. 30 p.
- KOKALIS-BURELLE, N.; BACKMAN, D.A.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; PLOPER, L.D. 1992. Chitin as foliar amendment to modify microbial ecology and control disease. In APS Annual Meeting. (1991, St. Louis, Missouri). APS. p. A-133.
- LEBEN, C. 1965. Epiphytic microorganisms in relation to plant disease. Annual Review of Phytopathology 3:209-230.
- MITCHELL, R.M.; ALEXANDER, M. 1962. Microbiological processes associated with the use of chitin for biological control. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 26:556-558.
- OKUMOTO, S. 1992. Efecto de enmiendas sobre bacterias antagonicas a *Alternaria solani* en tomate. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 114 p.



PLOPER, L.D.; BACKMAN, P.A.; CUNNINGHAM, S.D.; MARTIN, M.J. 1991. Effect of chitin amendments and added chitinolytic microorganisms on foliar disease of tomato. In APS Annual Meeting. (1991, St. Luis, Missouri). APS. p. A-136

STARR, M.P.; STOLP, H.G.; TRUPER, A.B.; SCHLEGEL, H.G. 1981. The Prokaryotes: A handbook on habitats, isolation, and identification of Bacteria. New York, Springer-Verlag. v.2. 388 p.

THOMPSON, S.V.; SCHROTH, M.N.; MOLLER, W.J.; REIL, W.O. 1976. Efficacy of bactericides and saprophytic bacteria in reducing colonization and infection of pearlfowers by *Erwinia amyloza*. Phytopathology 66:1457-1459.

TRONSMO, A.; DENNIS, C. 1978. Effect of temperature on antagonistic properties of *Trichoderma* species. Transactions of the British Mycological Society 71:469-474.

VARGAS, E. 1984. Interacción del tratamiento biológico y químico en el combate de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cafeto. Agronomía Costarricense 8:2:91-98.

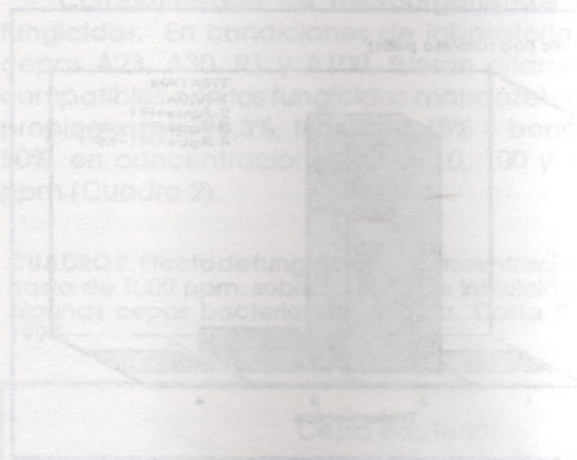


Figura 2. Interacción del tratamiento biológico y químico en el combate de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cafeto. El eje vertical muestra el nivel de enfermedad y el eje horizontal muestra las combinaciones de tratamientos. El tratamiento más alto indica el más efectivo.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de diferentes tratamientos biológicos y químicos en el control de la enfermedad de ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* en el cultivo de café. Se realizaron experimentos de campo y de invernadero para determinar el efecto de la aplicación de bacterias antagonistas y fungicidas químicos. Los resultados indican que el uso combinado de ambos tipos de tratamientos logra una mayor reducción de la enfermedad en comparación con el uso individual de cada uno de ellos. Esto sugiere que la combinación de métodos biológicos y químicos puede ser una estrategia más eficiente y sostenible para el manejo de esta patología en el cultivo de café.



## EVALUACION DE MICROORGANISMOS QUITINOLITICOS ANTAGONISTAS A *Mycosphaerella fijiensis* EN CASA DE MALLAS Y CAMPO\*

Roberto González\*\*  
Elkin Bustamante\*\*  
Phillip Shannon\*\*

Shuichi Okumoto\*\*  
Gregorio Leandro\*\*\*

### RESUMEN

El experimento se realizó en la zona Atlántica de Costa Rica, en casa de mallas y parcelas experimentales. Se utilizaron plantas de banano de la variedad Gran Enano, obtenidas mediante cultivo de tejidos. Los microorganismos evaluados fueron *Serratia marcescens* (cepas A23 y R1), *Serratia entomophyla* (cepa A100) y *Bacillus cereus* (cepa A30) en agua. Se probaron 11 tratamientos: cuatro con microorganismos, cuatro con microorganismos + quitina, quitina, un fungicida y el testigo absoluto; todos los tratamientos se aplicaron en agua. En la casa de mallas se realizó una única prueba de los tratamientos; en el campo, las aplicaciones se realizaron semanalmente, a excepción de los fungicidas, los cuales se aplicaron quincenalmente. En casa de mallas, los tratamientos controlaron la enfermedad en un 84%; no se presentaron diferencias significativas entre ellos. En el campo todos los tratamientos fueron superiores al testigo. El tratamiento con fungicidas controló la enfermedad en un 60%. Los otros tratamientos la controlaron en promedio en 40,1%; no se presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos.

**Palabras Claves:** *Mycosphaerella fijiensis*, Banano, Control biológico.

### EVALUATION OF CHITINOLITIC MICROORGANISMS ANTAGONIST TO *Mycosphaerella fijiensis* IN SCREEN HOUSE AND FIELD TRIAL

#### ABSTRACT

An experiment was conducted in the Atlantic zone of Costa Rica in a screen house and experimental field plots. Banana plants of the Grand Nane variety obtained by tissue cultures were used. The microorganisms evaluated were *Serratia marcescens* (A23 and R1 strains), *Serratia entomophyla* (A100 strain) and *Bacillus cereus* (A30 strain). Eleven treatments were used, of which four corresponded to microorganisms, four to microorganisms + chitin, one treatment to chitin alone, one of fungicides and an absolute control. In the screen house, treatments were applied only once and one fungicide was used. In the field, weekly applications were conducted with the exception of the fungicides which were applied every 15 days. In the screen house, the treatments controlled 84% of the disease with no significant differences being observed among them. In the field, all treatments were superior to the control. The treatment with fungicides controlled 60% of the disease. The other treatments gave an average control of 40,1% without showing significant differences among them.

**Key Words:** *Mycosphaerella fijiensis*, Banana, Biological control.

### INTRODUCCION

La sigatoka negra, como se le conoce en el continente americano, es una de las enfermedades más importantes que afectan los cultivos de banano y plátano. Es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*. Su diseminación a nivel local se produce mediante ascosporas y conidios. Probablemente la distribución del patógeno a grandes distancias, ocurre por el traslado de retoños infectados o de hojas enfermas.

Los fungicidas, en especial los sistémicos, ejercen un control efectivo de esta enfermedad, en plantaciones comerciales; sin embargo, se

ha comenzado a detectar resistencia por parte del patógeno a los plaguicidas. Además, los efectos ambientales causados por estas aplicaciones son preocupantes.

Debido a estos factores el futuro del control de esta enfermedad puede visualizarse desde dos puntos de vista: resistencia genética enfocada a largo plazo y control biológico. Si este último es complementado con fungicidas y prácticas agrícolas adecuadas, podría resultar económico, estable y ecológicamente deseable.

González *et al.* (1996), identificaron 120 cepas de microorganismos quitinolíticos provenientes de hojas de banano; de estas sobresalieron dos cepas de *Serratia marcescens* (R1 y A23), que mostraron antagonismo en pruebas de laboratorio. Resultados similares se obtuvieron con la cepa A100 de *Serratia entomophyla* y la cepa A30 de *Bacillus cereus*; aisladas del tracto

Recibido: 03/01/96. Aprobado: 20-06-96.

\*Parte de la Tesis MSc. del primer autor. Escuela de Posgrado, Turrialba, Costa Rica.

\*\*CATIE. Area de Fitoprotección, 7170 Turrialba, Costa Rica.

\*\*\*Standard Fruit Company, Costa Rica.



digestivo del coleóptero *Costelytra zealandica* y de hojas de tomate, respectivamente.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de los microorganismos quitinolíticos (*S. marcescens* cepa R1 y A23, *S. entomophyla* cepa A100 y *B. cereus* cepa A30), para el control biológico de *M. fijiensis* en banano; tanto en casa de mallas, como en condiciones de campo.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en casa de mallas y en parcelas experimentales, de la Compañía Standard Fruit Company, en Finca 6, Río Frío, Sarapiquí, Costa Rica.

**Prueba en casa de mallas.** Se utilizaron plantas de la variedad Gran Enano, de 2,5 meses de edad y con una altura promedio de 1,10 m; obtenidas de meristemos de rizomas. La 2ª y 3ª hoja de las plantas (Brun 1963) se marcaron con cinta plástica.

Los microorganismos quitinolíticos utilizados fueron: *Serratia marcescens*, cepas R1 y A23 (colección MIP-CATIE) obtenidas de hojas de banano; *Bacillus cereus*, cepa A30 (colección MIP-CATIE) aislada de hojas de tomate; y *Serratia entomophyla*, cepa A100 (colección NRI-CATIE) aislada del tracto digestivo del coleóptero *Costelytra zealandica*.

Se evaluaron 11 tratamientos; los cuatro microorganismos seleccionados se aplicaron en agua y en agua con quitina, los otros tratamientos fueron agua con quitina, fungicida (dosis comercial de propiconazole al 25,3% i.a.) y el testigo (agua).

Los microorganismos se sembraron en platos petri con agar-quitina (AQ) con un pH entre 7 y 8. Tres días después se recolectó la bacteria con agua destilada estéril, en una concentración de  $10^9$  ufc/ml.

La solución de quitina en agua se preparó mezclando 45 g de quitina-coloidal al 0,2% p/v, en un litro de agua destilada.

En los tratamientos que incluían el microorganismo en agua con quitina, primero se asperjó la quitina y después el microorganismo. La solución preparada para cada tratamiento, se aplicó a toda la planta, cubriendo el haz y el envés de las hojas. Dos días después, las plantas se trasladaron al campo y se expusieron al inóculo natural de *Mycosphaerella fijiensis*, por un período

de siete días; transcurrido este tiempo, se trasladaron nuevamente a la casa de mallas.

La evaluación se realizó tres semanas después de llevar las plantas al campo. En las hojas previamente seleccionadas y marcadas, se hicieron conteos de estrías en estado tres (Mourichón 1990). Para el conteo, se utilizó un marco de 3 cm<sup>2</sup>, el cual se colocó en el margen derecho de la hoja (con la planta de frente), y se revisaron tres zonas de la hoja: la punta, cerca de la periferia; la parte media, pero siempre en la periferia; y la parte inicial.

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar; con seis repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron empleando la prueba de contrastes.

**Prueba de campo.** El ensayo se realizó entre junio y setiembre de 1994, en una área de la finca, aislada de las plantaciones comerciales de banano.

Para determinar la presión de ascosporas de *M. fijiensis*, se colocó una trampa marca Burkard a 2 m de altura y se hicieron conteos semanales, al microscopio. Los registros de temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial se obtuvieron de una estación meteorológica ubicada a 200 m del ensayo.

Se utilizaron plantas de 2,5 meses de edad de la variedad Gran Enano, obtenidas mediante cultivo de tejidos.

En este ensayo se evaluaron los 11 tratamientos probados en la casa de mallas. Estos se aplicaron semanalmente a excepción del fungicida, que se aplicó cada 15 días. Para este tratamiento se alternaron los productos propiconazole 25%, tridemorf 75% y mancozeb M45 80%, en dosis comerciales; se seleccionaron estos fungicidas porque son los que se utilizan actualmente para el control del patógeno.

Dos días antes de sembrar las plantas en el campo, se marcó la hoja "candela" con cinta plástica y se realizó la primera aplicación de los tratamientos utilizando bomba de aspersión manual; se cubrió tanto el haz como el envés de las hojas.

La medición del índice de enfermedad (PPI) se inició treinta días después de la aplicación; y se realizó semanalmente, siguiendo la metodología de Stover modificada por Gauhl (1989). Para la determinación del índice se evaluó desde la hoja candela hasta la hoja marcada.



Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con seis repeticiones por tratamiento (cada planta se consideró una repetición). El análisis de los datos se realizó utilizando la prueba de contrastes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Prueba en casa de mallas.** El mejor tratamiento fue el de quitina en agua, que logró inhibir la enfermedad en 90% (Fig. 1); sin embargo, no se presentó diferencia significativa con los otros tratamientos.

En promedio, los tratamientos controlaron la enfermedad en 84%, en comparación con el testigo (agua); el tratamiento con fungicida disminuyó la infección en 78% (Fig. 1).

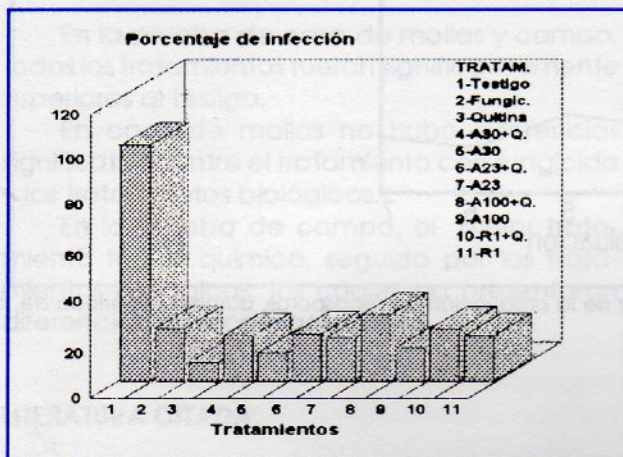


Fig. 1. Efecto de diferentes tratamientos en el control biológico de Sigatoka negra, en invernadero con respecto al testigo.

Esto concuerda con los resultados de algunos investigadores (Mitchell y Alexander 1961; Mitchell 1963; Ploper *et al.* 1991, Okumoto 1992), quienes han demostrado que la quitina aplicada como suspensión coloidal, aumenta la supervivencia de microorganismos quitinolíticos, los cuales controlan el hongo, por su capacidad de digerir las paredes que contienen quitina, y su habilidad para formar una barrera física contra los patógenos.

En esta investigación, los microorganismos *S. marcescens*, *B. cereus* y *S. entomophyla* no presentaron diferencias cuando se aplicaron con agua o mezclados con agua+quitina, por su habilidad de producir quitinasa. Sin embargo,

cuando el microorganismo se aplicó con el sustrato de quitina, mantuvo su acción quitinolítica.

La quitina aplicada a la superficie de la hoja, sirve como sustrato para las poblaciones de microorganismos quitinolíticos, los cuales aumentan en número y degradan las paredes del hongo.

**Prueba de campo.** La época de aplicación y evaluación de los tratamientos se caracterizó por variaciones importantes en la precipitación pluvial, con un promedio de lluvias de 192 mm por semana. El rango de temperatura fluctuó entre 22° y 28°C, (Fig. 2); condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (Stover 1982).

La presión de ascosporas en el campo durante la época de aplicación de los tratamientos fue de 35235 ascosporas por m<sup>3</sup>día<sup>-1</sup> como promedio, y de 11476 ascosporas por m<sup>3</sup>día<sup>-1</sup> durante las semanas de aplicación y evaluación (Fig.2).

Estos valores, son similares a los determinados por Stover (1980) en plantaciones de plátano sin aplicaciones de fungicidas, quien reportó un rango de 8000-32000 ascosporas por m<sup>3</sup> de aire, durante 24 horas.

Las condiciones de temperatura y precipitación prevalecientes favorecieron el desarrollo de la enfermedad (González y Jaramillo 1979; Stover 1982), y se reflejó en la presión de inóculo durante el experimento (Stover 1980).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre el testigo absoluto, el tratamiento con fungicidas y los tratamientos biológicos. No se presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos biológicos.

Todos los tratamientos fueron superiores al testigo (Fig. 3). El mejor tratamiento fue el de fungicidas, que controló la enfermedad en 60%. Los demás tratamientos controlaron la enfermedad en un 40,1%, en promedio; no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados de la prueba de campo concuerda con los obtenidos en la etapa de casa de mallas. Sin embargo, en la prueba de campo el tratamiento con fungicida fue superior a los otros. Esto podría deberse a dos factores principalmente: Alta presión de inóculo. El experimento se realizó en una finca experimental de banano, donde no se realizaron aplicaciones



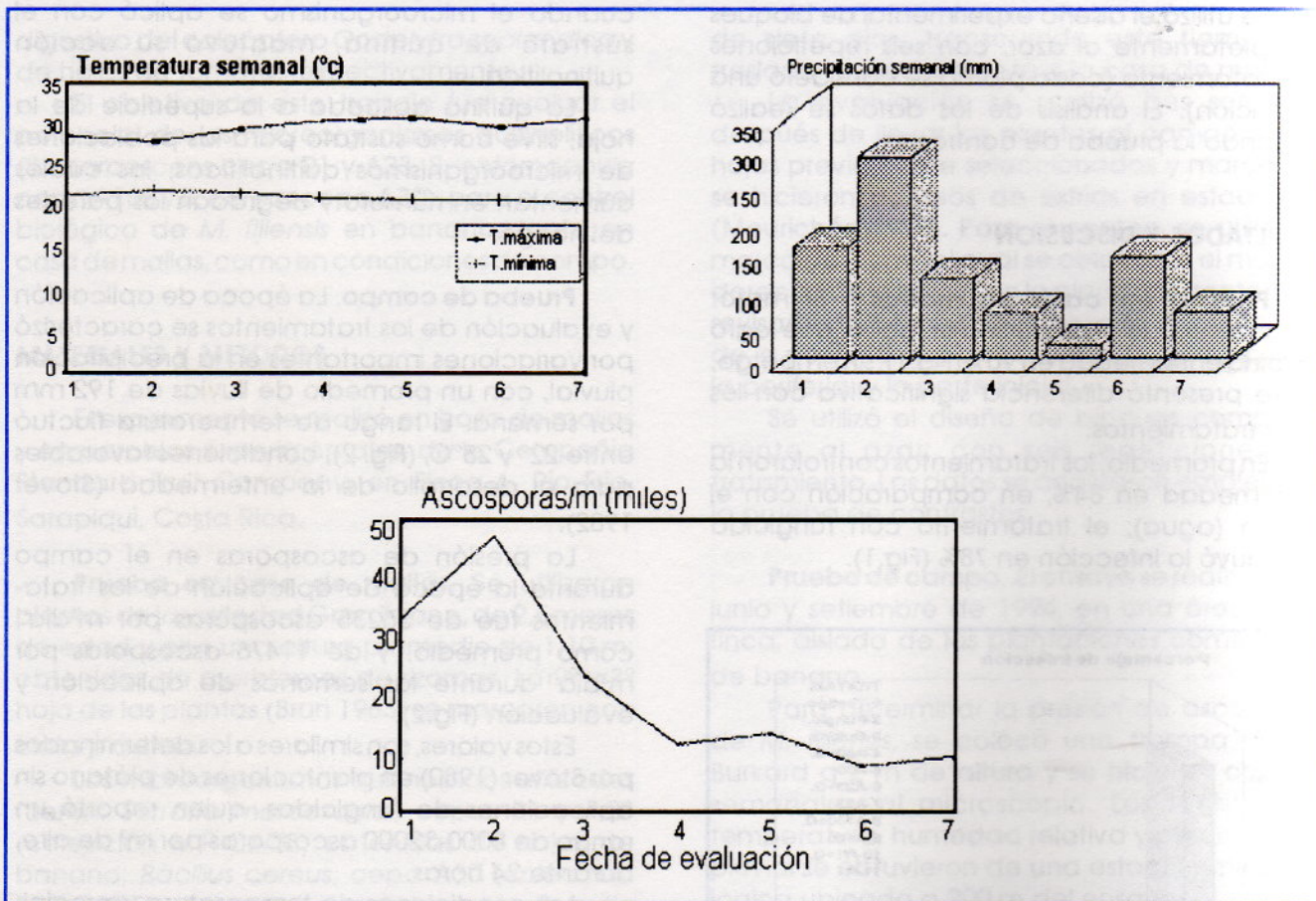


Fig. 2. Comportamiento semanal de la temperatura, precipitación y de la producción de ascosporas, durante el período de evaluación de los tratamientos en campo.

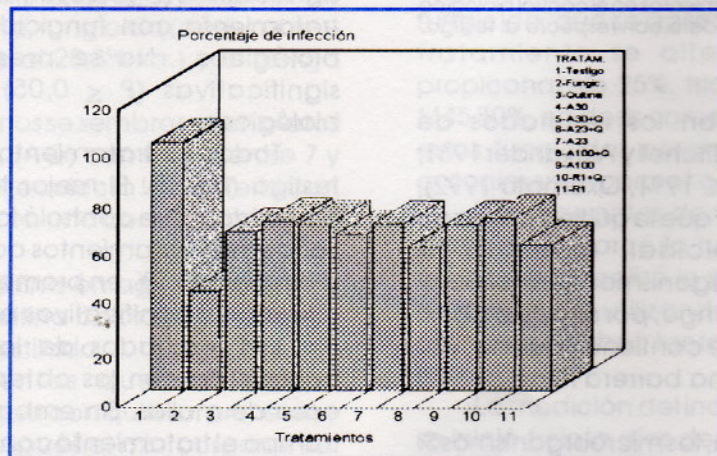


Fig. 3. Efecto de los tratamientos en el campo para el control de Sigatoka negra en banano.



de fungicidas, presión de inóculo muy alta, comparada a la existente en fincas comerciales. Además se usó una variedad del banano (Gran Enano) altamente susceptible al patógeno, disminuyendo así la expresión del potencial real del controlador biológico. Alta precipitación: Los microorganismos aplicados en agua, presentaron una buena capacidad de adherencia. Sin embargo, la época del ensayo, coincidió con un período lluvioso, característico de la Zona Atlántica de Costa Rica; y probablemente las lluvias lavaron parte de los microorganismos y de la quitina aplicados a la superficie de la hoja, ocasionando un menor control del patógeno.

## CONCLUSIONES

En la prueba de casa de mallas y campo, todos los tratamientos fueron significativamente superiores al testigo.

En casa de mallas no hubo diferencias significativas entre el tratamiento con fungicida y los tratamientos biológicos.

En la prueba de campo, el mejor tratamiento fue el químico, seguido por los tratamientos biológicos, los cuales no presentaron diferencias significativas entre si.

## LITERATURA CITADA

BRUN, J. 1963. La cercosporiose du bananier. Thesis Doctorado, Francia, Universidad de París. 198 p.

GONZALEZ, R.; BUSTAMANTE, E.; Shannon, P.; Okumoto, S.; Leandro, G. 1996. Selección de microorganismos quitinolíticos en el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. Revista de Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no 40:6-11.

GONZALEZ, M.; JARAMILLO, R. 1979. Enfermedades de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder y Stover). ASBANA. 3:7-8.

MITCHELL, R. 1963. Addition of fungal cell-wall compounds to soil for biological disease control. *Phytopathology* 53:1068-1071.

MITCHELL, R.; ALEXANDER, M. 1961. The mycolytic phenomenon and biological control of *Fusarium* in soil. *Nature* 190:109-110.

MOURICHON, X. 1990. Development de *M. musicola* (maladie de Sigatoka) et *M. fijiensis* (maladie de raies novies) sur les bananiers et plantains. Etude du cas particulier des productions d' altitude. *Fruits* 45(1):17-24.

OKUMOTO, S. 1992. Efecto de enmiendas sobre bacterias antagonicas *Alternaria solani* en tomate. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 114 p.

PLOPER, L.D.; BACKMAN, P.A.; CUNNINGHAM, S.D.; MARTIN, M.J. 1991. Effect of chitin amendments and added chitinolytic microorganisms on foliar disease of tomato. In 1991 APS Annual Meeting. (1991, St. Luis, Missouri). APS. p. A-136.

STOVER, R.H. 1980. Sigatoka leaf spots of bananas and plantains. *Plant Disease* 64(8):750-756.



## EFFECTO DE CEPAS DE *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL SOBRE LA MORTALIDAD DE *Ecdytoplopha torticornis* (MEYRICK) (Lep: Tortricidae) EN MACADAMIA \*

Herbert O. González\*\*  
Manuel Carballo\*\*  
Helga Blanco\*\*\*

### RESUMEN

Se evaluó la efectividad de cinco aislamientos del hongo *Beauveria bassiana*, Achi-1, Achi-5, A-4, 447 y 167 para el control biológico de larvas de tercer estadio de *Ecdytoplopha torticornis*, en condiciones de laboratorio. Los aislados 447 y A-4 fueron los más virulentos, con mortalidades superiores a 72% y tiempo letal medio entre 1,78 y 5,92 días. En la segunda fase del ensayo se evaluaron cinco concentraciones del aislado 447, seleccionado en la fase I, como el más promisorio. Las concentraciones  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  alcanzaron mortalidades de 77%, 95% y 100% y tiempos letales medios de 1,34, 1,95 y 3,02. Es necesario realizar evaluaciones adicionales con los aislados 447 y A-4 para confirmar la efectividad de estas cepas en el control de *E. torticornis* en condiciones de campo.

**Palabras Claves:** *Beauveria bassiana*, *Ecdytoplopha torticornis*, Macadamia, Control biológico.

### EFFECT OF *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL STRAINS ON *Ecdytoplopha torticornis* (MEYRICK) MORTALITY

#### ABSTRACT

Five isolates of the fungus *Beauveria bassiana*, Achi-1, Achi-5, A-4, 447 and 167, were evaluated under laboratory conditions on third instar larvae of *Ecdytoplopha torticornis*. The isolates 447 and A-4 were the most virulent against *E. torticornis* with mortalities above 72% and mean lethal times between 1,78 and 5,92 days. In the second phase, five concentrations of isolate 447, the most promising isolate from phase I, were evaluated. The concentrations  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  and  $1 \times 10^9$  reached mortalities of 77%, 95%, and 100% and mean lethal times of 1,34, 1,95 and 3,02. Further trials with isolates 447 and A-4 are still needed to confirm the effectiveness of these strains on *E. torticornis* under field conditions.

**Key Words:** *Beauveria bassiana*, *Ecdytoplopha torticornis*, Macadamia, Biological control.

### INTRODUCCION

El barrenador de la nuez de macadamia *Ecdytoplopha torticornis* Meyrick (Lep: Tortricidae) es una de las principales plagas que afectan este cultivo (Blanco-Metzler 1994). La larva ocasiona un daño directo al barrenar el interior de los frutos inmaduros y un daño indirecto al provocar la caída prematura de éstos cuando aún no han alcanzado el porcentaje de aceites requeridos para su comercialización (Blanco-Metzler, en preparación).

A pesar de que se ha observado un incremento en el porcentaje de infestación de este insecto, 16% en 1987 (Lara 1987), 28% en 1990 (Masís y Campos 1990) y 39% en 1992 (Blanco-Metzler 1992), el control químico ha sido poco

utilizado. Varios investigadores han evaluado medidas alternas de control. Masís y Campos (1990) estudiaron el efecto de varios entomopatógenos en el control de *E. torticornis* en condiciones de campo; Blanco-Metzler y colaboradores (1995) evaluaron el efecto de los enemigos naturales en la población del barrenador de la macadamia; Blanco-Metzler (1994) estudió el efecto de las malezas y de las prácticas culturales sobre la población del barrenador.

*Beauveria bassiana* es uno de los entomopatógenos más evaluados por su potencial para el control biológico de insectos (Andrews y Quesada 1989). Este hongo tiene amplia distribución geográfica y resulta patogénico a diversos órdenes de insectos como Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera. Sin embargo, algunas razas del hongo muestran mayor especificidad a ciertas especies de insectos, debido a esto es necesario realizar una selección previa para obtener mayor éxito en la implementación.

Recibido: 29/08/95. Aprobado: 20-06-96.

\*Parte de la tesis de Lic. del primer autor. Universidad de Costa Rica. Sede Regional del Atlántico. Turrialba, Costa Rica.

\*\*CATIE. Unidad de Fitoprotección. 7170 Turrialba, Costa Rica.

\*\*\*Universidad de Costa Rica. CIPROC-Estación Experimental Fabio Baudrit. Alajuela, Costa Rica.



El objetivo de este estudio fue evaluar la virulencia de cinco aislamientos de *B. bassiana* (Achi-1, Achi-5, A4, 447 y 167), y su potencial para el control microbiano de *E. torticornis*, en condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y METODOS

La evaluación de patogenicidad y virulencia de los aislamientos se realizó en el laboratorio de entomología de la Unidad de Fitoprotección del CATIE; con una temperatura media de 24°C y humedad relativa de 80%.

Se utilizaron larvas de tercer estadio de *E. torticornis*, recolectadas en una plantación de macadamia, ubicada en Atirro, Turrialba, Costa Rica (620-700 msnm, precipitación media anual de 2600 mm, temperatura promedio de 22°C y humedad relativa media de 80%).

Las larvas se colocaron individualmente en envases plásticos de 160 cm<sup>3</sup>, provistos con una tapa, que tenía una abertura cubierta con malla fina. En cada envase se colocó un papel absorbente humedecido y un cuarto de nuez de macadamia del clon 344, el más susceptible al daño del barrenador (Blanco *et al.* 1992); el alimento se cambió diariamente.

**FASE I: Patogenicidad y virulencia de los aislamientos.** Se evaluaron cinco aislamientos del hongo *B. bassiana*: A-4, ACHI-1, ACHI-5, 447 y 167, de las colecciones del CATIE y de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). También se incluyó un tratamiento testigo (agua).

En esta fase se inocularon diez larvas de tercer estadio por tratamiento. Se aplicaron dos gotas (1 ml/gota) de solución conidial en una concentración de 10<sup>9</sup> conidios/ml sobre el cuerpo de la larva.

La solución conidial fue preparada agregando el peso del polvo conidial (Cuadro 1), en 20 ml de agua destilada estéril, a la que previamente se había agregado dos gotas del dispersante Tween 20 al 0,3%. La solución se agitó por tres minutos.

Las larvas se colocaron en envases plásticos limpios, los cuales contenían papel humedecido y nuez de macadamia y se mantuvieron en el laboratorio a temperatura ambiente (24°C).

Para seleccionar el aislamiento más promisorio, se realizaron observaciones diarias, y

se registró el tiempo de mortalidad medio, número de larvas muertas y producción de micelio sobre el cuerpo de las larvas.

**CUADRO 1.** Peso del polvo conidial en gramos, utilizado para preparar la solución conidial. Turrialba, Costa Rica. 1994.

Aislamiento	Polvo conidial/g
167	0,1012
447	0,1431
ACHI-1	0,1957
ACHI-5	0,2269
A-4	0,2714

Para cuantificar la producción de conidios/por insecto muerto se colocaron cuatro cadáveres (20 días después de la inoculación) en un tubo de ensayo con tapa, se agregó 25 ml de agua destilada con tween 20 al 0,3%. La mezcla se agitó por tres minutos y se contó el número de conidios utilizando un hematocímetro.

El aislamiento más promisorio se aisló siguiendo la metodología descrita por García (1993). Para la producción masiva del hongo, se utilizó la metodología descrita por Alvéz y Pereira (1989), la cual emplea arroz cocinado y bandejas plásticas para el crecimiento de conidios. Los conidios obtenidos se colocaron en frascos de vidrio esterilizados, previamente identificados, y se almacenaron a una temperatura de 4°C.

**FASE II: Determinación de la virulencia y concentración letal media.** En esta fase se utilizaron cinco concentraciones del aislamiento más virulento, según resultados de la Fase I. Las concentraciones fueron establecidas como una sucesión geométrica de progresión 10, a partir de una solución madre de 10<sup>9</sup>, hasta 10<sup>5</sup>. Estas se prepararon contando los conidios con un hematocímetro, siguiendo la metodología descrita por Brenes y Carballo (1994); como testigo se usó agua estéril a la que se agregaron dos gotas de una solución Tween 20 al 0,3%.

Se aplicaron dos gotas (1 ml/gota) de este tratamiento sobre el cuerpo de la larva; se inocularon 10 larvas por tratamiento.

Cada grupo de larvas se colocó en un envase plástico de 160 cm<sup>3</sup>, previamente desinfectado y con una tapa que tenía una abertura cubierta con malla fina. En el fondo del recipiente



se introdujo papel filtro humedecido y un trozo de nuez de macadamia. La nuez fue desinfectada usando hipoclorito al 1%, por treinta segundos; el alimento se cambió diariamente.

Para evaluar el tiempo letal medio y la concentración letal, se realizó un recuento de mortalidad, 24 horas después de la inoculación. La mortalidad acumulada se registró diez días después de la inoculación.

En ambas fases se utilizó un diseño irrestricto al azar con cuatro repeticiones y diez insectos por tratamiento. En la evaluación de cada aislamiento y de cada concentración se usaron 50 insectos en total. Con el fin de corregir errores de manipuleo en los bioensayos, se usó un grupo de 15 larvas como testigo (Abbott 1925); sin embargo, no se presentó mortalidad en este grupo.

La patogenicidad de los aislamientos y el número de conidios por insecto muerto se determinó mediante un análisis de varianza y una prueba de Duncan. Los tiempos y concentraciones letales se analizaron usando el Método de Próbitos (SAS 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**FASE I: Patogenicidad y virulencia de los aislamientos.** La mortalidad acumulada de los aislamientos de *B. bassiana* presentaron diferencia significativa ( $F = 63,27$ ,  $gl = 4$ ,  $P = 0,01$ ). El aislamiento 447 mostró el mayor porcentaje de mortalidad (92,5%), seguido por los aislamientos A-4 (72,5%), Achi-1 (52,5%), 167 (45%) y Achi-5 (40%) (Cuadro 2). Brenes y Carballo (1994) en una prueba con adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Col: Curculionidae) reportaron al aislamiento A-4 de *B. bassiana* como el más patogénico, con 100% de mortalidad en 6,5 días; por el contrario el aislamiento 447 resultó el menos patogénico con 72,5% de mortalidad. García y Carballo (1994) trabajando con *Hyalymenus tarsatus* (Fabricius) (Hem: Alydidae), determinaron que el aislamiento 447 produjo 100% de mortalidad; en ese mismo ensayo, el aislamiento 167 causó 45% de mortalidad, lo que concuerda con los resultados

obtenidos en esta evaluación. Aunque los insectos reportados por estos investigadores no están relacionados con *E. torticornis*, sus resultados demuestran la efectividad de estos aislamientos como alternativa para el control de insectos.

Los resultados muestran que no todos los aislamientos fueron eficientes a pesar de que se usó una concentración alta ( $10^9$  conidios/ml); únicamente tres aislamientos presentaron índices de mortalidad superiores a 50%. También reflejan las diferencias entre aislamientos, con respecto a su habilidad para invadir las larvas. Fuentes (1993) en pruebas con *Plutella xylostella* determinó un tiempo letal medio de 1,84 días para el aislamiento 447; ese resultado coincide con el obtenido en esta investigación para ese aislamiento.

Para evaluar la virulencia de los aislamientos se midió el tiempo letal (tiempo que tarda el hongo en causar la muerte del insecto) (Cuadro 2). Los aislamientos más virulentos fueron el 447 ( $TL_{50} = 1,78$  días) y el A-4 ( $TL_{50} = 5,92$  días). Los aislamientos Achi-1 ( $TL_{50} = 8$  días), Achi-5 ( $TL_{50} = 10,76$  días) y 167 ( $TL_{50} = 10,8$  días) mostraron virulencia baja. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre el tiempo letal medio de los aislamientos A-4 y Achi-1; ni entre Achi-1, Achi-5 y 167 (Cuadro 2). El tiempo letal medio de estos aislamientos difirió de los obtenidos por Brenes y Carballo (1994), en pruebas de control de *C. sordidus*, quienes reportaron un  $TL_{50}$  de 8,92 y 10,37 días para los aislamientos A-4 y 447. García y Carballo (1994) en una investigación sobre control de *H. tarsatus*, determinaron un  $TL_{50}$  de 5,95 para el aislamiento 447 y 15,16 días para el 167. Las diferencias de mortalidad mostradas pueden atribuirse a la variación en el grado de

**CUADRO 2.** Mortalidad acumulada (MA) a los 10 días y tiempos letales medios ( $TL_{50}$ ) de larvas de *E. torticornis*, después de la inoculación con diferentes aislamientos de *B. bassiana*. Turrialba, Costa Rica. 1994.

Aislamiento	MA (%) <sup>*</sup>	Aislamiento	$TL_{50}$	IC <sup>****</sup>
447	92,5 a <sup>**</sup>	447	1,78 a <sup>***</sup>	1,42- 2,11
A-4	72,5 b	A-4	5,92 b	5,17- 6,94
Achi-1	52,5 c	Achi-1	8,00 bc	6,89- 9,97
167	45,0 cd	Achi-5	10,76 c	8,78-15,2
Achi-5	40,0 d	167	10,80 c	8,63-16,0

<sup>\*</sup>Valores de porcentaje transformados a  $\arcsen \sqrt{x}$   
<sup>\*\*</sup>Valores con la misma letra son iguales entre sí según la prueba de Duncan al 0,05.  
<sup>\*\*\*</sup>Valores con la misma letra son iguales por trasape de los intervalos de confianza.  
<sup>\*\*\*\*</sup>Intervalo de confianza.



susceptibilidad de los insectos a estos aislamientos, y a que estos insectos pertenecen a órdenes diferentes, *Ecdytoph* y *Plutella* son lepidópteros, *C. sordidus* es un coleóptero y *H. tarsatus* un hemíptero.

Al comparar el tiempo letal medio de cada aislamiento con la duración del ciclo de vida de *E. torticornis*, se determinó que ninguno de los  $TL_{50}$  superó el tiempo de duración del estado larval, que es de 16,8 días (Blanco *et al.* 1993). Los resultados sugieren que los aislamientos 447 y A-4 tienen potencial para ser utilizados en el control microbiano del barrenador de la nuez de macadamia.

La Fig. 1, muestra el  $TL_{50}$  de cada aislamiento, así como la mortalidad acumulada a los 10 días después de la inoculación de las larvas. La respuesta de los aislamientos fue diversa; los tratamientos 167 y Achi-5 no alcanzaron el 50% de mortalidad, por el contrario, el aislado 447 obtuvo 92,5% de mortalidad alcanzando su  $TL_{50}$  en 1,78 días. El Achi-5 presentó un  $TL_{50}$  de 10,76.

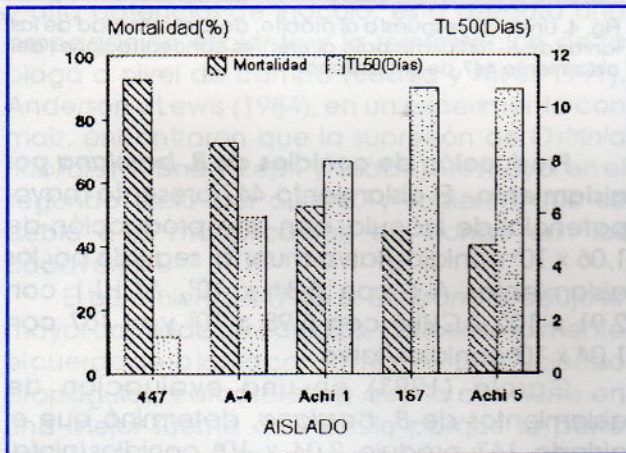


Fig. 1. Porcentaje de mortalidad y tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ) de aislamientos de *B. bassiana* para el control de *E. torticornis*. Turrialba, 1994.

Sin embargo, este último resultado no se dió en la práctica, porque el aislamiento no alcanzó el 50% de mortalidad durante el ensayo.

La línea de respuesta al próbito (Fig. 2) mostró que el aislado 447 presentó el valor de pendiente más alto (4,33), seguido por el aislado A-4 (3,13); este resultado indican que tienen el  $TL_{50}$  menor. Los otros aislados presentaron pendientes muy similares. El valor de la pendiente refleja la virulencia del aislamiento, valores altos reflejan

mayor virulencia. Resultados similares fueron determinados por García y Carballo (1994) para el aislamiento 167, en *H. tarsatus*.

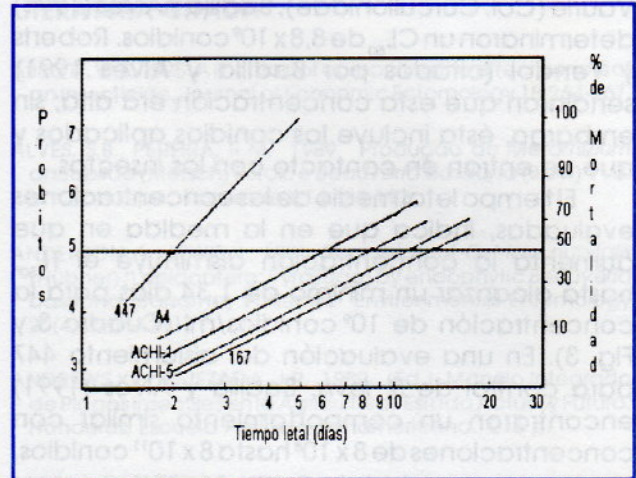


Fig. 2. Línea de respuesta al próbito, mortalidad acumulada y  $TL_{50}$  de los diferentes aislamientos de *B. bassiana* contra *E. torticornis*. Turrialba, 1994.

**FASE II: Determinación de la concentración letal del aislamiento 447.** Diez días después de la inoculación de las larvas, las concentraciones  $10^9$  y  $10^8$  conidios/ml causaron 100% y 95% de mortalidad respectivamente, presentando diferencias significativas ( $F = 92,56$ ,  $gl = 4$ ,  $P = 0,0001$ ) con los otros tratamientos (Cuadro 3).

**CUADRO 3.** Mortalidad acumulada (MA) (%) y tiempos letales medios ( $TL_{50}$ ), en larvas de *E. torticornis*, 10 días después de la inoculación con cinco concentraciones del aislamiento 447 de *B. bassiana*. Turrialba, Costa Rica. 1994.

Concentración conidios/ml)	MA (%)*	$TL_{50}$	IC****
$1 \times 10^9$	100,0 a**	1,34 a***	1,1 - 1,55
$1 \times 10^8$	95,0 a	1,94 b	1,61 - 2,25
$1 \times 10^7$	77,5 b	3,02 c	2,50 - 3,53
$1 \times 10^6$	62,5 c	4,42 d	3,66 - 5,43
$1 \times 10^5$	45,0 d	8,09 e	6,43 - 12,00

\*Valores de porcentaje transformados a  $\arcsen \sqrt{x}$

\*\*Valores con la misma letra son iguales entre sí según la prueba de Duncan al 0,05.

\*\*\*Valores con la misma letra son iguales por traslape de los intervalos de confianza.

\*\*\*\*Intervalo de confianza



La concentración letal media ( $CL_{50}$ ) fue de  $2,44 \times 10^6$  conidios/ml. En evaluaciones del aislamiento 447 de *B. bassiana* para el control del picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* Vaurie (Col: Curculionidae), Badilla y Alves (1991) determinaron un  $CL_{50}$  de  $8,8 \times 10^9$  conidios. Roberts y Yendol (citados por Badilla y Alves 1991) señalaron que esta concentración era alta; sin embargo, ésta incluye los conidios aplicados y que no entran en contacto con los insectos.

El tiempo letal medio de las concentraciones evaluadas, indica que en la medida en que aumenta la concentración disminuye el  $TL_{50}$ , hasta alcanzar un mínimo de 1,34 días para la concentración de  $10^9$  conidios/ml (Cuadro 3 y Fig. 3). En una evaluación del aislamiento 447 para control de *S. levis*, Badilla y Alves (1991) encontraron un comportamiento similar con concentraciones de  $8 \times 10^8$  hasta  $8 \times 10^{11}$  conidios.

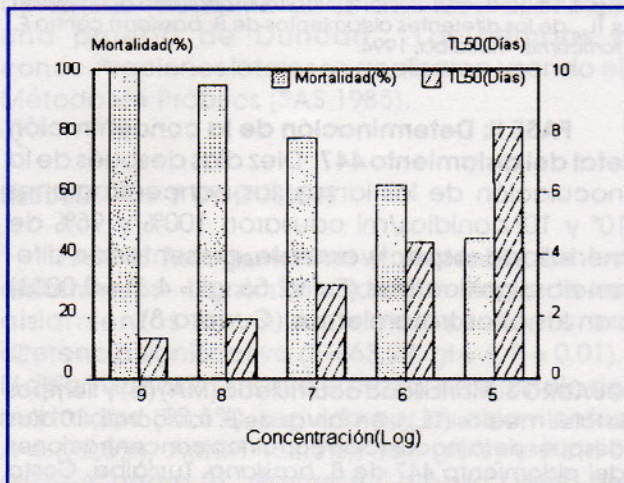


Fig. 3. Tiempos letales medios y mortalidad acumulada de las concentraciones del aislamiento 447 de *B. bassiana* inoculadas en larvas de *E. torticornis*. Turrialba, 1994.

Mesquita *et al.* (1981) y Busoli *et al.* (1989) señalaron que un aumento en la concentración del entomopatógeno produce una disminución del tiempo letal medio y aumenta la mortalidad de insectos. Sin embargo, las concentraciones de  $10^9$ ,  $10^8$  y  $10^7$  conidios/ml presentaron un  $TL_{50}$  menor que la duración del tercer estadio larval, que es de aproximadamente 4 días y una mortalidad superior al 50%. Se presentaron diferencias significativas para todas las concentraciones (Cuadro 3).

La línea de respuesta al próbito (Fig. 4) corroboró el comportamiento descrito, a mayor

concentración mayor mortalidad. Todas las concentraciones, excepto,  $10^5$  conidios/ml, superaron el 50% de mortalidad (Cuadro 3). La concentración letal media ( $CL_{50}$ ) calculada mediante el método de próbitos, fue de  $2,44 \times 10^6$  conidios/ml. Sin embargo, en el ensayo se obtuvo una mortalidad del 62,5% con una concentración de  $10^6$  conidios/ml.

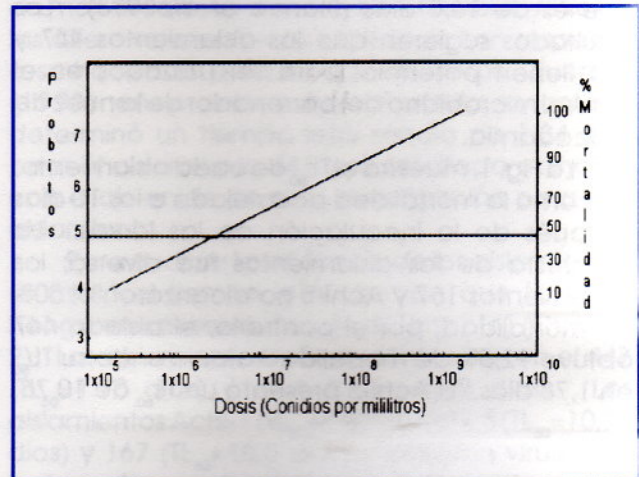


Fig. 4. Línea de respuesta al próbito, de la mortalidad de las larvas de *E. torticornis* bajo diferentes concentraciones del aislamiento 447 de *B. bassiana*.

**Producción de conidios de *B. bassiana* por aislamiento.** El aislamiento 447 presentó mayor potencial de inóculo, con una producción de  $1,06 \times 10^8$  conidios/larva muerta, seguido por los aislamientos A-4 con  $5,81 \times 10^7$ , ACHI-1 con  $2,91 \times 10^7$ , ACHI-5 con  $5,98 \times 10^7$  y el 167 con  $1,04 \times 10^6$  conidios/larva.

García (1993) en una evaluación de aislamientos de *B. bassiana*, determinó que el aislado 167 produjo  $2,04 \times 10^6$  conidios/ninfa, superando los otros aislamientos en este aspecto. Brenes (1993) reportó que el aislamiento A-4 de *B. bassiana* aplicado sobre adultos de *C. sordidus* produjo  $2,34 \times 10^8$  conidios/adulto.

En la producción de conidios, el aislamiento 447 presentó diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) con respecto a los demás aislamientos. El ámbito de respuesta fue muy amplio, desde  $1,06 \times 10^8$  para el aislamiento 447 hasta  $1,04 \times 10^6$  conidios/larva para el aislamiento 167. El aislamiento A-4 produjo  $5,81 \times 10^7$  conidios/larva de *E. torticornis* muerta, además un grado de mortalidad de 72,5% y un  $TL_{50} = 5,92$  días; características que lo convierten en un aislamiento con potencial para



el control microbiano del barrenador de la nuez de macadamia a nivel de campo (Fig.5).

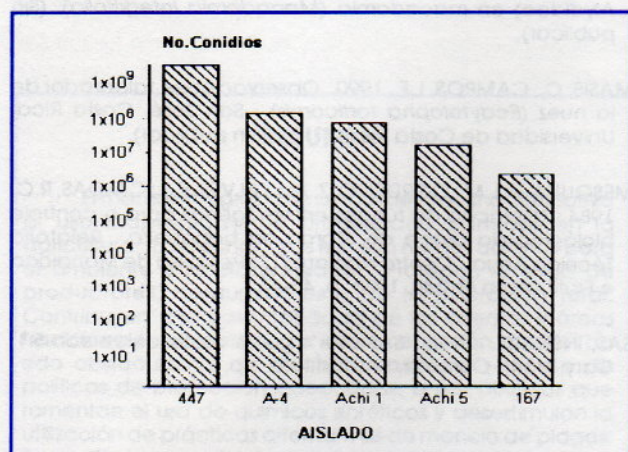


Fig. 5. Producción de conidios sobre el cuerpo de larvas muertas de *E. torticornis*, inoculadas con diferentes aislamientos de *B. bassiana*. Turrialba, 1994.

El potencial de un hongo entomopatógeno depende de algunas características como: causar alta mortalidad, tiempo letal medio bajo y alto potencial de inóculo; ésto asegura una propagación eficiente y la reinfestación de la plaga a nivel de campo (Badilla y Alvés 1991). Anderson y Lewis (1984), en un experimento con maíz, encontraron que la supresión de *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lep:Pyralidae) fue mayor en el segundo ciclo del cultivo, y sugieren que se debió a la multiplicación del hongo en los cadáveres.

El aislamiento 447 de *B. bassiana* produjo la mayor cantidad de conidios, y cubrió totalmente el cuerpo de la larva con sumicelio, produciendo propágulos; característica que lo convierte en una mejor fuente de inóculo porque la parte exterior de la larva produce conidios. La cantidad de conidios producida por este aislamiento fué de  $5,19 \times 10^{10}$  por gramo de arroz.

Se considera que el aislamiento 447 es el más promisorio para el control de larvas de *E. torticornis*, porque presentó el porcentaje más alto de mortalidad acumulada, a los diez días después de efectuada la inoculación, un tiempo letal medio menor y mayor producción de conidios con respecto a los demás aislamientos.

Se sugiere evaluar el aislamiento 447 en condiciones de campo, usando concentraciones de  $10^8$  y  $10^9$  conidios/ml, debido a que el  $TL_{50}$  de ambas concentraciones fué bajo y está dentro del rango de duración del estadio larval,

además el índice de mortalidad alcanzado por ambas supera el 95%.

## LITERATURA CITADA

- ABBOTT, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:264-267.
- ALVES, S.B.; PEREIRA, R.M. 1989. Produção do *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em bandejas. *Ecosistema* 14:188-192.
- ANDERSON, L.; LEWIS, L. 1991. Supresion of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Environmental Entomology* 20(4):1207-1211.
- ANDREWS, K.L.; QUEZADA, J.R. 1989. (Ed.) Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 216 p.
- BADILLA, F.; ALVES, S.B. 1991. Control del picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* Vaurie (Col: Curculionidae) con *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii* en condiciones de laboratorio y campo. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, no. 20-21:34-38.
- BLANCO-METZLER, H. Influencia de *E. torticornis* en el contenido de aceite de la nuez de macadamia. (En preparación).
- BLANCO-METZLER, H.; WATT, A.D.; COSENS, D.; SHANNON, P. 1995. Efecto de los enemigos naturales en la fluctuación poblacional del barrenador de la nuez de macadamia *Ecdytolopha torticornis* (Meyrick) (Lep: Tortricidae). In 2do. Congreso Centroamericano y del Caribe y 3ero. Costarricense de Entomología, (2, 1995, San José, Costa Rica). San José, Costa Rica, ASENCO. p. 50.
- BLANCO-METZLER, H. 1994. The biology and ecology of *Ecdytolopha torticornis* (Meyrick) in Turrialba, Costa Rica. Tesis Ph.D. University of Edinburgh/Institute of Terrestrial Ecology. 148 p.
- BLANCO-METZLER, H.; WATT, A.; COSENS, D. 1993. Ciclo de vida y comportamiento de oviposición de *Ecdytolopha torticornis* (Lep: Tortricidae), barrenador de la nuez de macadamia. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, no. 29:36-39.
- BLANCO-METZLER, H.; WATT, A.; SHANNON, P. 1992. Dynamics of macadamia nut damage by *Ecdytolopha torticornis* (Lep: Tortricidae) and parasitism by *Apanteles* sp. Individuals, Patterns and Populations (1992, Norwich, England). *Proceedings*. s.p.
- BRENES, S.G. 1993. Efecto de diferentes aislados del hongo entomopatógeno *Beauveria* spp. (Bals) Vuil sobre *Cosmopolites sordidus* (Chevrolet) German (Col: Curculionidae). Tesis Lic. Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 44 p.







## FORMULACION DE POLITICAS FITOSANITARIAS EN AMERICA CENTRAL

Octavio A. Ramírez\*  
John D. Mumford\*\*

### RESUMEN

El manejo integrado de plagas (MIP) es una alternativa al uso inapropiado de plaguicidas químicos en la agricultura. Las tecnologías MIP son menos dañinas para el ambiente y la biodiversidad. Protegen la salud de productores, consumidores y de la población rural. Contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas y áreas tradicionales de cultivo. La implementación del MIP ha sido obstaculizada en muchos casos por la falta de políticas de promoción adecuadas, o por políticas que fomentan el uso de químicos sintéticos y desestiman la utilización de prácticas alternativas de manejo de plagas. Este artículo expone la necesidad de establecer políticas agrícolas, ambientales, de salud pública y manejo sustentable de los recursos naturales con el objetivo de desincentivar la utilización desmedida de plaguicidas químicos y promover el MIP, particularmente en el contexto de América Central.

**Palabras claves:** Políticas fitosanitarias, América Central.

### FORMULATION OF PHYTOSANITARY POLICIES IN CENTRAL AMERICA

#### ABSTRACT

Integrated Pest Management (IPM) is an alternative to the inappropriate use of chemical pesticides in agricultural production. IPM technologies are less damaging to the environment and the biodiversity; presenting a reduced risk to the health of the agricultural workers, consumers and the rural population; and contribute to the sustainability of the traditional agricultural production areas and systems. The implementation of IPM has been impeded in many cases by the lack of adequate policies to promote it; or by policies that foster the use of synthetic pesticides and at the same time discourage the utilization of alternative pest management practices. The objective of this paper is to explain the necessity to establish agricultural, environmental, public health, and sustainable natural resource management policies to discourage the overuse of chemical pesticides and promote IPM, in the particular context of Central America.

**Key Word:** Phytosanitary policies, Central America.

### INTRODUCCION

El manejo integrado de plagas (MIP) ha sido reconocido como una alternativa al uso elevado, casi exclusivo y poco racional de plaguicidas químicos sintéticos en la agricultura. En general, las tecnologías MIP, se caracterizan por ser menos dañinas para el ambiente y la biodiversidad y por proteger la salud de los productores, los consumidores, y de la población rural. También contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas tradicionales de cultivo.

La brecha de información que existe entre los agricultores, extensionistas e investigadores, en los países de América Central, ha sido un

aspecto discutido en los últimos años (Hilje y Ramírez 1992). Sin embargo, se ha prestado menos atención, a un problema más grave y relevante, el de la comunicación entre extensionistas e investigadores, por un lado, y los decisores que elaboran las políticas agrícolas, ambientales, de salud pública y manejo sustentable de los recursos naturales; especialmente en aspectos como: avances tecnológicos, posibilidades específicas y necesidades en el campo de la implementación de MIP (Norton y Mumford 1993).

Muchos técnicos no se sienten preparados para cooperar con los responsables de la toma de decisiones y apoyarlos en la formulación de lineamientos y políticas fitosanitarias más adecuadas y coherentes con las metas sociales de protección del ambiente, biodiversidad, salud pública y uso sustentable de los recursos naturales.

Recibido: 15/06/95. Aprobado: 20-06-96.

\*CATIE. Area de Socioeconomía. 7170 Turrialba, Costa Rica.

\*\*Imperial College. London, United Kingdom.



Muchas veces los legisladores y responsables de definir estas políticas, les es difícil interpretar las preocupaciones de los agricultores y de la población debido a la diversidad de necesidades y a que éstas no siempre son expresadas claramente.

Una de las principales limitaciones para la implementación de las tecnologías MIP es la falta de políticas de promoción adecuadas, o la existencia de políticas que fomentan el uso de plaguicidas sintéticos y desestimulan la utilización de prácticas alternativas para el manejo de plagas. Este ensayo expone la importancia de las políticas agrícolas, ambientales, de salud pública y de manejo sustentable de los recursos naturales, con el objetivo de desincentivar la utilización desmedida de los plaguicidas sintéticos y promover el MIP, particularmente en América Central.

Es importante, enfatizar que muchos de estos comentarios no deben considerarse hechos comprobados, y están basados en la experiencia y en la práctica de los autores así como en una extrapolación racional de los datos y resultados específicos de un sitio o cultivo, a un rango más extensivo de circunstancias.

Los autores consideran que estos datos son correctos y deben ser interpretados como el resultado promedio de la evaluación de situaciones diversas. No obstante, el objetivo principal de este foro, es estimular el análisis y el debate sobre el tema, y fomentar la investigación necesaria para demostrar o rechazar en forma definitiva, las hipótesis planteadas.

### **Políticas fitosanitarias: los sistemas económicos y sociales de los países centroamericanos**

La falta de políticas para regular ciertos aspectos, indica falta de claridad en la percepción de los ciudadanos. También puede indicar que no se ha desarrollado un mecanismo factible y práctico que fomente el logro de estos objetivos. Las políticas ofrecen los medios para lograr ciertos objetivos sociales y en algunos casos brindan recompensas apropiadas a grupos con objetivos alternos (pero válidos) a los del grupo dominante.

Los objetivos sociales que el MIP puede satisfacer, como alternativa al uso elevado, casi exclusivo y poco racional de los plaguicidas sintéticos, cubren varios niveles. Algunos de estos objetivos son potencialmente conflictivos, como

la disminución del riesgo que representan las plagas para los agricultores y la eliminación de los residuos de plaguicidas en los alimentos.

Una política para promover el uso del MIP en los sistemas agrícolas, debe permitir el logro de los objetivos de todos los grupos, o contemplar una compensación adecuada para los grupos cuyos objetivos no son alcanzados, o por el contrario, son afectados.

El objetivo principal de las políticas relacionadas con el uso de plaguicidas y el manejo de plagas debe ser la reducción de los riesgos en cada grupo social. Sin embargo, los riesgos resultan tanto de la promoción de sistemas agrícolas basados en el uso de los plaguicidas sintéticos, como de la adopción de alternativas MIP. El análisis de la naturaleza y severidad de los riesgos, para cada nivel social, permite seleccionar las políticas e instrumentos apropiados y las metodologías para resolver los conflictos resultantes de la implementación de esas políticas.

### **Riesgos asociados con el control de plagas:**

El riesgo principal e inmediato a nivel de finca, es la pérdida de la cosecha. La mayoría de los productores solventan éste con el uso intensivo de plaguicidas sintéticos. Este tipo de pérdidas, pueden identificarse y cuantificarse con relativa facilidad, lo que permitiría brindar una compensación monetaria apropiada.

Constantemente los agricultores expresan preocupación por su seguridad y la de su familia, especialmente cuando aplican regularmente plaguicidas. Los productores de cultivos de exportación, temen el rechazo de sus productos debido al exceso de residuos químicos. Además, perciben un aumento en el desarrollo de la resistencia de algunas plagas a los plaguicidas, y su efecto sobre la sostenibilidad de los sistemas y áreas tradicionales de cultivo, a mediano y largo plazo.

Los efectos negativos que pueden resultar por la exposición a estos riesgos, son irreversibles y difíciles de compensar en forma adecuada. Estos riesgos a pesar de ser graves, parecen ser aceptados por productores y trabajadores agrícolas. Probablemente, ésto obedece a presiones económicas y a la falta de información, que les permita dilucidar la magnitud de los efectos a los que están expuestos.

Los consumidores bien informados son una minoría. Estos tienen preocupaciones más



precisas, como los niveles de residuos en los alimentos y en cierto grado, la confiabilidad de la oferta, calidad y precio de dichos productos.

Por la ausencia de sistemas confiables de monitoreo de residuos y de etiquetado de alimentos, los residuos representan un riesgo involuntario para los consumidores. Estos muchas veces no conocen su existencia o no cuentan con los mecanismos para reducirlos.

Los efectos de los residuos de plaguicidas en la salud son difíciles de revertir, por lo tanto, es vital el establecimiento de los niveles críticos. La mayoría de estos efectos son crónicos, aumentan con el tiempo y en muchos casos es difícil pre-determinar su magnitud. Los casos severos como muerte o incapacidad permanente, no pueden ser compensados en forma adecuada. Para evitar estas situaciones es necesario tomar medidas preventivas.

Para las economías nacionales, los riesgos relacionados con políticas que tienen como objetivo desincentivar el uso de los plaguicidas y fomentar el uso de prácticas alternativas de manejo, están asociados a pérdidas potenciales en la producción y al aumento en el precio de los alimentos.

Los efectos negativos podrían amortiguarse a corto plazo, mediante el almacenamiento e importación de alimentos. También pueden compensarse y/o minimizarse con el desarrollo y disseminación de tecnologías MIP mejoradas, y con un aumento en la productividad general del sistema económico del país, en el mediano y largo plazo.

El riesgo que representa para las economías nacionales, continuar con el esquema actual de uso de plaguicidas puede caracterizarse como incremental-crónico. Además es difícil de revertir cuando alcanza cierto nivel.

La búsqueda de mayor eficiencia y productividad, mediante el monocultivo asociado al uso intensivo de insumos, ha generado sistemas de producción vulnerables al ataque de plagas, generadas por una eliminación paulatina de los enemigos naturales, como consecuencia de la aplicación de plaguicidas de amplio espectro. En este esquema las plagas también se tornan resistentes a los diferentes tipos de plaguicidas.

El resultado de este tipo de producción, es un aumento progresivo en los costos del manejo de plagas, con rendimientos inicialmente más altos, los cuales posteriormente descienden en cantidad y calidad. Por ejemplo el cultivo de

banano en Costa Rica presenta una tendencia preocupante (Fig. 1). Algunos sistemas de cultivo se tornan no sostenibles, desde el punto de vista biológico, económico y ambiental, y eventualmente colapsan.

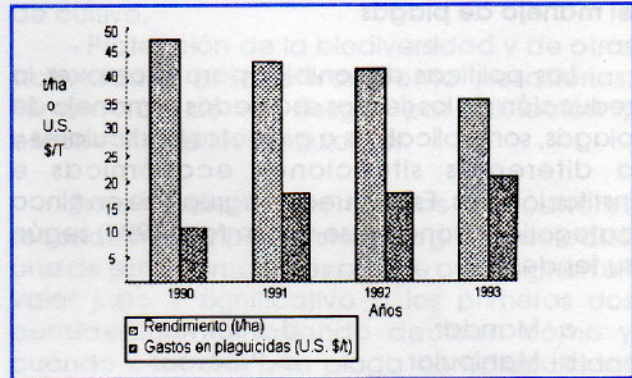


Fig. 1. Rendimiento de banano vs costos por plaguicidas, para su producción en Costa Rica. Fuente: Agne (1995).

Además, el medio ambiente y la biodiversidad están sujetos a riesgos por la lixiviación, escorrentía masiva, y por otros mecanismos que permiten el transporte de plaguicidas fuera de los límites de las fincas. Estos problemas se incrementan con la agricultura intensiva y con la expansión de las áreas de cultivo, hasta los límites de las zonas frágiles.

Los riesgos ambientales son más diversos que los que afectan a los productores o consumidores, y por lo tanto más difíciles de caracterizar. Para los decisores y formuladores de políticas, debe ser más preocupante la toxicidad crónica causante de la pérdida sistemática de la calidad ambiental, cuando alcanza niveles críticos.

Estas pérdidas no son compensables por la dificultad para su cuantificación y por la complejidad para determinar los derechos de propiedad sobre el medio ambiente y la biodiversidad. Frecuentemente, las pérdidas en la calidad ambiental y la biodiversidad son consideradas como costos internos de las fincas.

Para reducir cada uno de estos riesgos, es necesario establecer una estrategia diferente. Las políticas fitosanitarias deben ayudar a lograr los objetivos de todos los grupos antes mencionados, pero si esto no es factible, deben ser prioritarias las necesidades de aquellos grupos que enfrentan riesgos no voluntarios, irreversibles y difíciles de compensar. La pérdida de las



cosechas debido al ataque de plagas, no califica dentro de éstos, porque existen métodos alternos de manejo y es posible otorgar una compensación monetaria.

### Políticas para reducir los riesgos asociados con el manejo de plagas

Las políticas disponibles para promover la reducción de los riesgos asociados al manejo de plagas, son aplicables a aspectos particulares y a diferentes situaciones económicas e institucionales. Estas pueden agruparse en cinco categorías (Stonehouse y Mumford 1994) según su tendencia:

- |              |             |
|--------------|-------------|
| a- Mandar    | d- Informar |
| b- Manipular | e- Procesar |
| c- Dirigir   |             |

Las políticas de mandato incluyen la censura de acciones específicas o el requerimiento de otras, como prohibición de plaguicidas peligrosos, o el establecimiento de vedas, es decir épocas de cultivo cerradas obligatoriamente. Estas políticas son utilizadas cuando se determina que una actividad es incompatible con los objetivos sociales, o cuando es necesario desarrollar una acción conjunta y coordinada para lograr cierto resultado.

En situaciones donde el uso parcial de una práctica no produce riesgos inaceptables, o la adopción incompleta de ésta no limita la obtención de beneficios parciales, es más fácil utilizar políticas que manipulen las decisiones de ciertos individuos y generen más beneficios para la sociedad como un todo. Por ejemplo, los impuestos y subsidios sobre acciones perjudiciales y beneficiosas respectivamente, pueden ser más prácticos y de menor costo, que un sistema estricto de regulación.

Otros tipos de políticas, solamente ofrecen lineamientos o directrices sobre los objetivos generales de la sociedad, e intentan incidir sobre las decisiones de los individuos con el fin de que consideren el objetivo "más alto"; pero sin especificar las acciones particulares que contribuyen a su logro.

Este enfoque puede ser útil cuando la imposición o mandato de acciones específicas es un asunto delicado o difícil de definir, establecer y monitorear. También cuando los costos y/o los detalles operativos de la

implementación de un sistema de subsidios e impuestos lo hacen impráctico. Las políticas de tipo "direccional" pueden ser útiles cuando las acciones necesarias para alcanzar el objetivo social difieren.

En ocasiones se toman decisiones que no son compatibles con los objetivos sociales, debido a la falta de información adecuada. Las políticas para "informar" son útiles en estos casos; p. ej. las que requieren el consentimiento del individuo antes de participar en una acción riesgosa, o las que obligan proveer datos de registro y/o etiquetas en los plaguicidas en venta. Otro ejemplo, es el apoyo a programas de desarrollo y disseminación de opciones tecnológicas que faciliten el logro de los objetivos individuales y sociales.

Hay políticas que únicamente establecen un proceso mediante el cual los objetivos individuales y sociales pueden reconciliarse; por ej. el Acta Australiana de Control Biológico. Antes de la aprobación de esta política, en la década de los 80, los individuos afectados adversamente por acciones generalmente beneficiosas, como el control biológico, podían obtener órdenes legales para cancelarlas. Para evitar estas situaciones el Acta establece un proceso de pesquisa pública, con el fin de determinar los beneficios resultantes de una acción específica para la sociedad y otorgar una compensación a quienes sufren perjuicios como resultado de ella.

Las políticas son aplicables a casos específicos, y dependen de la naturaleza de la situación a resolver. Antes de iniciar el diseño e implementación de nuevas políticas fitosanitarias, es importante definir las características del problema, las limitaciones y los grupos meta involucrados.

### Problemática fitosanitaria en América Central

Cuando se compara el MIP con la situación actual de muchos sistemas de producción agrícola, que dependen de los plaguicidas sintéticos, se esperan varias ventajas (Ramírez 1994, Pingali *et al.* 1994, IICA 1987, Hilje *et al.* 1987, ICAITI 1977). Estas se relacionan con un amplio repertorio de objetivos sociales, y favorecen a los productores, individualmente o como grupo, a los consumidores de alimentos, a las economías nacionales, al ambiente y la biodiversidad. Algunos de estos beneficios son:



- Trabajadores agrícolas: Reducción substancial del riesgo de intoxicación, como consecuencia del uso racional de plaguicidas.

- Sector agrícola: Mayor posibilidad de obtener rendimientos y retornos económicos razonables, de los sistemas y áreas tradicionales de cultivo a largo plazo. Para lograr ésto es necesario: evitar el desarrollo de resistencia de las plagas a los productos químicos (Fig. 2), prevenir la conversión de plagas secundarias en primarias, y conservar mejor los recursos naturales no renovables, como el suelo. El MIP es clave para la sostenibilidad biológica y económica de la producción agrícola y a largo plazo, reduce los riesgos y aumenta el retorno financiero.

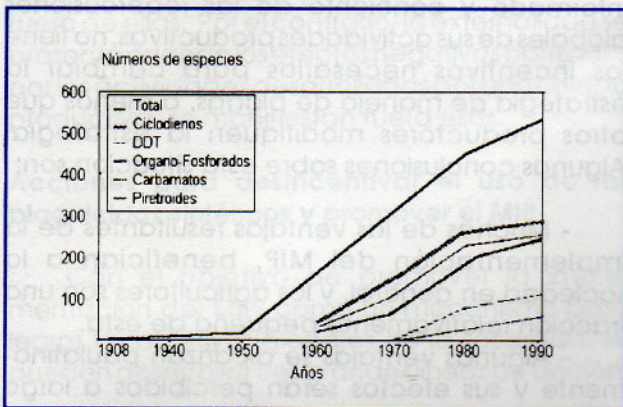


Fig. 2. Incremento crónico en el número de especies de artrópodos resistentes a insecticidas. Fuente: Adaptada de Georghiou (1990).

- Población consumidora de alimentos: Disminución en los índices de cáncer y otros padecimientos asociados al consumo prolongado de dosis subletales de plaguicidas.

- Población en general o segmentos específicos: Reducción de la contaminación de fuentes de agua y de sus efectos en la salud, cuando la producción agrícola intensiva se desarrolla en cuencas o áreas donde el agua potable proviene de pozos.

- Economía nacional: Mejora la balanza de pagos (p. ej. disminuye los saldos negativos en el comercio externo) porque la mayoría de los plaguicidas, o la materia prima necesaria para su producción es importada. Por el contrario, muchas prácticas MIP son intensivas en el uso de insumos locales, como mano de obra y tiempo invertido en el manejo de cultivos.

- Personas comprometidas con la protección del ambiente y de la biodiversidad: Una produc-

ción agrícola sustentable evita la incursión de agricultores en los bosques, forzados a abandonar las zonas de producción, o por la expansión de sus actividades; como respuesta a la creciente demanda de alimentos, que no pueden satisfacer con las áreas convencionales de cultivo.

- Protección de la biodiversidad y de otras actividades productivas como pesquerías: Eliminación de los riesgos por lixiviación y escorrentía de los plaguicidas.

En situaciones donde los agricultores reconocen la importancia y magnitud de cada una de estas ventajas, es posible que asignen un valor justo y significativo a las primeras dos consideraciones, cuando deciden cómo y cuándo controlar una plaga con plaguicidas versus con una práctica de manejo no química. Esto porque únicamente las dos primeras ventajas benefician directamente a este sector.

En las fincas pequeñas, generalmente el jefe de familia o uno de sus miembros realiza las aplicaciones de plaguicidas. En algunos países como Costa Rica, la sociedad financia el sistema de salud y por consiguiente paga por envenenamiento o muerte de un individuo, a causa de la intoxicación con plaguicidas. Sin embargo, la persona que aplica el producto químico arriesga voluntariamente su salud y sufre las consecuencias.

A pesar de la elevada incidencia y de la gravedad de este problema, los científicos sociales afirman que los pequeños productores, con frecuencia actúan como si no existieran tales riesgos (Fig. 3). Tal actitud se debe a la falta de información, o porque consideran que no resultarán intoxicados, a pesar de que esto suele ocurrir a otros miembros de su comunidad. Sin embargo la razón principal, es la necesidad de asegurar una producción mínima de alimentos y/o de ingresos para su sustento; meta de este sector a corto plazo.

En las fincas más grandes, donde mano de obra contratada (peones) realiza las aplicaciones de plaguicidas, los propietarios y/o capataces no tienen incentivos para asignar un valor apropiado a la salud de los trabajadores, porque no existe un mecanismo para la inversión directa en el bienestar de ese grupo, ni están obligados a pagar una proporción significativa de los gastos médicos resultantes. Esta situación, combinada con la carencia de información que tienen los



trabajadores de campo, sobre la magnitud de los riesgos a los que están expuestos cuando aplican plaguicidas, representan un serio problema de política y salud pública.

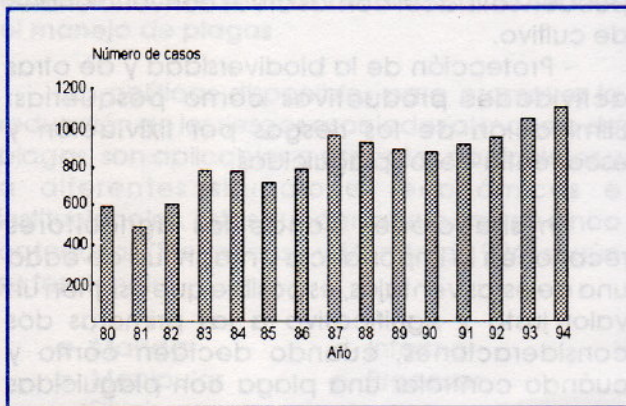


Fig. 3. Envenenamientos con productos químicos registrados por el Centro Nacional de Control de Intoxicaciones de Costa Rica. Fuente: SEPSA (1993).

Con respecto a la segunda ventaja, la mayoría de los agricultores no tienen conocimiento de los posibles efectos del uso intensivo de los plaguicidas a largo plazo, específicamente en términos de la sustentabilidad biológica, económica y ambiental de los sistemas de producción. Por lo tanto, este aspecto no es considerado por ellos, cuando toman decisiones sobre el manejo de las plagas.

Es probable que aún cuando los agricultores tengan información sobre estos riesgos, no asignen un valor significativo a su bienestar futuro y al de sus descendientes, cuando sopesan éste con la posibilidad de obtener mayores retornos económicos actuales y tangibles, mediante el uso intensivo de plaguicidas. El orden social es responsabilidad de los gobiernos nacionales, los cuales deben velar por la sustentabilidad de los estándares de vida de las generaciones presentes y futuras. Estos aspectos están relacionados con tenencia de la tierra, estabilidad económica y social. Si los individuos, por diversas razones no esperan beneficiarse de la agricultura a largo plazo, ¿por qué deberían preocuparse por la sustentabilidad de sus sistemas y áreas de producción?

Las últimas cinco ventajas benefician a otros sectores económicos y sociales, o a todos y cada uno de los miembros de la sociedad, en forma relativamente similar, y no solamente al sector agrícola o a los productores individuales.

Sin embargo, un agricultor con la información y motivación necesaria para tomar decisiones de manejo de plagas, considerando los beneficios y/o perjuicios individuales y sociales resultantes, podría elegir continuar con el *statu quo*. Esta decisión puede explicarse porque muchos de los beneficios potenciales de la implementación del MIP son alcanzables únicamente cuando la mayoría de los productores de una zona, adoptan las alternativas tecnológicas disponibles, reduciendo significativamente el uso de plaguicidas.

Las acciones individuales de los productores tienen efecto específico, mejoran la seguridad personal y logran un uso más eficiente de los insumos costosos. Probablemente, un productor informado y conciente de las repercusiones globales de sus actividades productivas, no tiene los incentivos necesarios para cambiar la estrategia de manejo de plagas, a menos que otros productores modifiquen la estrategia. Algunas conclusiones sobre esta situación son:

- Muchas de las ventajas resultantes de la implementación del MIP, benefician a la sociedad en general, y los agricultores son una fracción relativamente pequeña de ésta.

- Algunas ventajas se alcanzan paulatinamente y sus efectos serán percibidos a largo plazo; o serán intangibles y no percibidos por los beneficiarios, a pesar de su importancia. Por ejemplo, tomar agua o consumir alimentos libres de contaminantes tóxicos, gozar de un ambiente más sano y diverso, etc.

- En muchas instancias, los individuos que recibirían tales beneficios no tienen información suficiente o conocimiento técnico para predecir o estimar correctamente su valor. Por ejemplo, una disminución en los índices de cáncer y de otros padecimientos relacionados con el consumo prolongado de alimentos con dosis subletales de químicos, o una mayor sustentabilidad biológica y económica de los sistemas y áreas de producción.

- Algunas de estas ventajas las reciben en forma directa únicamente las personas involucradas (p.ej. los agricultores), sin embargo, los gobiernos, en representación del orden social, deben participar para garantizar que las decisiones individuales sean compatibles con los objetivos sociales, y que estas resulten de procesos de toma de decisiones basados en información.



Es obvia la necesidad de formular políticas tendientes a desincentivar el uso intensivo de plaguicidas sintéticos y de promover la implementación de MIP en América Central. Si las decisiones de manejo de plagas, dependen únicamente del criterio de los productores y no se establecen leyes, regulaciones o mecanismos para internalizar y distribuir en forma adecuada los costos sociales causados por las externalidades de una producción basada en el uso intensivo de los plaguicidas, el nivel de implementación de MIP se mantendrá por debajo de su óptimo social. Internalizar es promover el pago por parte de la unidad productiva, del costo asociado a los efectos negativos resultantes de esas actividades, pero que se manifiestan fuera de ellas. Por el contrario, la externalidad se presenta cuando los efectos negativos causados por las actividades desarrolladas por una unidad productiva, se manifiestan fuera de ellas.

#### **Acciones para desincentivar el uso de los plaguicidas sintéticos y promover el MIP**

Con el objetivo de promover la implementación del MIP, como un mecanismo para lograr los objetivos globales de la sociedad, se pueden desarrollar tres grandes líneas de acción:

- Brindar información a agricultores, consumidores y decisores del sector público y privado.

- Disponer de opciones prácticas: La generación de resultados de investigación y adopción de tecnologías de MIP, así como la asistencia técnica y económica necesaria para ofrecer a los agricultores las tecnologías alternativas deben estar disponibles.

- Manipular las decisiones de los individuos: Involucra el desestímulo de acciones globalmente negativas y el fomento de acciones globalmente positivas.

El desarrollo de estas líneas de acción puede considerarse en varias áreas específicas:

- **Elección de los consumidores.** Desarrollo de campañas educativas dirigidas a la población, con el objetivo de alertar sobre el peligro que representan los residuos de plaguicidas en los alimentos. Asimismo es necesario establecer los mecanismos que les permitan expresarse a favor de alimentos libres de sustancias tóxicas.

Si los consumidores no conocen el riesgo que implican estos residuos, ni la existencia de alternativas viables para disminuir la dependencia intensiva a los plaguicidas, estarán menos anuentes a apoyar las iniciativas necesarias para promover el cambio.

Algunos consumidores informados comprarán alimentos certificados como libres de residuos, aún cuando su precio sea más alto y/o una calidad cosmética menor. Se deben establecer mecanismos confiables para certificar estos tipos de productos agrícolas y hacerlos accesibles a los consumidores. Aunque dicha táctica es importante, debe complementarse con estándares mínimos, obligatorios para todos los alimentos.

- **Elección de los agricultores.** Para ciertos cultivos, se han desarrollado alternativas de MIP que reducen los costos de producción y el uso de los plaguicidas sintéticos, sin afectar significativamente los rendimientos. Por lo tanto, estas alternativas son más eficientes desde el punto de vista económico, que los métodos tradicionales, a nivel de finca.

Muchos esquemas actuales de manejo de plagas se caracterizan por el uso excesivo de plaguicidas costosos. Una de las razones, es que los agricultores los utilizan para minimizar las probabilidades de pérdidas por plagas. Algunos científicos opinan que los productores, por diversas razones, sobrestiman los beneficios que obtienen de la aplicación de los plaguicidas. En muchos casos, el uso de estos químicos se puede reducir sin experimentar una disminución significativa en el rendimiento promedio de los cultivos (Pincus 1994, Waibel 1989).

Es necesario continuar las investigaciones que presenten al MIP como una alternativa atractiva para el manejo de muchos cultivos, en condiciones de finca. Existe evidencia que apoya la hipótesis de que una producción agrícola eficiente y basada en la estrategia del MIP puede implementarse a corto plazo (Ramírez 1994, Calvo *et al.* 1993). Los costos sociales asociados al desarrollo de esta estrategia son: financiamiento de la asistencia técnica, de la investigación adaptativa y de programas masivos de transferencia de tecnología.

En algunos cultivos, bajo ciertas condiciones, es posible que a pesar de la implementación de opciones MIP disponibles, la presión de las plagas se eleve en forma peligrosa y sea necesario utilizar plaguicidas sintéticos, o tolerar pérdidas



sustanciales en el rendimiento. Tales eventos, suelen ocurrir para una finca o toda una zona de producción agrícola. Estas situaciones pueden pronosticarse utilizando técnicas de monitoreo de plagas; sin embargo, la mayoría de los agricultores prefieren evitar este riesgo.

Es razonable la posición de los productores, porque una falla en el método de pronóstico fitosanitario y/o en las tecnologías afines, podrían acabar con la única fuente de ingreso familiar. Por lo tanto, el establecimiento de mecanismos que les garanticen cierto grado de protección, en tales eventualidades, podría tener un efecto positivo en la disposición, para implementar alternativas MIP y reducir el uso de plaguicidas.

#### **Conocimiento generalizado de beneficios MIP versus dependencia unilateral de plaguicidas.**

Es vital que productores, consumidores y decisores del sector público y privado comprendan las desventajas a corto y largo plazo, de una producción agrícola basada en el uso intensivo de plaguicidas. También es importante, concientizar a los individuos de la existencia de alternativas relativamente prácticas y viables, que permiten sustituir los plaguicidas sintéticos.

Existe buen potencial para impulsar un cambio hacia sistemas de producción agrícola más sustentables y menos dañinos al hombre y al ambiente; además, es necesario realizar una campaña educativa sobre los beneficios económicos y sociales de este cambio.

#### **Recursos públicos y privados para investigación y transferencia de tecnologías MIP.**

La falta de recursos públicos y privados para investigación y transferencia de tecnologías agropecuarias es sustancial y persistente; y se debe en gran parte a la crisis política y económica que ha caracterizado a América Central en la última década; además, ha constituido un obstáculo a la implementación del MIP.

Esta situación está mejorando por la semi-privatización de algunas instituciones del sector público, conjugada con un apoyo financiero importante por parte de bancos y/o donantes internacionales. Muchos de estos procesos han involucrado algún tipo de reestructuración y en todos los casos, el MIP se ha destacado como una prioridad dentro de la nueva organización.

Se han consolidado unidades encargadas de la investigación y validación de opciones de MIP, bien equipadas, con financiamiento ade-

cuado y con lazos operacionales con los servicios de extensión. Además es factible el desarrollo de programas permanentes de investigación y extensión sobre MIP, en instituciones nacionales, con el apoyo de programas MIP de centros regionales, como el CATIE.

Es esencial, que los responsables de elaborar las políticas a nivel nacional, tanto en el sector público como privado, complementen los esfuerzos de los organismos, bancos y donantes internacionales. El propósito de este esfuerzo es asegurar la sostenibilidad de las iniciativas, de instituciones y organizaciones de investigación y transferencia de tecnología agrícola.

#### **Limitaciones a la importación o al uso de plaguicidas.**

Constituye uno de los mecanismos más importantes para lograr que los agricultores consideren las desventajas y problemas sociales externos (p.ej. los que ocurren fuera de su finca), causados por una producción agrícola basada en el uso intensivo de plaguicidas (Pincus 1994, Farah 1993, Waibel 1989). Los científicos pueden apoyar a los funcionarios responsables de elaborar políticas agrícolas y fitosanitarias, en aspectos como:

- Plaguicidas tan peligrosos, que los costos sociales (internos y externos a la finca) resultantes de su uso en cultivos específicos y bajo ciertas condiciones, superan los beneficios, si se consideran alternativas apropiadas para el manejo de los problemas fitosanitarios. Por lo tanto, estos plaguicidas, deben prohibirse o restringirse paulatinamente; simultáneamente deben fomentarse y diseminarse las opciones de MIP, por medio de los servicios de extensión.

- Plaguicidas utilizados en volúmenes que superan el óptimo económico (tanto por el área de producción como por el uso de plaguicidas) a nivel de finca y en cultivos clave. Los programas de investigación en MIP, han establecido algunos criterios temporales, para el uso económicamente óptimo de ciertos plaguicidas en condiciones de finca; combinándolos con la implementación de tecnologías MIP. El óptimo económico a nivel de finca siempre es mayor al óptimo social, debido a que el productor no considera los costos externos, cuando toma decisiones sobre el uso de plaguicidas; sin embargo, éste índice es importante como punto de referencia.

A pesar de que la determinación del óptimo social de un plaguicida, es una tarea complicada



y en alguna medida subjetiva; los economistas pueden realizar esta tarea si cuentan con la información necesaria (Waibel 1994). Esta determinación, puede ser importante cuando se espera que el óptimo social difiera sustancialmente del óptimo económico, en condiciones de finca, o como un ejercicio científico para ejemplificar y documentar la existencia y significado de este tipo de situaciones.

En la mayoría de los casos, el óptimo económico en condiciones de finca, puede considerarse como el límite superior máximo para el uso de plaguicidas; éste debe disminuir después de consultas con científicos y técnicos (Waibel 1994). Los gobiernos nacionales pueden diseñar el sistema de impuestos, licencias o restricciones de importación de plaguicidas, éste debe aumentar el precio unitario de los productos, como un mecanismo para lograr que su uso, sea similar al límite socialmente deseado.

Este proceso podría implementarse en forma paulatina; paralelamente debe estimularse la adopción de tecnologías MIP. Los ingresos recaudados por los tributos a los plaguicidas, pueden utilizarse para financiar la extensión sobre tecnologías MIP.

**Crédito para el control químico versus no químico.** En muchos cultivos, el crédito es esencial para iniciar y completar el ciclo productivo. Generalmente, se establecen rubros dentro de los "paquetes de crédito" que limitan o fijan las cantidades de dinero, que pueden o deben gastarse en cada actividad. Muchas veces, estos incluyen un monto sustancial para la compra y aplicación de plaguicidas, pero rara vez contemplan el financiamiento para la implementación de alternativas al control químico. Una parte del crédito está orientado a comprar insumos externos; por el contrario, el MIP sustituye muchas veces este tipo de insumos por mano de obra y una mejor gerencia a nivel de finca.

Este factor, parece ser un impedimento importante para la implementación de tecnologías MIP. El balance actual entre el crédito para control químico versus no químico podría cambiar paulatinamente, si se coordina con un programa de asistencia técnica para la transferencia tecnológicas MIP a los agricultores.

**El MIP como estrategia para enfrentar crisis fitosanitarias.** Tradicionalmente, en los países centroamericanos el control químico ha sido la

línea principal e indispensable para evitar la llegada de plagas exóticas o el aumento en la severidad de ataque de una plaga secundaria; generando un nuevo problema de fitoprotección. A pesar de que el control químico es una táctica importante, el uso inapropiado, unilateral y exagerado de plaguicidas puede haber agravado y prolongado muchas de estas crisis, al interferir con el desarrollo de mecanismos de control biológico. Cuando estos mecanismos logran progresar pueden mantener las poblaciones de plagas en niveles no dañinos, desde el punto de vista económico y a largo plazo.

Es importante que los plaguicidas no sean considerados como la respuesta tradicional al control de nuevas plagas. Cuando se presentan estos casos, los responsables de tomar decisiones sobre políticas agrícolas y fitosanitarias, deben coordinar con un equipo multidisciplinario de expertos en MIP, para obtener asesoría sobre las alternativas para enfrentar la crisis.

**MIP: Una estrategia con grandes beneficios, dispersos, poco tangibles y a largo plazo.** Esta puede ser la consideración más importante para los responsables de la toma de decisiones, sobre políticas agrícolas y fitosanitarias. La implementación del MIP en niveles socialmente óptimos, generaría beneficios sustanciales. Sin embargo, algunos de éstos pueden ser alcanzados paulatinamente y a largo plazo, sus efectos positivos estarían dispersos entre varios sectores de la población y serían difíciles de percibir y cuantificar.

La sostenibilidad bioecológica y económica de la producción agrícola, es un ejemplo de las ventajas a largo plazo. También es difícil percibir y cuantificar la contribución de la implementación del MIP, a la sostenibilidad agrícola, la protección del ambiente, la biodiversidad y a otras actividades productivas, afectadas por el uso intensivo de plaguicidas en la agricultura.

La disminución de las tasas de cáncer y de la incidencia de padecimientos crónicos, asociados con el consumo prolongado de dosis subletales de plaguicidas, es otra ventaja a largo plazo, que está dispersa entre la población total. Esta también es de difícil percepción, a pesar de que la disminución puede ser cuantificada científicamente, los individuos que no se afectarán, no perciben este beneficio.

Generalmente, la transición de los sistemas actuales de uso intensivo de plaguicidas químicos



a la implementación extensiva de prácticas MIP, es percibida como costosa a corto plazo; percepción que resulta exagerada. También existe la creencia de que causaría perjuicios económicos, especialmente a los agricultores, disminuyendo sus ganancias; sin embargo, éstas son tangibles y fáciles de cuantificar.

Probablemente, es necesario invertir sumas importantes (especialmente en investigación y extensión) antes de comenzar a percibir los beneficios resultantes del cambio. Estos costos podrían financiarse con los ingresos generados por los impuestos a la importación y/o formulación de los plaguicidas.

La transición también sería costosa para los agricultores, quienes tendrían que pagar más por los plaguicidas y reducir su uso; éstos generalmente son utilizados en cantidades superiores al óptimo económico.

En varias instancias, el aumento del precio de estos productos, podría contribuir a reducir su uso, logrando niveles más cercanos al óptimo social, sin causar un aumento significativo en los costos del manejo de plagas o pérdidas importantes en rendimiento. En la medida, en que el control natural solucione los problemas, y las prácticas MIP se difundan, la productividad agrícola se recuperaría.

Esta transición también es percibida como costosa, porque los agricultores tendrían que enfrentar a corto plazo, mayores riesgos en sus cultivos; sin embargo, teóricamente habría menos riesgos a largo plazo. En muchos casos, esta percepción es exagerada y podría disminuir con la creación de un sistema de seguros de cosecha autofinanciable.

Es importante considerar que estos esquemas de seguros tienen sus desventajas. Existen problemas para el ajuste de las pérdidas (determinación de niveles de compensación) y para garantizar que los poseedores de estos seguros cumplan con las medidas recomendadas para prevenir riesgos.

Un problema significativo del esquema de auto-financiamiento, es que frecuentemente los riesgos pueden variar más en el tiempo que en el espacio, y el fondo de compensación puede agotarse en el primer año, ocasionando cuantiosas pérdidas. Otra dificultad, es el establecimiento de las primas apropiadas, porque existe poca información sobre los niveles de riesgo asociados con las nuevas prácticas de manejo.

Los sistemas de seguros con financiamiento público superan muchos problemas, y pueden ser justificados como apoyo para el logro de objetivos sociales más amplios, y están asociados al cambio de estrategias de producción agrícola, en los países.

Posiblemente, a corto plazo, los agricultores tendrían que asimilar el impacto económico causado por una disminución en la productividad, como resultado de un uso menos intensivo de los plaguicidas sintéticos. El aumento en el precio y restricción en la disponibilidad de algunos de estos productos causan esa disminución.

Sin embargo, la teoría económica permite concluir que si ocurre esta disminución en la productividad, las consecuencias económicas negativas afectarían tanto a los agricultores como a los consumidores, por el aumento en el precio de mercado de los productos agrícolas. Los productores nacionales serían afectados si ocurren importaciones masivas de alimentos a precios bajos, para contrarrestar el alza en los costos de los productos agrícolas.

Teóricamente la pérdida en la productividad, también afectaría en forma desigual a los agricultores que exportan, porque los volúmenes comercializados por estos países, representan solo una pequeña proporción del total, y por consiguiente cualquier reducción en el volumen no incrementaría los precios significativamente.

En conclusión, los costos de inversión en investigación, el aumento en el precio de los plaguicidas, disponibilidad restringida de plaguicidas, disminución en la competitividad para la exportación de productos agrícolas y un incremento potencial en el precio interno de ciertos alimentos, serían rápida y fácilmente percibidos y cuantificados por los decisores, agricultores y consumidores. Este es un argumento importante en contra de la implementación de las políticas tendientes a fomentar los cambios en las estrategias de producción agrícola sugeridos en el presente ensayo.

## REFERENCIAS

- AGNE, S. 1995. Economics analysis of crop protection policy in Costa Rica. Pesticide Policy Project. s.p.
- CALVO, G.A.; BARRANTES, L.; HILJE, L.; SEGURA, L.; RAMIREZ, O.; COPPER, N.; RAMIREZ, A.; CAMPOS, J. 1992. Informe de avance sobre la validación de tecnologías de manejo integrado de plagas del tomate, en el Valle Central Occidental. 1991-1992. Turrialba, C.R.; CATIE/MAG s.p.



CALVO, G. A.; DIAZ, M.; HILJE, L.; BRENES, L.; COTO, A.; CUBILLO, D.; CHACON, A. 1993. Informe de avances sobre la validación de tecnologías de manejo integrado de plagas de la papa en las estribaciones del Volcán Irazú. 1992-1993. Turrialba, C.R. CATIE/MAG. s.p.

IICA. 1987. Seminario sobre problemas asociados con el uso de plaguicidas en Centroamérica y Panamá. (1987, San José, Costa Rica). DAO, F.; CHIRI, A.; MONTOYA, R. (Eds.). San José, C.R., IICA. 44 p.

FARAH, J. 1993. Pesticide policies in developing countries; do they encourage excessive pesticide use? Washington, World Bank. s.p.

GEORGHIOU, G.P. 1990. Overview of insecticide resistance in: managing resistance to agrochemicals. Green, M.B. *et al.* (Hrsg.), American Chemical Society, Washington, D.C., p. 18-41.

HILJE, L.; RAMIREZ, O. 1992. Una propuesta comprensiva para el desarrollo de programas de manejo integrado de plagas (MIP) en América Central. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 24-25:63-71.

HILJE, L.; CASTILLO, L.E.; THRUPP, L.A. WESSELING, L. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, Costa Rica. EUNED- Heliconia. 149 p.

ICAITI. 1977. An Environmental and economic study of the consequences of pesticide use in Central American: Cotton. Guatemala, UNEP-ICAITI. 295 p.

MUMFORD, J.D. 1993. The economics of integrated pest control in protected crops. *Pesticide Science* 36:379-383.

MUMFORD, J.D.; STONEHOUSE, J.M. 1994. Pest management policies in less-developed countries. In Black, R; Sweetmore, A. eds. *Crop Protection in the Developing World*. British Crop Protection Council, Farnham, UK. Monograph 61:11-18.

NORTON, G.A.; MUMFORD, J.D. (Eds.) 1993. *Decision tools for pest management*. Wallingford, UK, CABI 279 p.

PINCUS, J. 1994. Discussion points on pesticide policy and rice production in Indonesia: Combining reform from above and action from below. Seminar Plant Protection Policies in Developing Countries: FAO/UNEP Panel of Experts on Integrated Pest Management (1994, Germany). Proceedings. Germany, University of Gottingen.

PINGALI, P.; MARQUEZ, C.; PALIS, F. 1994. Pesticides and Philippine rice farmers' health: A medical and economic analysis of impact. *American Journal of Agricultural Economics*. p.

RAMIREZ, O. 1994. Plant protection policy issues and situation in Central America. In Seminar Plant Protection Policies in Developing Countries: FAO/UNEP Panel of Experts on Integrated Pest Management (1994, Germany) Proceedings. Germany, University of Gottingen.

SEPSA. 1993. Información básica del sector agropecuario. Vol. 7. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José. s.p.

STONEHOUSE, J.M.; MUMFORD, J.D. 1994. Science, risk analysis and environmental policy decisions. Environment and Trade Geneva, UNEP. 79 p.

WAIBEL, H. 1989. Pesticide subsidies and the diffusion of ipm in rice in Southeast Asia: The case of Thailand. Rome, Italy. FAO. s.p.

WAIBEL, J.H. 1994. Towards an economic framework of pesticide policy studies. In Seminar Plant Protection Policies in Developing Countries: FAO/UNEP Panel of Experts on Integrated Pest Management (1994, Germany). Proceedings. Germany, University of Gottingen.



## DESCRIPCION MATEMATICA DE EPIDEMIAS

Gonzalo Galileo Rivas\*

### RESUMEN

Se describen algunas metodologías matemáticas para el análisis de epidemias y se discuten los modelos monomolecular, logístico y de Gompertz. Se presenta el procedimiento para la selección de modelos matemáticos y estimaciones del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).

**Palabras clave:** Epidemia, Modelos matemáticos, Tasa de enfermedad.

### MATHEMATICAL EPIDEMIC DESCRIPTION

#### ABSTRACT

The mathematical methodologies for epidemic analyses are described and monomolecular, logistic and Gompertz model are discussed. The procedure to select mathematical models and the area under disease progress curve (AUDPC) estimation are presented.

**Key words:** Epidemics, Mathematical model, Disease rate.

### INTRODUCCION

Una epidemia puede expresarse, como un incremento de la enfermedad a lo largo del tiempo. Este proceso dinámico se representa mediante la ubicación de parejas ordenadas (tiempo, enfermedad), en un sistema de ejes cartesianos. La figura resultante, es la curva de progreso de la enfermedad; ésta refleja la intensidad a través del tiempo (días después de la siembra, etc.) en que ocurre la epidemia. Su representación es una integración del hospedante, patógeno y efectos ambientales, que ocurren durante el desarrollo de la enfermedad. Esto constituye una oportunidad para analizar, comparar y entender la epidemia vegetal (Campbell y Madden 1990).

En la región centroamericana, son muy escasas las investigaciones que involucran un análisis epidemiológico, mediante el cual se estimen los parámetros matemáticos que faciliten el entendimiento del progreso de la epidemia. Muchas veces, la información obtenida no es aprovechada, debido a la falta del conocimiento que proporcione los lineamientos para este tipo de análisis. Esto ha fomentado la falta de uniformidad metodológica en las investigaciones, ocasionando incongruencia en los resultados.

Este documento presenta aspectos teóricos que deben considerarse en el análisis

matemático de epidemias. Se detallan los modelos logístico, monomolecular y Gompertz, sus estimadores y el análisis de área bajo la curva de progreso de enfermedad en el tiempo.

### ANALISIS DE EPIDEMIAS

El proceso dinámico de una epidemia, es definido por su tasa de cambio en el tiempo. La tasa absoluta de incremento de la enfermedad se escribe como  $dy/dt$ , que es el cambio de la enfermedad ( $dy$ ) con un cambio infinitesimal en el tiempo ( $dt$ ). El aspecto fundamental para entender una epidemia es encontrar un modelo que describa adecuadamente el diferencial  $dy/dt$  (Jeger 1983).

La tasa absoluta de incremento puede ser modelada como una función del tiempo ( $t$ ), variables aleatorias (p. ej. intensidad de la enfermedad ( $y$ ), número de vectores, ambiente y características del cultivo) (Madden y Campbell 1986). Considerando una variable aleatoria, la proporción de enfermedad (severidad o incidencia), y el parámetro  $r$  (tasa de crecimiento) constante; el modelo se puede escribir así:

$$dy/dt=f(t;y;r)$$

donde:

$t$  = tiempo en unidades apropiadas,

$y$  = proporción de la enfermedad (0,0 a 1,0),

$r$  = tasa de crecimiento

Recibido: 28/02/96. Aprobado: 20/06/96.

\*Área de Agricultura Tropical Sostenible. CATIE 7170. Turrialba, Costa Rica. E-mail: grivas@catie.ac.cr



Por tanto, el incremento de la enfermedad puede considerarse como una función en el tiempo y en el espacio (Jeger 1983).

**Modelos para el análisis del progreso de una epidemia.** La definición del modelo epidemiológico que explica una enfermedad, intenta aproximar la realidad mediante ecuaciones, sin pretender ser una réplica de ésta. El estudio de estos modelos tiene como objetivo entender las condiciones que se presentan en el campo, cuando la enfermedad progresa, la cuantificación de los mecanismos de progreso y los métodos de prevención. Sin embargo, su propósito es mejorar las estrategias de control existentes y formular nuevas opciones, tendientes a disminuir su crecimiento en el tiempo (Hernández y Montoya 1987).

Los modelos permiten representar los datos de la epidemia (incidencia, proporción de plantas enfermas, severidad, etc.) a la forma  $Y=a+bx$ , mediante el uso de técnicas de regresión lineal. Los parámetros **a** y **b** son conocidos y facilitan la explicación de la tendencia de la enfermedad, en función de los estimadores de cada modelo. El parámetro **b**, es la pendiente de la línea de regresión, y en términos epidemiológicos se conoce como la velocidad de enfermedad. Los tres modelos más utilizados son: monomolecular, logístico y Gompertz.

**Modelo monomolecular:** Se basa en las reacciones químicas de primer orden, expansión celular, respuesta de los cultivos a los nutrientes y otros fenómenos como crecimiento de plantas y animales (Richards 1969, citado por Madden 1980). La ecuación diferencial del modelo es la siguiente:

$$dy/dt = r(1-y)$$

En éste, se asume que la cantidad máxima de enfermedad ( $y_{máx}$ ) es 1 o sea 100%. El término  $(1 - y)$  representa la proporción de tejido vegetal o plantas que aparentemente están libres de la enfermedad. De acuerdo a la ecuación del modelo, la tasa absoluta de cambio en la enfermedad, es proporcional al nivel de tejido aparentemente sano o a la proporción de plantas aparentemente sanas. El calificativo "aparentemente sano" es usado porque no todo el tejido vegetal es infectado y manifiesta síntomas después de la infección. La cantidad

$dy/dt$  disminuye en el tiempo, después de registrar un máximo al comienzo de la epidemia y tiene la forma de una función de probabilidad exponencial negativa (Fig 1) (Campbell y Madden 1990; Madden 1980). Según Van der Plank (1963) las epidemias que se ajustan a este modelo, son las transmitidas por patógenos del suelo y aquellas que se caracterizan por ser sistémicas en una sola estación. El modelo monomolecular ha sido usado satisfactoriamente para analizar epidemias causadas por *Phytophthora parasitica* var. *nicotiana* en tabaco (Campbell et al. 1984) y por el virus del mosaico enano del maíz (Knoke et al. 1983).

La ecuación general del modelo es linealizada utilizando la siguiente expresión:

$$\ln(1/1-y) = (1/1-y) + rt;$$

el término  $\ln(1/1-y)$  se ha denominado monit (Madden 1980).

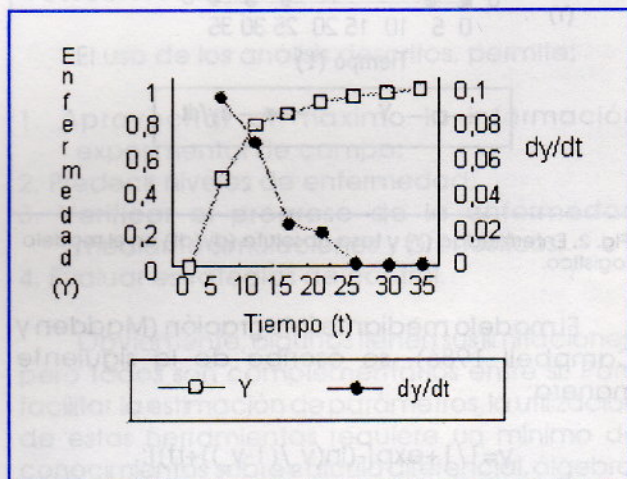


Fig. 1. Enfermedad (Y) y tasa absoluta (dy/dt) en el modelo monomolecular.

**Modelo logístico.** Utilizado ampliamente para describir epidemias con muchos ciclos de infección, durante una estación (Vanderplank 1963), puede escribirse como  $dy/dt=ry(1-y)$ . La tasa absoluta de incremento de enfermedad es proporcional al nivel de plantas infectadas ( $y$ ) y al nivel de plantas sanas  $(1-y)$  (Madden y Campbell 1986). La  $dy/dt$  se incrementa, se maximiza y luego decrece a cero (Fig. 2). El parámetro  $r$ , denominado por Vanderplank (1963) tasa de infección aparente, es considerado el



factor determinante de la epidemia (Campbell y Madden 1990). En un período corto de tiempo (dt) durante la estación, la tasa de enfermedad dy/dt se incrementa en función del tamaño de la población del patógeno, de la eficacia de esta población para inducir la enfermedad y de la proporción de tejido vegetal disponible para el patógeno. El tamaño de la población del patógeno, está en función de la cantidad de enfermedad, debido a que éste produce inóculo en el tejido enfermo. La relación entre tejido e inóculo se expresa por el factor r (Hernández y Montoya 1987).

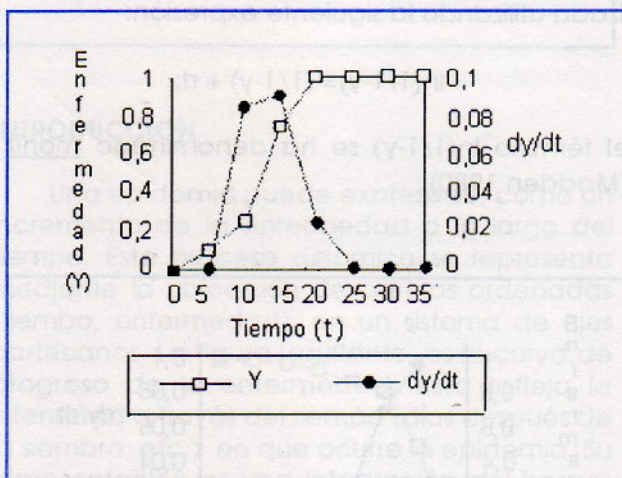


Fig. 2. Enfermedad (Y) y tasa absoluta (dy/dt) en el modelo logístico.

El modelo mediante integración (Madden y Campbell 1986), se escribe de la siguiente manera:

$$y = 1 / (1 + \exp[-(\ln(y_0 / (1 - y_0)) + rt)]);$$

Esta ecuación describe una curva sigmoide que puede ser ajustada a una recta por medio de la expresión:

$$\ln[y / (1 - y)] = \ln[y_0 / (1 - y_0)] + rt;$$

el término  $\ln[y / (1 - y)]$  es conocido como el logit de Y (Madden y Campbell 1986; Waggoner 1986; Hernández y Montoya 1987; Campbell y Madden 1990). Con este modelo se han explicado epidemias causadas por el mosaico amarillo del tomate (ToMV) en Costa Rica, con tasas de enfermedad promedio de 0,22 y 0,39 unidades (Rivas-Platero 1993, Quirós Torres 1993). También

se explicaron las epidemias ocasionadas por el virus de la mancha anular del papayo, en México y El Salvador (Mora y Teliz 1987, Rivas-Platero y Larios 1994).

**Modelo Gompertz.** Este modelo ha sido muy utilizado por los ecólogos para explicar fenómenos biológicos; la ecuación diferencial se define por  $dy/dt = ry(-\ln(y))$ , donde la tasa absoluta crece en forma asimétrica (Fig. 3), mucho más rápido que en el modelo logístico. El modelo es muy apropiado para describir epidemias en las cuales la tasa máxima ocurre tempranamente (Madden y Campbell 1980; Campbell y Madden 1990). Berger (1981) afirma que la ecuación para medir el crecimiento definido por este modelo es la siguiente:

$$y = \exp(-B \times \exp(-rt))$$

y la ecuación transformada para la linealización de la misma es  $y = -\ln(-\ln(y))$ , la cual se denomina gompit. Epidemias causadas por el virus del mosaico de la sandía (WMV-2) en El Salvador, fueron explicadas utilizando este modelo (Rivas-Platero 1991).

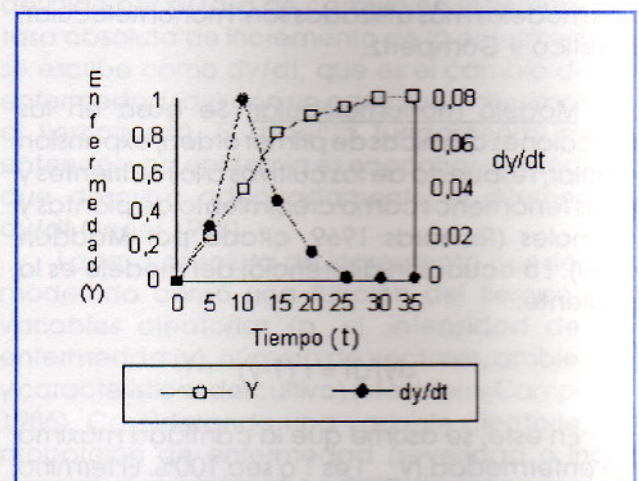


Fig. 3. Enfermedad (Y) y tasa absoluta (dy/dt) en el modelo de Gompertz.

**Aplicación y selección de los modelos.** Uno de los aspectos más importantes en el análisis de epidemias, es la selección del modelo apropiado para describir el progreso de la enfermedad. La escogencia es importante porque estima los parámetros básicos para el análisis estadístico y



la comparación de las curvas de progreso de la enfermedad (Campbell y Madden 1990).

Analíticamente, el modelo más apropiado para fijar los datos puede ser determinado por medio de un análisis de regresión de mínimos cuadrados. Se grafican los valores transformados de "y" mediante los monit, logit y gompit en el tiempo, para cada modelo, y se obtiene el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, el cuadrado medio del error y la desviación estándar de los parámetros estimados. El modelo seleccionado será el que presente el R<sup>2</sup> mayor; previa destransformación de los "y", transformados para obtener los predichos y con estos obtener un nuevo R<sup>2</sup>. Las formas linealizadas de los modelos monomolecular, logístico y Gompertz, para un conjunto de datos que reflejan el progreso de una epidemia, pueden obtenerse usando el procedimiento "General Linear Models" (PROC GLM) del programa de análisis estadístico SAS (Madden y Campbell 1996, Campbell y Maddel 1990). También los procedimientos NLIN y REG pueden usarse para ajustar rectas de regresión (SAS 1991). Asimismo, programas escritos en BASIC u otros lenguajes de programación pueden emplearse con el mismo propósito (Berger 1988).

**Area bajo la curva de progreso de enfermedad (ABCPE).** En epidemias donde ninguno de los parámetros estimados en los modelos descritos, explican el progreso de la enfermedad, ya sea por fluctuaciones en la tasa absoluta (dy/dt) o una forma irregular del gráfico enfermedad-tiempo, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad puede ser utilizada como un descriptor de la epidemia (Fry 1978, Jeger 1988). El ABCPE es la cantidad de enfermedad existente entre dos observaciones de tiempo (Fig. 4). Se calcula a través de integración trapezoidal, así:

$$ABCPE = \text{SUM} (y_i + y_{i+1})/2 \times dt_i$$

Donde:

y<sub>i</sub> = proporción de enfermedad (incidencia o severidad) afectada en la iésima observación.  
 t<sub>i</sub> = tiempo (días) después de la inoculación en la iésima observación

SUM = Sumatoria de n observaciones

El ABCPE se expresa en unidades de proporción de enfermedad-día. El cálculo de este descriptor puede hacerse manualmente o con

un programa para computadora, escrito en algún lenguaje de programación p. ej. BASIC.

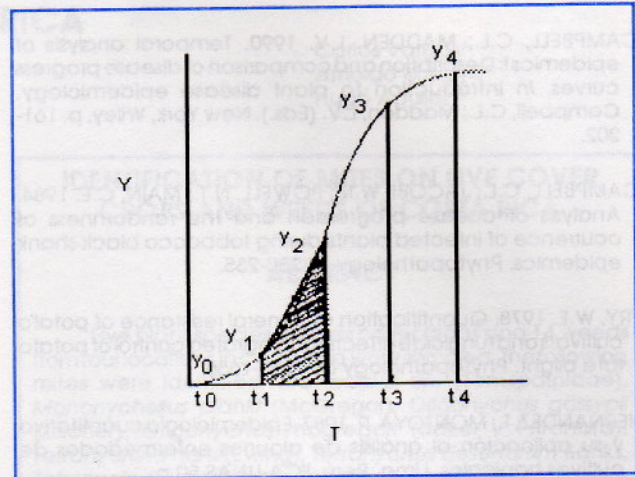


Fig. 4. Integración trapezoidal para determinar el área bajo la curva de progreso de enfermedad  $ABCPE = \text{SUM}(Y_i + Y_{i+1})/2 \times dt_i$ . La región sombreada, indica los intervalos de enfermedad y tiempo a considerar en el cálculo respectivo.

### CONCLUSIONES

El uso de los análisis descritos, permite:

1. Aprovechar al máximo la información experimental de campo;
2. Predecir niveles de enfermedad;
3. Verificar el progreso de la enfermedad mediante simulaciones y pronósticos;
4. Evaluar estrategias de control.

Obviamente, algunos tienen sus limitaciones, pero todos son complementarios entre si. Para facilitar la estimación de parámetros, la utilización de estas herramientas requiere un mínimo de conocimientos sobre cálculo diferencial, álgebra, estadística y manejo de computadoras. La aplicación de estos principios epidemiológicos, contribuye a diseñar eficientemente los experimentos y obtener los datos necesarios para entender el complejo patógeno-planta.

### BIBLIOGRAFIA

BERGER, R.D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe disease progress. *Phytopathology* 71:716-719.



- BERGER, R.D. 1988. The analysis of effects of control measures on the development of epidemics. *In* Experimental techniques in plant disease epidemiology. Kranz/Rotem (Eds.). Berlin, Springer-Verlag p. 137-151.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. 1990. Temporal analysis of epidemics: Description and comparison of disease progress curves. *In* Introduction to plant disease epidemiology. Campbell, C.L.; Madden, L.V. (Eds.). New York, Wiley. p. 161-202.
- CAMPBELL, C.L.; JACOBI, W.R.; POWELL, N.T.; MAIN, C.E. 1984. Analysis of disease progression and the randomness of occurrence of infected plants during tobacco black shank epidemics. *Phytopathology* 74:230-235.
- FRY, W.E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650-1655.
- HERNANDEZ, T.; MONTOYA, R. 1987. Epidemiología cuantitativa y su aplicación al análisis de algunas enfermedades de cultivos tropicales. Lima, Perú, IICA-UNAS 50 p.
- JEGER, M.J. 1983. Analysing epidemics in time and space. *Plant Pathology* 32:5-11.
- KNOKE, J.K.; LOUIE, R.; MADDEN, L.V.; GORDON, D.T. 1983. Spread of maize dwarf mosaic virus from Johnson grass to corn. *Plant Disease* 67:367-730.
- MADDEN, L.V. 1980. Quantification of disease progression. *Protection Ecology* 2:159-176.
- MADDEN, L.V.; CAMPBELL, C.L. 1986. Descriptions of virus diseases epidemics in time and space. *In* Plant virus epidemics. G. D. McLean; R.D. Garret; W.G. (Eds.). New York, Academic Press p.273-293.
- MORA, G.; TELIZ, D. 1987. Incidencia de la mancha anular del papayo en Veracruz. *In* Congreso Nacional de Fitopatología. (XIV, 1987) Morelia, México. p.10.
- QUIROST., C.A. 1993. Adaptación y evaluación de la tecnología de semilleros en tomate para el manejo de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius), con participación de los agricultores, en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 141 p.
- RIVAS-PLATERO, G.G. 1991. Descripción epidemiológica del virus 2 del mosaico de la sandía (WMV-2) en El Salvador. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* no.19:30-31.
- RIVAS-PLATERO, G.G. 1993. Detección de geminivirus en tomate mediante hibridación de ácidos nucleicos y manejo de semilleros para reducir la incidencia de virosis transmitidas por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el campo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 92 p.
- RIVAS-PLATERO, G.G.; LARIOS, J.F. 1994. Epidemiología del virus de la mancha anular del papayo (VMAP) en Zapotitán, El Salvador. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* no.32:5-7.
- SAS. 1991. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 Edition. Cary, SAS Institute Inc. 1026 p.
- VAN DER PLANK, J.E. 1963. *Plant diseases: Epidemics and control*. New York, Academic Press. 349 p.
- WAGGONER, P.E. 1986. Progress curves of foliar diseases: Their interpretation and use. *In* Plant disease epidemiology; population dynamics and management. Leonard, K.J.; Fry, W.E. (Eds.). New York, Macmillan vol. 1. p. 3-36.



## IDENTIFICACION DE ACAROS EN COBERTURAS VIVAS Y MALEZAS EN COSTA RICA

Carlos Vargas\*  
Arnoldo Merayo\*  
Hugo Aguilar\*\*

### RESUMEN

Se muestrearon cinco especies de plantas utilizadas como coberturas vivas y 14 malezas, en cuatro localidades de Costa Rica. Se identificaron los siguientes ácaros fitófagos: *Brevipalpus* sp. (Tenuipalpidae), *Mononychellus planki* (McGregor), *Oligonychus gossypii* (Zacher), *Oligonychus mcgregori* (Baker y Pritchard), *Tetranychina harti* (Ewing), *Tetranychus desertorum* Banks, *Tetranychus ludeni* Zacher, *Tetranychus marianae* McGregor y *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae). En dos de las muestras se determinó la presencia de dos ácaros depredadores no identificados de la familia Phytoseiidae.

**Palabras claves:** Acaros, Diagnóstico, Malezas, Coberturas vivas.

### IDENTIFICATION OF MITES ON LIVE COVER CROPS AND WEEDS OF COSTA RICA

#### ABSTRACT

Five plant species used as cover crops and 14 weeds from four locations in Costa Rica were sampled. The following mites were identified: *Brevipalpus* sp. (Tenuipalpidae), *Mononychellus planki* (McGregor), *Oligonychus gossypii* (Zacher), *Oligonychus mcgregori* (Baker y Pritchard), *Tetranychina harti* (Ewing), *Tetranychus desertorum* Banks, *Tetranychus ludeni* Zacher, *Tetranychus marianae* McGregor y *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae). Two unidentified predaceous mite species from the Phytoseiidae family were found in two of the samples.

**Key Words:** Mite, Diagnostic, Weeds, Cover crops.

### INTRODUCCION

El uso de leguminosas como coberturas vivas constituye una alternativa para la protección del suelo, favorece el control de malezas en algunos cultivos y constituye un mecanismo de fijación de nitrógeno. También favorecen el mejoramiento de las condiciones físicas y biológicas del agroecosistema (Skerman *et al.* 1988 y Akobundu 1982 citados por Domínguez y De la Cruz 1990).

Las malezas interfieren con los cultivos, compitiendo por agua, luz y nutrientes del suelo, o a través de la producción y liberación al ambiente de sustancias tóxicas al cultivo, fenómeno conocido como alelopatía. Algunas malezas pueden también ser hospedantes alternos de organismos patógenos o insectos plaga de los cultivos; ejerciendo un efecto negativo indirecto sobre las cosechas (CATIE, MIP 1990).

Las coberturas vivas y malezas son hospedantes de algunos ácaros fitófagos, principalmente de la familia Tetranychidae (Foto 1). Por esta razón es importante analizar estas asociaciones, y seleccionar coberturas que no representen riesgos por ataque de ácaros, para los cultivos adyacentes.



Foto 1. Acaro de la familia Tetranychidae.

Recibido: 30/08/95. Aprobado: 20-06-96.

\*CATIE. Unidad de Fitoprotección. 7170 Turrialba, Costa Rica.

\*\*University of Florida, Citrus Research and Education Center, 700 Experiment Station Road, Lake Alfred, Florida 33850. USA.



Los tetraníquidos (conocidos como arañitas rojas), tienen cuerpo redondeado o alargado (300-800 micrómetros), presentan manchas oculares y su coloración es muy variada (verde, roja, amarilla, anaranjada, negra o combinaciones de algunos de ellos). La genitalia de la hembra es rugosa (Foto 1); el macho se caracteriza por la presencia de aedegus. Los tetraníquidos del género *Oligonychus* generalmente se localizan en el haz de las hojas y producen poca tela; mientras que los del género *Tetranychus*, generalmente se encuentran en el envés de las hojas y producen mayor cantidad de tela (Ochoa *et al.* 1994).

Los ácaros fitófagos causan severos daños a gran cantidad de cultivos. Los tetraníquidos son una plaga importante porque provocan deficiencias de agua y nutrimentos en las plantas; las hojas presentan puntos blancos, moteados amarillentos, bronceados, necrosis en las áreas afectadas y causan la caída del follaje. Estos daños son muchas veces confundidos con los producidos por otras plagas, por la similitud de los síntomas (Aguilar *et al.* 1990, Ochoa *et al.* 1989, Vargas *et al.* 1989).

El objetivo de este trabajo fue identificar las especies de ácaros fitófagos y depredadores asociados a algunas malezas y leguminosas de cobertura en Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

Se recolectó follaje de coberturas vivas y malezas en cuatro localidades de Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Cartago; Cervantes y Llano Grande, Cartago y en la Escuela de Agricultura de la Región del Trópico Húmedo (EARTH) en Guácimo, Limón.

Las muestras se tomaron de plantas que presentaban amarillamientos, puntos blancos, deformaciones o cualquier otra sintomatología, similar a la provocada por ácaros fitófagos; se colocaron en bolsas plásticas insufladas con cierre semi-hermético para su traslado al laboratorio. Una parte de la muestra se introdujo en recipientes con alcohol al 75%. Para la evaluación del material recolectado y la extracción de los ácaros, se utilizó un estereoscopio de luz directa. Los ácaros se clarificaron con ácido láctico al 85%, y se "montaron" en medio Hoyer. En la identificación

se utilizó un microscopio de contraste de fases. Las láminas con los ácaros permanecen en la colección de referencia del CATIE.

Se registró las fechas de recolección de las muestras para determinar la época en que se presentan los ataques.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Coberturas vivas hospedantes de ácaros Tetranychidae y otras familias

#### *Arachis pintoi* Pinto

El uso de *A. pintoi* como cobertura en varios cultivos perennes o como alternativa para la protección de zonas propensas a la erosión se está incrementando.

En el CATIE (Foto 2) se ha utilizado como cobertura en *Bactris gasipaes* H.B.K. (pejibaye).



Foto 2. *Arachis pintoi*, cobertura en *Bactris gasipaes*.

En este ensayo las hojas de *A. pintoi* presentaban puntos blancos en el haz. En el envés se detectó *Tetranychus urticae*, y *Brevipalpus* sp. (familia Tenuipalpidae). Ambos ácaros fueron recolectados el 28 de julio de 1993.

*A. pintoi* también está siendo utilizado como planta ornamental, para jardines. En muestras recolectadas en la EARTH (6 de abril, 1995) se observó un ataque severo de *Oligonychus gossypii* en el haz y en el envés de las hojas. En el haz se observaron puntos blancos, que se



transformaron en moteados amarillentos con el avance del daño; el envés mostraba una coloración que variaba entre amarillenta y marrón.

Ochoa *et al.* (1994) reportó ocho hospedantes de *O. gossypii* para América Central entre ellos *Manihot esculenta*, *Crotalaria* sp. *Desmodium* sp.

#### ***Canavalia ensiformis* (L.) DC.**

Esta leguminosa es utilizada como cobertura en el cultivo de plátano (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*). En muestras recolectadas en parcelas de investigación de CATIE, se identificaron los ácaros *Mononychellus planki* (6 mayo, 1993) y *Tetranychus desertorum* (1 abril, 1993). En un ensayo similar ubicado en Juan Viñas, se encontró *T. ludeni* (14 abril, 1992). Estos ácaros se alimentan en el envés de las hojas y provocan daños similares a los causados por *O. gossypii*.

#### ***Centrocema pubescens* Benth y *C. macrocarpum***

En parcelas de evaluación de *C. pubescens* como cobertura en plátano, se identificó el ácaro *Tetranychus ludeni* (CATIE, 28 de julio, 1993). En experimentos con *C. macrocarpum* como cobertura en *B. gasipaes* (pejibaye), se detectó *Tetranychus marianae* (Tetranychidae) y *Brevipalpus* sp. (Tenuipalpidae); así como un depredador no identificado, de la familia Phytoseiidae. *T. ludeni* y *T. marianae* se localizaron en el envés de las hojas, las cuales presentaban áreas amarillentas visibles por el haz.

#### ***Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.**

El kudzú tropical (*P. phaseoloides*, Foto 3), es una leguminosa utilizada como cobertura en *B. gasipaes* en CATIE. En esta planta se identificaron los siguientes ácaros: *Mononychellus planki* (21 de agosto y 28 de julio, 1993), *Tetranychus marianae* (28 de julio, 1993), *Tetranychus ludeni* (21 de agosto, 1992), *Brevipalpus* sp. (28 de julio 1993) y un depredador no identificado de la familia Phytoseiidae. Los ácaros fitófagos se alimentan en el envés de las hojas, produciendo manchas amarillentas en el haz.

En Costa Rica, esta leguminosa también es usada como cobertura de palma africana (*Elaeis*

*guineensis* Jacq.); y se ha reportado la presencia de ácaros del género *Brevipalpus* (Ochoa *et al.* 1994).



Foto 3. *Pueraria phaseoloides*, cobertura en *Elaeis guineensis*.

El kudzú también es atacado por los ácaros *Tetranychus urticae* y *Tetranychus yusti*, para los cuales han sido reportados 94 y 8 hospedantes, respectivamente en América Central. También para los ácaros *M. planki*, *T. ludeni* y *T. marianae* se han reportado 6, 45 y 21 hospedantes respectivamente, entre ellos *B. gasipaes* (Ochoa *et al.* 1994). Es importante señalar que *T. marianae* también ataca el cultivo del pejibaye.

#### **Malezas hospedantes de tetraníquidos**

En América Central se han identificado 40 especies de malezas hospedantes de ácaros fitófagos (Ochoa *et al.* 1994).

En Turrialba se ha identificado algunos ácaros en malezas: *Oligonychus gossypii* en *Crotalaria* sp., *Oligonychus mcgregori* en *Flemingia congesta*, y *Tetranychina harti* en *Oxalis* sp. (trébol). Todos estos ácaros se alimentan en el envés de las hojas. (Ochoa *et al.* 1994).

En Santiago, Cervantes, Cartago, en una plantación de chile dulce (*Capsicum annum* L.), atacada por *T. urticae*, se encontraron algunas malezas afectadas por este ácaro como: *Bidens pilosa* L. (moriseco), *Borreria* sp. (chiquizacillo), *Drymaria cordata* (L.) Willd. (nervillo o cinquillo), *Chamaesyce* (*Euphorbia*) *hirta* L. (golondrina), *Ipomea* sp. (churrystate), *Melampodium divaricatum* (Rich.) D.C. (flor amarilla), *Oxalis corniculata* (trébol) y



*Sclerocarpus divaricatus* (florequilla). Este ácaro se alimenta en el envés de las hojas y produce puntos blancos en el haz.

También en Llano Grande de Cartago, en una plantación de fresa (*Fragaria* sp.) severamente afectada por *T. urticae*, se encontraron las malezas *Galinsoga* sp. (mielcilla), *Gnaphalium* sp. (repollillo), *Oxalis* sp. (trébol) y *Polygonum* sp. (chileperro) atacadas por este ácaro.

## REFERENCIAS

AGUILAR, H.; OCHOA, R.; VARGAS, C. 1990. Bronceado del café causado por el ácaro *Oligonychus yothersi* (McGregor). Boletín informativo MIP (Costa Rica) no.15:1-4.

CATIE, PROYECTO REGIONAL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS. 1990. Guía para el manejo integrado del cultivo de tomate. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no.151. 36 p.

DOMINGUEZ V., J.A.; DE LA CRUZ, R. 1990. Competencia nutricional de *Arachis pintoi* Pinto como cultivo de cobertura durante el establecimiento de peñibaye *Bactris gasipaes* H.B.K. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.18:1-7.

OCHOA, R.; AGUILAR, H.; MERINO, F.L. 1989. Combate químico de arañas rojas (ACARI: Tetranychidae) en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.14:31-45.

OCHOA, R.; AGUILAR, H.; VARGAS, C. 1994. Phytophagous mites of Central America: An illustrated guide. CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico No.6. 234 p.

VARGAS, C.; AGUILAR, H.; EVANS, G.; OCHOA, R. 1989. Potencial de los ácaros fitoseidos (Parasitiformes: Phytoseiidae) para el control biológico de plagas. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.14:87-108.

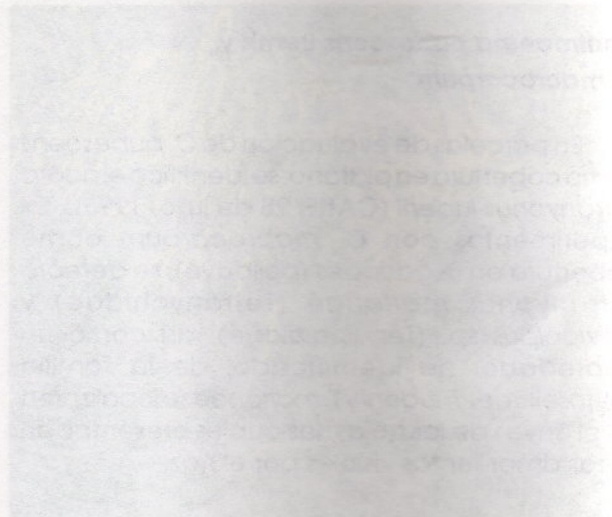


Foto 2. Ácaro *Sclerocarpus divaricatus* (florequilla) atacando a una planta.



## TESIS DE POSGRADO (CATIE)

**Pérez, O.E. 1996.** Evaluación del potencial de adopción de dos tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP), aplicando tres técnicas de extensión con productores de tomate en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 144 p.

El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de adopción de dos tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP): producción de plántulas de tomate libres de geminivirus transmitidos por *Bemisia tabaci* y uso del umbral de acción en el combate de *Heliothis zea* en tomate. La investigación se llevó a cabo en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica.

Las tecnologías fueron aplicadas a agricultores organizados y no organizados, utilizando diferentes combinaciones de técnicas de extensión, como parcelas demostrativas, charlas y material escrito. Se utilizó una muestra de 57 agricultores seleccionados al azar, de la lista del servicio de extensión de la Agencia de Extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en Grecia.

Se evaluaron algunas variables para caracterizar a los agricultores, como: edad, nivel educativo, acceso a crédito, sistema de siembra de tomate, uso de mano de obra, tenencia de la tierra, tamaño de finca, recursos económicos gastados mensualmente en asuntos domésticos y transporte.

Se obtuvo un promedio de adopción de 54,6% (media adopción) para la tecnología de manejo de *B. tabaci* y un 36,9% (baja adopción) en el caso de *H. zea* (seis meses después de la transferencia). El análisis del estudio se realizó empleando las pruebas de Wilcoxon y Kruskal-Wallis, chi-cuadrado y el modelo Event Count Regression (ECD).

**Chavez L. 1996.** *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de secano: longevidad de la semilla en el suelo e integración de tácticas para su combate. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 65 p.

Se evaluó la longevidad de la semilla de *E. colona* y las opciones para el manejo de esta maleza resistente a propanil. El estudio se realizó en Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. Para estudiar la longevidad, se colocaron semillas de *E. colona* en bolsas de polipropileno permeables al agua. Las bolsas se colocaron sobre la superficie del suelo y a profundidades entre 5 y 20 cm. Mensualmente, se exhumaron grupos de semillas durante un período de 10 meses, y se separaron en dos grupos semillas germinadas *in situ*, y semillas no viables (porción no persistente), y semillas con latencia forzada, inducida o innata (porción persistente). Durante el período de estudio la persistencia declinó constantemente. Las semillas colocadas sobre la superficie no persistieron más de cuatro meses, por el contrario las que estaban bajo tierra presentaron en promedio un 34% de semillas persistentes, al final del experimento. La reducción de la persistencia se debió en mayor grado a la descomposición de las semillas y no a la germinación *in situ*, obteniéndose mayor germinación en aquellas colocadas sobre la superficie. Se evaluaron tácticas de control cultural y químico de la maleza en el cultivo de arroz, entre las que están la incorporación del rastrojo, la eliminación de la población de malezas presentes antes de la siembra, usando glifosato (1,8 kg e.a./ha) y dos opciones de control químico. La primera de éstas consistió de dos aplicaciones de propanil (3,84 kg/ha y manejo convencional), y la otra en la aplicación de pendimetalina (750 g/ha) en postemergencia temprana (manejo alternativo). Cuando fue necesario, ambos tratamientos se complementaron con una aplicación tardía de fenoxaprop-p-etilo en dosis de 45 g e.a./ha. La incorporación del rastrojo no afectó el



rendimiento del cultivo ni la densidad de la maleza en el siguiente ciclo de cultivo. El glifosato redujo sustancialmente la densidad de la maleza, obteniéndose mayor rendimiento del cultivo. En una de las localidades, la aplicación de glifosato se complementó muy bien con la pendimetalina; esta última siempre resultó más eficaz que el propanil. La eficacia de la pendimetalina fue más notoria cuando no se aplicó glifosato. En el otro experimento se cuantificó la emergencia de plántulas de *E. colona* durante el ciclo del

arroz. Los tratamientos fueron parcelas con arroz, sin arroz con remoción del suelo, y sin arroz sin remoción de suelo. Se observaron dos germinaciones fuertes, concentradas en el primer mes posterior a la siembra, independientemente del tratamiento. La densidad de la maleza fue mayor en las parcelas que se mantuvieron con arroz. Basados en los resultados de este estudio, es posible establecer un manejo adecuado de la *E. colona* a través de la integración de tácticas culturales y químicas.

## RESEÑAS DE NUEVAS PUBLICACIONES

**CIBRIAN, D.; MENDEZ, J.T.; CAMPOS, R; YATES III, H.O. ; FLORES, J.E. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo y Comisión Forestal de América del Norte (COFAN). Publicación No.6. 453 p.**

Quienes hemos trabajado en el campo de la protección forestal, reconocemos en México a un país con una amplia y rica trayectoria al respecto. Asimismo, para los entomólogos, los nombres de David Cibrián y José Tulio Méndez nos son familiares, por sus numerosos aportes. Destaca su obra **Insectos de conos y semillas de las coníferas de México**, publicada en colaboración con Bernard H. Ebel y Harry Yates, en 1986.

Por ello, no nos extrañó la aparición del libro **Insectos forestales de México**, aunque sí nos asombraron su rico y voluminoso contenido, y su sorprendente calidad estética. Esta es una obra promovida por la Comisión Forestal de América del Norte (COFAN), de la FAO, de la cual son partícipes las agencias forestales nacionales de México, EE.UU. y Canadá. Por ello, se trata de un libro bilingüe, con columnas paralelas en español e inglés, que lo hace accesible a un mayor público.

Es un texto muy bien organizado. Al inicio contiene una clave para formas adultas, a nivel

de orden, de uso sencillo. Está bien complementada con relatos sobre las familias más importantes, muy breves y bien ilustrados. Esto permite que incluso un usuario con poco conocimiento entomológico pueda ubicar taxonómicamente al insecto de su interés, lo cual es el primer paso para el manejo adecuado de una plaga.

Los capítulos posteriores están organizados según la estructura del árbol dañada por los insectos. En cada uno aparecen recuentos monográficos por especies o complejos de especies, los cuales incluyen información sobre sus hospedantes, distribución, morfología, ciclo de vida y hábitos, daños, importancia y manejo. Los 384 recuentos están profusamente ilustrados con 5-10 fotos a colores, cada uno; éstas en general son excelentes. En muy pocos casos, las fotografías fueron sustituidas por dibujos a colores, también de buena calidad.

Aunque la obra se concentra en México, su valor es más universal. Por la cercanía de América Central con dicho país, y porque contiene plagas tanto de coníferas como de árboles latifoliados, puede ser muy útil para los técnicos de nuestros países.

Finalmente, deseo destacar que la calidad del papel (couché mate) y de la pasta dura de



la cubierta, así como el esmero y buen gusto en la diagramación, la hacen una obra estéticamente bella, digna de las mejores editoriales. Por tanto, además de agradecer a los autores el inmenso esfuerzo de escritura, síntesis e ilustración para quienes la utilizaremos, les felicitamos, al igual que a los encargados de las labores editoriales. ¡Ojalá tuviéramos más obras científicas como ésta en América Latina!

(Dr. Luko Hilje. Unidad de Fitoprotección, CATIE)

**HEINRICHS, E.A. ED. 1994. Biology and management of rice insects. Wiley Eastern Limited, International Rice Research Institute. 779 p.**

Los autores han plasmado sus experiencias en entomología del arroz en este libro, para dar a conocer en detalle las principales plagas insectiles que constituyen la limitante principal en la producción de arroz a nivel mundial y promover el uso del manejo integrado de plagas en el mundo.

El libro cubre exhaustivamente los fundamentos de la entomología del arroz, biología y ecología, tácticas de control y la implementación del manejo integrado de plagas. En la I Parte, se discute la importancia del arroz como cultivo alimenticio y el papel de los insectos como causa de daños. Además, se presentan claves taxonómicas detalladas para la identificación de los insectos plaga, sus parasitoides y depredadores, a nivel mundial. En la II Parte, se describe la biología, distribución, ciclo de vida, ecología y daños causados por las principales plagas del arroz y como los factores ecológicos determinan la presencia y abundancia de insectos plaga en arroz en diferentes ambientes. En la III Parte, se discute el estado de varias tácticas de control, como resistencia de plantas, control cultural, mecánico y físico, uso de depredadores, parasitoides, patógenos e insecticidas. Así mismo, se integran las tácticas de control de insectos en este cultivo y se presenta un estudio de caso. La última parte, presenta las experiencias en el desarrollo e implementación de sistemas de manejo integrado de insectos plaga del arroz en Japón y América Latina.

(Manuel Carballo. Unidad de Fitoprotección, CATIE)

## DISTINCION PROFESIONAL

Durante el 2º Congreso de la Sociedad Internacional de Malezas, celebrado del 25 al 28 de junio en Copenhagen Dinamarca, el Dr. Ramiro De la Cruz recibió una "Mención por su Contribución Sobresaliente a la Ciencias de las Malezas en Países en Desarrollo".

Este premio se otorgó en reconocimiento a su labor de más de 30 años como Profesor e Investigador, en Colombia y en los últimos años en Centroamérica. Se destacan sus aportes al estudio de la biología y ecología de *Rottboellia cochinchinensis* en el trópico, el uso de coberturas vivas como alternativa para el control de malezas, y el reporte del primer caso en de

resistencia de una maleza (*Echinochloa colona*) al herbicida propanil en América Latina.

El Dr. De la Cruz fue profesor de las Escuelas de Posgrado del ICA de Colombia, de CATIE y actualmente de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Ha publicado numerosos artículos científicos en revistas internacionales.

La Revista Manejo Integrado de Plagas desea hacer pública su complacencia por la distinción de que fue objeto el Dr. De la Cruz, colaborador de esta publicación desde sus inicios.





# MOSCA BLANCA AL DIA



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

No. 15

Junio, 1996

## NOTA EDITORIAL



Estas palabras pretenden resaltar un hecho grato, que aumenta la cobertura de **MBDía**. Se trata de su acceso por INTERNET. De hecho, lo está desde el No. 14. Para leerlo, se debe acceder el "home page" de CATIE, cuya dirección es <http://www.catie.ac.cr>, y seleccionar dentro del menú el ítem de la revista *Manejo Integrado de Plagas*. Insistimos en que ustedes, nuestros lectores, pueden multiplicar este esfuerzo, fotocopiando y distribuyendo el boletín.



## AMERICA LATINA

- Como se anunció en **MBDía No. 14**, el **V Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus** se efectuará junto con el **VI Congreso Latinoamericano de Manejo Integrado de Plagas**. El Congreso será del 30 de setiembre al 4 de octubre de 1996, en Acapulco, México; el Taller se efectuará en los dos primeros días. *La fecha límite de recepción de resúmenes es el 1º de agosto*. Con excepción de los informes nacionales y algunas charlas magistrales, las ponencias del Taller se harán mediante *carteles (afiches)*. El costo de inscripción es de \$ 100 hasta el 31 de julio, o de \$ 120 posteriormente. Su coordinador es el **M.Sc. Víctor Manuel Pinto**. Dirección: Departamento de Parasitología, UACH. Apartado postal No. 13. Chapingo, México 56230. México. Telefax 595-40692, e-mail [paragric@iserve.net.mx](mailto:paragric@iserve.net.mx)

- El 5 y 6 de junio se realizó en La Habana, Cuba, el **II Taller Nacional sobre Moscas Blancas y Geminivirus**. Fue organizado por la Comisión

Nacional de Mosca Blanca-Geminivirus. Sus propósitos generales fueron: conocer la situación nacional con el problema de moscas blancas-geminivirus; discutir avances de investigación; recomendar nuevas opciones de manejo del problema; y promover la creación de Comisiones Provinciales. Para mayor información, contactar al **Dr. Luis Vázquez Moreno**. Dirección: Calle 110 No. 514 e/5a. B y 5a. F. Miramar, Playa, Ciudad Habana. Fax 33-0535. Tels. 29-6189, 22-6788 y 22-2510.

- Actualmente se está elaborando la **Guía metodológica sobre moscas blancas y geminivirus**. Esto se acordó en el IV Taller, para tratar de lograr la uniformidad en las metodologías de investigación, muestreo y evaluación del daño, así como en el análisis y presentación de datos. El libro, editado por Luko Hilje, será cofinanciado por PRIAG y CATIE, y se espera que esté listo para el V Taller.



## HALLAZGOS

- **Atenuación de virosis mediante fertilización al suelo**. En el invernadero (CATIE, Turrialba), plántulas de tomate de mesa (var. Hayslip) de 35 días de edad, se inocularon con un geminivirus causante del mosaico amarillo del tomate. Se evaluó su respuesta a dos dosis de nitrógeno (400 y 1200 kg/ha), dos de fósforo (600 y 1800 kg/ha) y dos de potasio (300 y 900 kg/ha), en varias combinaciones. Estas se aportaron durante dos meses desde el trasplante, según la curva de absorción del cultivo. Los rendimientos variaron entre 743 y 1123,81 g/planta. Sobresalieron dos tratamientos: 400-1800-300 y 400-1800-900 (N-P-K), con 1123,81 y 1161,90 g/planta (24,7 y 25,5 t/ha, respectivamente). Fue evidente el papel del



fósforo en atenuar la severidad de la enfermedad. Este trabajo de tesis, realizado por Mario Padilla, se publicará en la revista *Manejo Integrado de Plagas*.

- **Atenuación de virosis mediante podas y fertilización foliar.** Las condiciones experimentales fueron similares a las del experimento anterior. Se evaluó el efecto de podas combinadas con fertilización foliar, para reducir la severidad del mosaico amarillo del tomate. Los tratamientos se aplicaron a los 10, 20, 30, 40 y 50 días después del trasplante (ddt). Todos redujeron la severidad de la enfermedad, aunque fuera levemente, sobresaliendo la poda y fertilización a los 20 ddt. Este trabajo de tesis, realizado por Pilar Suazo, aparecerá en la revista *Manejo Integrado de Plagas*.

- **Disminución de virosis mediante coberturas plásticas.** En Turrialba, Costa Rica, en parcelas de tomate de agricultores se validó una cobertura de plástico plateado, sobre el suelo. Se hizo a partir de los 30 días después del trasplante (ddt), con la var. Hayslip, comparada con un testigo (suelo descubierto). No se aplicó insecticida. El plástico redujo notablemente la abundancia de *B. tabaci* y la incidencia de virosis. Esta fue de 16% al final de la temporada del cultivo y el rendimiento de 22 t/ha, mientras que en el testigo dichos valores correspondieron a 100% y 11 t/ha. Los costos por hectárea (insumos y mano de obra) y los beneficios brutos fueron de \$ 657 y \$ 23321 en el plástico y de \$ 23,9 y \$ 12222 en el testigo, respectivamente. Los beneficios netos fueron \$ 10681/ha mayores en el plástico. Información más detallada puede ser solicitada a Luko Hilje.



## EL MUNDO

- En abril de 1998 se efectuará el **2nd International Symposium on Geminiviruses and their Vectors**, en Puerto Rico. Tendrá relevancia mundial. Representa la convergencia de los intereses tanto de virólogos como de entomólogos, que durante los últimos años se habían reunido separadamente para analizar problemas que son comunes. Actualmente el Comité Organizador, que tiene un buen balance de ambas disciplinas, con gran anticipación está preparando dicho evento. Los coordinadores

principales son los colegas **Peter Markham** (Inglaterra) y **Douglas Maxwell** (EE.UU.). Los otros miembros son: Henryk Czosnek (Israel), Paul De Barro (Australia), Claude Fauquet (Francia), Robert Gilbertson (EE.UU.), Sylvia Green (Taiwan), Bruno Gronenborn (Francia), Linda Hanley-Bowdoin (EE.UU.), Luko Hilje (Costa Rica), Baldwin Miranda (EE.UU.), Francisco Morales (Colombia), Rafael Rivera-Bustamante (México) y Anupam Verma (India).

- **Proyecto mundial sobre moscas blancas y geminivirus.** Como se informó en **MBDía No. 13 y 14**, se está gestando un proyecto pantropical sobre moscas blancas y geminivirus, coordinado por el CIAT (Colombia). Hay posibilidades de que, con el apoyo económico de Dinamarca, en 1997 se inicien algunos componentes del proyecto. Actualmente se está trabajando en la escritura de la propuesta. Oportunamente daremos más información.



## PUBLICACIONES

- Tras un año de ausencia, reapareció el boletín *Bemisia Newsletter* (No. 9), coeditado por Dan Gerling (Israel) y Walker Jones (EE.UU.). Contiene artículos acerca de resistencia a insecticidas y exploración de enemigos naturales. Además, sobre varias reuniones y memorias de eventos recientes.

- Recientemente apareció la última versión (No. 8) del boletín *Tomato Leaf Curl Newsletter*, coeditado por H. Laterrot (Francia) y G. Daffala (Sudán). Contiene artículos acerca de epidemias virales en Nigeria, Taiwan y Europa Occidental, así como sobre selección de germoplasma tolerante al TYLCV y la ubicación de éste dentro de la planta. Usted puede enviar artículos de interés. Para el No. 9, los artículos deben remitirse antes de diciembre de 1996.

- El Dr. Douglas Maxwell, de la Universidad de Wisconsin-Madison, ha preparado el hipertexto *Geminivirus transmitidos por mosca blanca*. Los interesados pueden accederlo a la siguiente dirección electrónica: <http://www.wisc.edu/plantpath300/>

POR FAVOR, FOTOCOPIE ESTE BOLETIN Y  
ENVIÉLO RAPIDAMENTE A TODOS LOS  
INTERESADOS QUE CONOZCA





# HOJA TECNICA



No. 17

UNIDAD DE FITOPROTECCION

Junio 1996

## IDENTIFICACION DE VIRUS FITOPATOGENOS A TRAVES DE PRUEBAS INMUNOENZIMATICAS Y MOLECULARES

Gonzalo Galileo Rivas-Platero\*

### INTRODUCCION

Los virus fitopatógenos inducen en sus hospedantes diferentes tipos de síntomas: mosaicos (áreas de color verde claro, amarillo o blanco entremezcladas con el color normal de las hojas, frutos y flores); manchas anulares (anillos cloróticos o necróticos en las hojas y en ocasiones en los tallos y frutos); disminución del tamaño (enanismos); deformaciones foliares; clorosis; etc. (Green 1984, Agrios 1986) (Fig. 1).



\*Area de Agricultura Tropical Sostenible, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica. E-mail: grivas@computo.catie.ac.cr

Fig. 1. Síntomas inducidos por virus fitopatógenos en sus hospedantes: a) Mosaico dorado del frijol. b) Mosaico amarillo del tomate. c) Mosaico del tiquisque. d) Mosaico del pepino. e) Mancha anular del papayo. (Fotos: G.G. Rivas-Platero).



Sin embargo, cuando se realiza una inspección visual basada en los síntomas se obtiene una identificación parcial. Esto se debe a que diferentes virus u otros patógenos inducen síntomas similares, o el mismo virus puede inducir diferentes síntomas dependiendo del ambiente y del genotipo del hospedante, además la ausencia de síntomas no significa que el virus no esté presente en la planta, sino que puede existir una infección latente o que el hospedante es un portador asintomático (Green 1984).

Por lo tanto, es necesario conocer algunas metodologías que faciliten la identificación de virus fitopatógenos, como las moleculares e inmuno-enzimáticas. El conocimiento y aplicación de estas técnicas permite realizar diagnósticos más confiables y establecer mejores estrategias de manejo.

### Técnicas Inmunoenzimáticas

**Pruebas ELISA.** La prueba inmunoenzimática ELISA ("Enzyme-Linked Immunosorbent Assay") está basada en la capacidad del antígeno y del anticuerpo para acoplarse a una enzima sin perder la antigenicidad o capacidad de reacción enzimática (Clark y Adams 1977). El método directo de doble anticuerpo de ELISA es una de las técnicas más sensitivas y se basa en el uso de un conjugado "anticuerpo-enzima". Si el extracto de savia contiene partículas virales, éstas son atrapadas por los anticuerpos, que han sido absorbidos previamente por las paredes de los microplatos (sensibilizado); después reaccionan con los anticuerpos conjugados. La enzima del conjugado hidroliza un sustrato específico, adicionado posteriormente; y el resultado es un producto coloreado, cuya intensidad es proporcional a la concentración del virus en la muestra. Si el virus no está presente, el orificio permanecerá incoloro (Converse y Martin 1990).

Las pruebas ELISA se utilizan con mucha frecuencia porque son muy sensibles, detectan pequeñas cantidades de antígenos y permiten el análisis simultáneo de un gran número de muestras (Voller et al. 1977). El proceso de la técnica se ilustra en la Fig. 2.

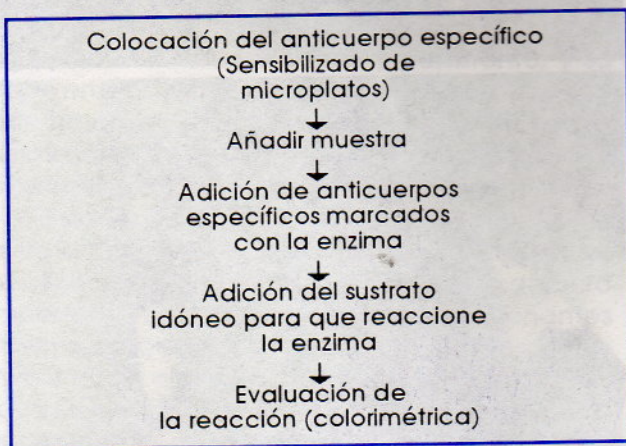


Fig. 2. Diagrama de flujo operacional de la técnica DAS-ELISA.

**Técnicas de Inmuno-Improntas.** Se basan en el mismo principio que las técnicas ELISA y surgieron para simplificar la rutina de procesamiento de muestras. Se aplican en forma directa sobre un soporte sólido (membrana de nitrocelulosa), seguidas de la hibridación con una sonda específica o el establecimiento de la reacción antígeno-anticuerpo (Powell 1987). Este tipo de pruebas requieren menos tiempo que la modalidad original en microplatos (Hammond y Rosner 1994). Un diagrama del procedimiento habitual y del resultado del diagnóstico, se ilustra en las figuras 3 y 4. Este procedimiento es muy sensible, confiable y mucho más rápido que el resto de pruebas inmunoenzimáticas (Dal Bo et al. 1995, Hurtt et al. 1996).

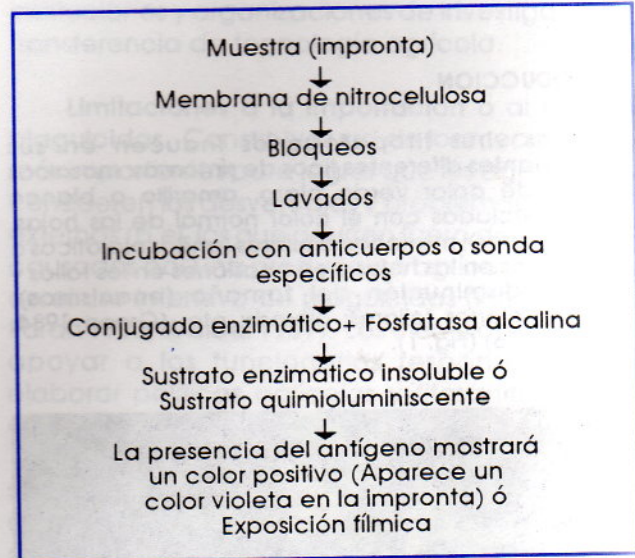


Fig. 3. Diagrama de flujo de inmuno-improntas para la detección de virus fitopatógenos.

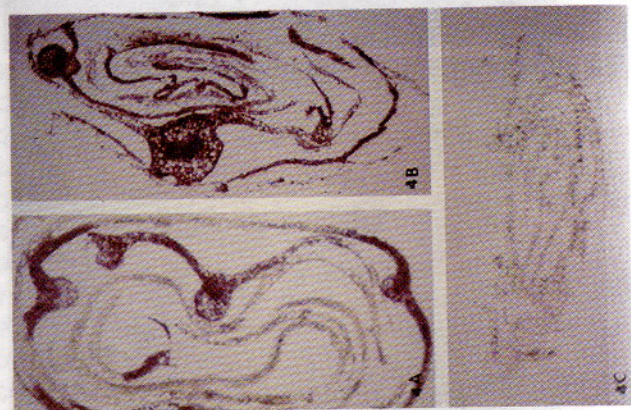


Fig. 4. Detección inmunoquímica del TSWV en improntas de hojas de *Nicotiana benthamiana*. a y b) Hojas infectadas; c) Hoja sana. (Tomado de Lin et al. 1990).



Otra modalidad de esta técnica es el macerado directo de pequeñas muestras (insectos vectores, discos de hojas, flores, etc.) sobre la membrana (Navot *et al.* 1989).

**Técnicas de amplificación del ácido nucleico viral.**

**Reacción de la polimerasa en cadena (PCR).**

Consiste en la amplificación selectiva y exponencial de una región del ácido nucleico, que se añade a la reacción. Esta amplificación es realizada por una enzima de ADN, la polimerasa termoestable, en presencia de oligonucleótidos que hibridan en dos zonas de cadenas antiparalelas del ADN, iniciando la polimerización y delimitando la reacción amplificada. La reacción se somete a un ciclo de temperaturas que favorecen la separación de cadenas de ADN, la hibridación de los iniciadores y la síntesis de nuevo ADN. Este ciclo se repite entre 30 y 40 veces, para conseguir una replicación exponencial que permite obtener una cantidad de ADN visualizable mediante electroforesis en geles teñidos con bromuro de etidio (Saiki *et al.* 1985; Erlich 1989). Esta técnica ha permitido amplificar el ADN viral del TYLCV a partir de extractos de savia y adultos de *Bemisia tabaci* virulíferos (Navot *et al.* 1992).

**Técnicas de hibridación del ácido nucleico viral.**

Se basan en la habilidad de los ácidos nucleicos para formar dúplex o híbridos. En la hibridación molecular ocurre la reasociación de dos cadenas de ácidos nucleicos complementarios; uno de los cuales lleva un nucleótido precursor, marcado radiactiva o biológicamente (Salazar y Querci 1992). El ácido nucleico de la planta, que contiene al ácido nucleico viral, se fija a un soporte sólido, y a éste se agrega la sonda que reconoce, en forma parcial o total la parte del genoma viral (Haber *et al.* 1987) (Fig. 5). El clonaje de los ácidos nucleicos virales en plásmidos bacteriales logra reproducir los genomas virales al multiplicarlos *in vitro*. A través de enzimas de restricción se extraen los ácidos nucleicos virales de las bacterias transformadas y posteriormente se marcan con isótopos radiactivos o por métodos colorimétricos o quimioluminiscentes (Salazar y Querci 1992).

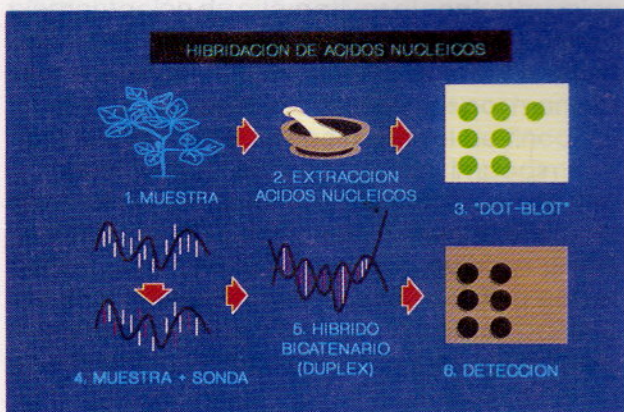


Fig. 5. Proceso de hibridación del ácido nucleico viral. (Diseño y foto: G.G.Rivas-Platero).

Debido a los problemas de manejo, alto costo y bioseguridad de los isótopos radiactivos; las sondas no radiactivas han tomado gran auge (Krelke *et al.* 1990). Este tipo de sonda utiliza la afinidad existente entre la biotina y la avidina; de tal manera que después de la hibridación ésta puede detectarse a nivel del nucleótido marcado (Salazar y Querci 1992).

Las mejoras a esta técnica, han permitido utilizar la detección quimioluminiscente, la cual se basa en el uso de sustratos quimioluminiscentes como el AMPPD (3-(2'-espiroadamantano)-4-metoxi-4-(3'' fosforiloxy) fenil-1,2 dioxietano); este tipo de compuestos se desfosforila al reaccionar con la fosfatasa alcalina y así emite luz con  $\lambda=447$  nm; la cual sensibiliza una película de diagnóstico (Bronstein *et al.* 1990; Rivas-Platero y Lastra 1993).

Las señales de hibridación se consideran positivas si al revelar una película de diagnóstico, aparece una mancha, que indica la detección del duplex, en la alícuota de ADN viral en estudio (Fig. 6). El proceso descrito ha permitido el diagnóstico de geminivirus en tomate y plantas silvestres (Rivas Platero *et al.* 1995 a y b).

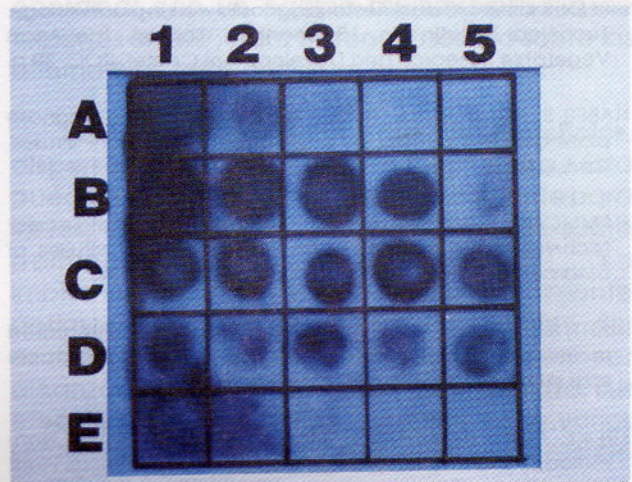


Fig. 6. Reacción de hibridación de geminivirus en tomate con la sonda CdTV-A. (Foto: G.G. Rivas-Platero).

En virología vegetal, la calidad y utilidad de cualquier herramienta de diagnóstico depende de la rapidez, exactitud y sensibilidad del procedimiento utilizado. Las técnicas descritas son altamente confiables y poseen gran potencial como complemento al diagnóstico rutinario de patógenos; sin embargo, su aplicación depende de equipos y laboratorios adecuados, disponibilidad de reactivos y personal altamente calificado, en el desarrollo de dichas herramientas.



## BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G.N. 1986. Fitopatología. México, Limusa. 756 p.
- BROSNTAIN, I.; VOYTA, J.C.; EDWARDS, B. 1990. A comparison of chemiluminiscent and colorimetric substrates in a Hepatitis B virus DNA hybridization assay. *Analytical Biochemistry* 180:93-98.
- CLARK, M.F.; ADAMS, A.N. 1977. Characteristics of microplate methods of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J.Gen.Virol.* 34:475-483.
- CONVERSE, R.H.; MARTIN, R.R. 1990. ELISA methods for plant viruses. In *Serological methods for detection and identification of viral and bacterial plant pathogens. A laboratory manual.* R. Hampton, E. Ball and S. DeBoer (eds.) Minn. USA, APS Press. p. 179-196.
- ERLICH, H.A. (ed.) 1989. PCR technology: Principles and Applications for DNA amplification. New York, Stockton Press. 246 p.
- GREEN, S.K. 1984. Guidelines for diagnostic work in plant virology. Technical Bulletin No. 15. Shanhua, Taiwan. The Asian Vegetable Research and Development Center. ROC. 39 p.
- HABER, S.; POLSTON, J.E.; BIRD, J. 1987. Use of DNA to diagnose plant diseases caused by single-strand DNA plant viruses. *Can. J. Plant Pathol.* 9:156-161.
- HAMMOND, J.; ROSNER, A. 1994. The application of molecular techniques for the detection and control of viruses of ornamental plants. *Acta Horticulturae* 337:223-239.
- HURTT, S.S.; PODLECKIS, E.V.; HOWELL, W.E. 1996. Integrated molecular and biological assays for rapid detection of apple scar skin viroid in pear. *Plant Disease* 80:458-462.
- KREIKE, C.M.; de KONING, J.R.A.; KRENS, F.A. 1990. Non-radioactive detection of single-copy DNA-DNA hybrids. *Plant Molecular Biology Reporter* 8(3):172-179.
- LIN, N.S.; HSU, Y.; HSU, H.T. 1990. Immunological detection of plant viruses and a mycoplasma like organism by direct tissue blotting on nitrocellulose membranes. *Phytopathology* 80:824-828.
- NAVOT, N.; BER, R.; CZOSNEK, H. 1989. Rapid detection of tomato yellow leaf curl virus in squashes of plants and insect vectors. *Phytopathology* 79:562-568.
- NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; PICHERSKY, E.; ZAMIR, D.; CZOSNEK, H. 1992. Use of the polymerase chain reaction to amplify tomato yellow leaf curl virus DNA from infected plants and viruliferous whiteflies. *Phytopathology* 82:1199-1202.
- POWELL, 1987. Detection of three plant viruses by dot-immunobinding assay. *Phytopathology* 77:306-309.
- RIVAS PLATERO, G.G.; LASTRA, R. 1993. Detección no radiactiva de geminivirus en tomate mediante hibridación de ácidos nucleicos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 30:7-10.
- RIVAS PLATERO, G.G.; RAMIREZ, P.; CUBILLO, D.; HILJE, L. 1995a. Traslocación y cuantificación del ADN viral de geminivirus asociados con el mosaico amarillo del tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 38:20-24.
- RIVAS PLATERO, G.G.; RAMIREZ, P.; CUBILLO, D.; HILJE, L. 1995b. 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.
- SAIKI, R.K.; SCHARF, S.J.; FALOONA, F.; MULLIS, K.B.; HORN, G.T.; ERLICH, H.A.; ARNHEIM, N. 1985. Enzymatic amplification of  $\beta$ -globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. *Science* 230:1350-1354.
- SALAZAR, L.F.; QUERCI, M. 1992. Detection of viroids and viruses by nucleic acid probes. In J.M. Duncan and L. Torrance (eds.) *Techniques for the rapid detection of plant pathogens*, Cambridge, Blackwell. p. 129-144.
- VOLLER, A.; BARTLETT, A.; BIDWELL, D.E.; CLARK, M.F.; ADAMS, A.N. 1976. The detection of viruses by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *J.Gen. Virol.* 33:165-167.



# CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE)

## PROGRAMA DE ENSEÑANZA (EDEC0) ÁREA DE CAPACITACION

### CURSOS ESPECIALES Y ESTRATEGICOS AÑO 1996

#### SISTEMAS AGROFORESTALES Y CUENCAS HIDROGRAFICAS

Rehabilitación de Cuencas Hidrográficas	(J.Faustino)	17-28 junio
Sistemas de Información Geográfica	(S.Velásquez)	1- 19 julio
Desarrollo de Sistemas Agroforestales	(D.Kass)	1 julio - 20 setiembre

#### CULTIVOS TROPICALES

Biología Molecular y sus Aplicaciones en la Conservación de Germoplasma	(J.Vincent E.)	22 abril- 3 mayo
Recursos Genéticos y su Utilización	(J.Morera)	30 set - 11 oct
Cultivos Seguridad Alimentaria	(M.Alvarez)	14 - 25 octubre

#### FITOPROTECCION

Control Biológico de Plagas	(M.Carballo)	22 julio - 2 agosto
Estados Inmaduros de Insectos	(D.Coto)	4-20 noviembre

#### MANEJO SILVICULTURA Y BOSQUES

Silvicultura y Manejo de Bosques	(J.Zamora)	12 febrero -22 marzo
Planificación de Estrategias para la Extensión Forestal	(C.Rivas)	16-27 setiembre

#### MANEJO Y CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

Áreas Protegidas	(J.Villa)	15 abril - 17 mayo
------------------	-----------	--------------------

#### ECONOMIA DE LA PRODUCCION Y CONSERVACION

Formulación y Evaluación de Proyectos	(J.Aguirre)	10 - 21 junio
Análisis de Impacto Ambiental	(S.Schultz)	2 - 13 setiembre
Mujer y Desarrollo	(C.Fassaert)	7 oct. - 29 noviembre
Forestería Comunitaria	(J.Karremans)	23 set. - 4 octubre
Gerencia Ambiental	(J.Aguirre)	18 - 29 noviembre

#### INFORMATICA Y COMUNICACIONES

Formación Base de Datos	(A.M.Arias)	20 - 29 mayo
Análisis Estadístico en Agricultura con Software SAS (1)	(P.Ferreira)	3 - 7 junio
Análisis Estadístico en Agricultura con Software SAS (2)	(P.Ferreira)	10-14 junio
Simulación y Sistemas de Expertos en la Agricultura	(J.Arze)	5-16 agosto

#### CURSOS ESPECIALES

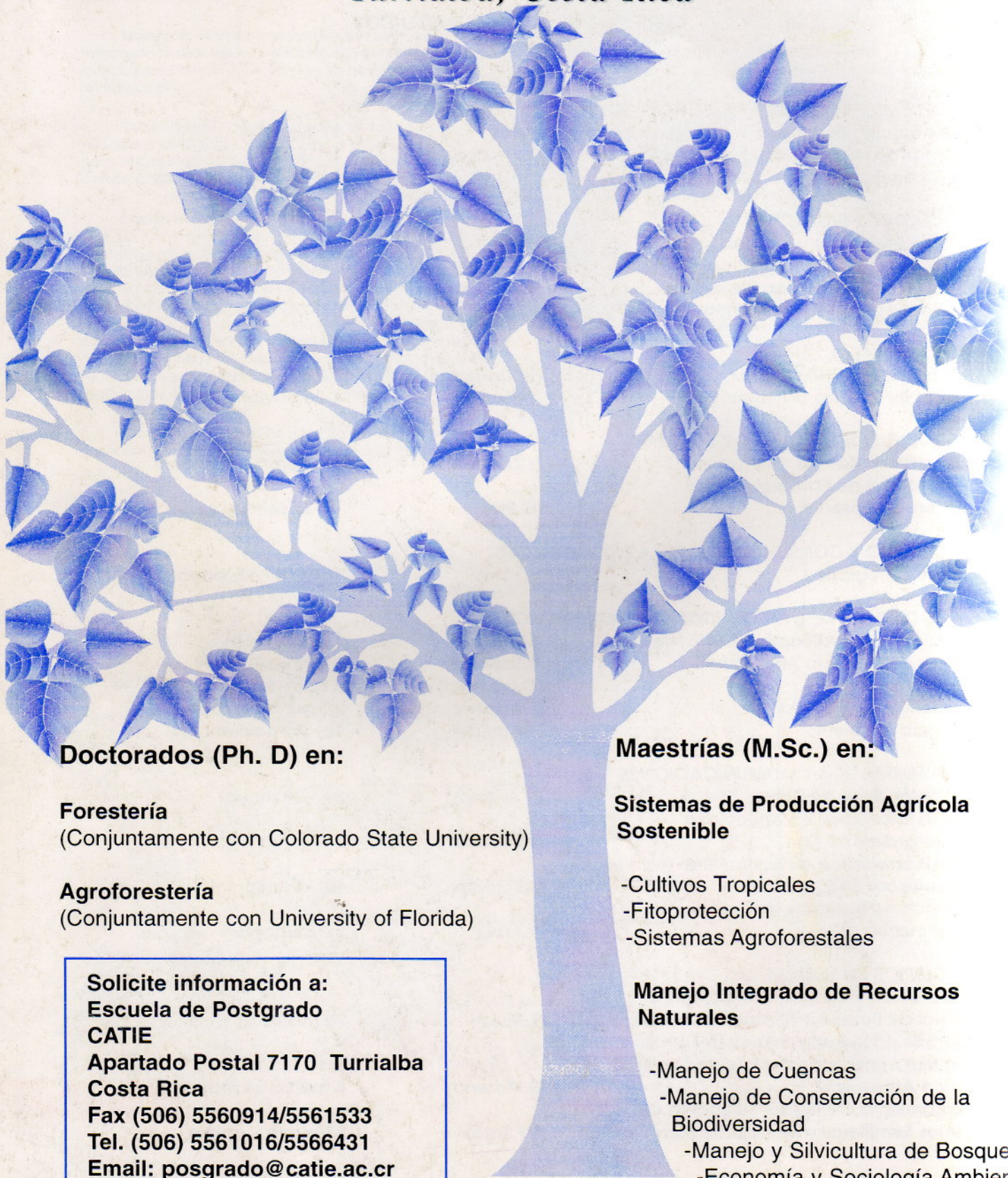
Planificación y Gestión Uso Múltiple e Integral de Recursos Forestales Tropicales	(E.Mies)	25 marzo-26 abril
Posgrado en Investigación y Desarrollo para Uso Agrícola Sostenible de Tierras Trópico Americano	(R.Moreno)	4 marzo-24 mayo
Mejoramiento Genético, Selección de Fuentes Semilleras y Manejo de Semillas	(L.F.Jara)	27 mayo - 4 junio



# CATIE

## ESCUELA DE POSTGRADO

*Turrialba, Costa Rica*



### **Doctorados (Ph. D) en:**

#### **Forestería**

(Conjuntamente con Colorado State University)

#### **Agroforestería**

(Conjuntamente con University of Florida)

#### **Solicite información a:**

**Escuela de Postgrado  
CATIE**

**Apartado Postal 7170 Turrialba  
Costa Rica**

**Fax (506) 5560914/5561533**

**Tel. (506) 5561016/5566431**

**Email: [posgrado@catie.ac.cr](mailto:posgrado@catie.ac.cr)**

### **Maestrías (M.Sc.) en:**

#### **Sistemas de Producción Agrícola Sostenible**

- Cultivos Tropicales
- Fitoprotección
- Sistemas Agroforestales

#### **Manejo Integrado de Recursos Naturales**

- Manejo de Cuencas
- Manejo de Conservación de la Biodiversidad
- Manejo y Silvicultura de Bosques
- Economía y Sociología Ambiental