

ISSN 1016-0469

Manejo Integrado de Plagas

No. 45

Setiembre 1997



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de postgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana, República de Panamá, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA CATIE

DIRECTOR GENERAL

Rubén Guevara Moncada

SUBDIRECTOR GENERAL

Rómulo Olivo

PLANIFICACION ESTRATEGICA Y COOPERACION EXTERNA

Pedro Ferreira

PROGRAMA DE INVESTIGACION Y PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO

Markku Kanninen

PROGRAMA DE PROYECCION EXTERNA

Gerardo E. Häbich

COMITE EDITORIAL OPERATIVO

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

GRUPO ASESOR DE REVISION:

CATIE

Duglas Cubillo
Luko Hilje
Luis Fernando Jara
Arnoldo Merayo
Vera Sánchez
Joseph Saunders

CENICAFE

Alex Bustillo

COLEGIO DE POSGRADUADOS

Cesáreo Rodríguez

DOW ELANCO

Enrique Rojas

EARTH

Ramiro de la Cruz

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Ana Tapia

Dirección: Elkin Bustamante

Edición: Laura Rodríguez

Diseño Gráfico y Textos: Yorlene Pérez y Guiselle Brenes

Foto: Hombre grande (*Quassia amara*), arbusto tropical cuya madera contiene sustancias insecticidas.
(Tomada por: Proyecto Olafo, CATIE).

Manejo Integrado de Plagas

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

No.45

Setiembre 1997

CONTENIDO

	Pág.
INFORMES DE INVESTIGACION	
Efecto de sustratos sobre crecimiento y supervivencia de bacterias antagonistas a <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Carlos Ruiz Silvera, Elkin Bustamante, Franklin Jiménez, Joseph L. Saunders, Shichi Okumoto, Roberto González	1-8
Sustratos y bacterias antagonistas para el manejo de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en banano Carlos Ruiz Silvera, Elkin Bustamante, Franklin Jiménez, Joseph L. Saunders, Shichi Okumoto, Roberto González	9-17
Efecto del tiempo y la profundidad en el suelo sobre la persistencia de la semilla de <i>Echinochloa colona</i> Lilliana Chaves, Bernal E. Valverde, Israel Garita	18-24
Mortalidad de adultos de <i>Bemisia tabaci</i> con extractos de hombre grande (<i>Quassia amara</i>) Douglas Cubillo, Guido Sanabria, Luko Hilje	25-29
Efecto larvicida de extractos acuosos vegetales sobre <i>Aedes aegypti</i> María del Carmen Sánchez, Nubia González, Eutimio González	30-33
ENSAYOS	
Experiencias y perspectivas del manejo de plagas forestales en Costa Rica Marcela Arguedas Gamboa, Luis Quirós Rodríguez	34-42
HOJA TECNICA	
Manejo ecológico de la broca del cafeto en América Central Falguni Guharay, Julio Monterrey	i-viii
SECCION INFORMATIVA	
Reseñas de Publicaciones	43
Tesis Postgrado CATIE	46
Futuros Eventos.....	47
Mosca Blanca al Día	48

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



EFFECTO DE SUSTRATOS SOBRE CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE BACTERIAS ANTAGONISTAS A *Mycosphaerella fijiensis**

Carlos Ruiz-Silvera** Joseph L. Saunders***
Elkin Bustamante*** Shuichi Okumoto*****
Franklin Jiménez**** Roberto González*****

RESUMEN

Se evaluó el efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento y la supervivencia de organismos antagonistas a *M. fijiensis*. La investigación se efectuó en laboratorio y casa de mallas. Se probaron los sustratos leche, abono foliar, melaza y almidón de yuca. En condiciones de laboratorio, el extracto de hoja de banano fue el mejor sustrato para el crecimiento de *S. marcescens* R1 y *S. entomophila* A100. La leche y la melaza mostraron un efecto positivo general para el crecimiento de los antagonistas a *M. fijiensis*. En las pruebas realizadas en casa de mallas, la leche y la melaza mostraron los mejores resultados con respecto a la supervivencia de *S. marcescens* R1.

Palabras claves: *Mycosphaerella fijiensis*; Control biológico; Bacterias antagonistas; Sustratos.

SUBSTRATES EFFECT ON GROWTH AND SURVIVAL OF *Mycosphaerella fijiensis* ANTAGONIST BACTERIA

ABSTRACT

Research was conducted to determine the effect of different substrates on *M. fijiensis* antagonist organisms' growth and survival. This study was undertaken under laboratory and screenhouse conditions. Substrates tested were milk, leaf fertilizer, molasses and cassava starch. In laboratory tests, leaf banana extract was the best substrate for *S. marcescens* R1 and *S. entomophila* A100 growth. Milk and molasses also showed positive effects on antagonist bacteria growth. In screenhouse tests, milk and molasses showed the best survival tendency compared to *Serratia marcescens* R1.

Key words: *Mycosphaerella fijiensis*, Biological control, Antagonist bacteria, Substrates.

INTRODUCCION

En Costa Rica, el número de aplicaciones de fungicidas para el control de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* en banano, se han venido incrementando desde 1990 (CORBANA 1993); acelerando el deterioro ambiental y agravando la situación económica de los productores. La introducción de prácticas de control biológico, como parte de un programa de manejo de *M. fijiensis*, constituye una alternativa para reducir el impacto del control basado en la aplicación de productos químicos (Jacobsen y Backman 1993).

Recibido: 16/01/97. Aprobado: 23/09/97.

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

**Fundación para la Investigación Agrícola DANAC, San Felipe, Venezuela.

***Área de Fitoprotección, CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica.

****Facultad de Microbiología, UCR, San José, Costa Rica.

*****Proyecto UCR-JOCV, Est. Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica.

*****Consultor, Turrialba, Costa Rica.

González *et al.* (1996a y 1996b) obtuvo resultados promisorios en evaluaciones del potencial de microorganismos para el control de la sigatoka negra en condiciones de campo. Sin embargo, una de las limitaciones en la aplicación de microorganismos para el control de patógenos foliares, es su baja efectividad causada por exposición a las condiciones ambientales (Spurr y Knudsen 1985).

La capacidad competitiva de los microorganismos, la habilidad de multiplicación y de persistencia en la superficie foliar, pueden ser mejoradas con el manejo de las condiciones nutricionales (Blakeman y Fokkema 1982). Los sustratos aplicados al follaje de las plantas son una alternativa para favorecer el crecimiento de los organismos antagonistas y garantizar su acción sobre el patógeno. Además, disminuyen los riesgos potenciales asociados a la aplicación masiva de controladores biológicos en los campos.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento y la supervivencia de bacterias antagonistas a *M. fijiensis*.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se efectuó en el laboratorio y casa de mallas del Area de Fitoprotección del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Turrialba está situada a 602 msnm, latitud 9°55'21" N y longitud 83°39'40", con temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual de 21,7°C, 2065 mm y 87%, respectivamente.

Las cepas evaluadas fueron *Serratia marcescens* R1, *S. entomophila* A100, y *Bacillus cereus* A30, identificadas como organismos quitinolíticos y seleccionados por su buena actividad antagonista (*in vitro* e *in vivo*) a *M. fijiensis* (González *et al.* 1996a; González *et al.* 1996b). Se evaluaron los sustratos leche íntegra y descremada, melaza de caña, almidón de yuca (obtenidos de fuentes comerciales) y abono foliar a base de aminoácidos (composición p/v: 48,4% de aminoácidos libres y 42,1% de materia orgánica). La leche y el abono fueron utilizados como fuentes básicas de nitrógeno (aminoácidos y proteínas); la melaza y el almidón como fuentes básicas de carbono (carbohidratos).

Efecto de los sustratos sobre el crecimiento de los antagonistas. Se evaluaron suspensiones de las cepas R1, A30 y A100, en mezcla con los sustratos agua destilada estéril (ADE) como testigo, extracto de superficie de hojas de banano (extracto de hoja), leche, abono foliar (48,8% de aminoácidos libres y 42,1 de materia orgánica), melaza, almidón, leche+melaza, leche+almidón, abono+melaza, y abono+almidón. El extracto de hoja se obtuvo agitando 10 g de tejido foliar en 100 ml de solución buffer (pH 7) con Tween 80 (0,1%) para desprender los exudados foliares. La leche y el abono se utilizaron a una concentración de 40 mg de aminoácidos o proteínas/l, y la melaza y el almidón a 60 mg de carbohidratos/l (Ruiz 1995).

Los sustratos esterilizados, con pH ajustado (7-8), se mezclaron en dosis de 9 ml/ml de suspensión bacteriana, para obtener una concentración inicial de 10^2 ufc de la cepa/ml de sustrato. Las mezclas se incubaron a 28°C durante 24 horas y posteriormente se efectuaron diluciones decimales hasta 10^4 . Los microorganismos se

colocaron en cajas de petri con medio agar agua (AA). Se determinó el número de ufc a las 48 horas para R1 y a las 72 horas para A30 y A100.

Se realizó un análisis de varianza de los valores originales; se compararon los sustratos con el testigo de ADE por medio de la prueba de Dunnett. También se efectuó una prueba de contrastes para conocer el efecto de los sustratos. Antes de realizar los análisis, se transformaron los valores como $\ln(\text{ufc} + 0,5)$ con el objetivo de reducir la heterogeneidad de la varianza, después de efectuadas las pruebas de normalidad y homogeneidad (Steel y Torrie 1985).

Efecto sobre la habilidad quitinolítica de *S. marcescens* R1. Se evaluaron los mismos tratamientos que en la prueba anterior, incluyendo quitina coloidal al 0,2% (p/v) como testigo.

Las mezclas sustrato+bacteria, en una concentración de 10^5 ufc de R1/ml de sustrato se prepararon siguiendo la misma metodología descrita para la prueba anterior. Los tratamientos se sembraron en cuadros de 2,5 cm de lado, en cajas de petri (150 x 20 mm) con medio agar quitina (AQ). Se efectuaron cuatro repeticiones por tratamiento, cada caja de petri constituyó una repetición. Las variables evaluadas fueron la presencia o ausencia de un halo transparente alrededor de la colonia, a las 48 horas de incubación en el medio, y la longitud del halo a las 96 horas. Para determinar la longitud del halo (mm), se efectuaron 4 mediciones al azar desde el borde de la colonia hasta la prolongación del halo sobre el medio; se promedió un valor por tratamiento. Se efectuó un análisis de varianza para la variable longitud del halo y la prueba de Dunnett para comparar los sustratos con el control a base de quitina (testigo).

Efecto de los sustratos en la supervivencia de *S. marcescens* R1 en plantas de banano en casa de mallas. En esta prueba se utilizaron plantas de banano de la variedad Gran Enano, de 5 meses de edad, sembradas en macetas plásticas Polyplast No. 600 de 5 kg. Durante la prueba se registró la temperatura y humedad relativa, tanto en condiciones de casa de mallas como de campo, a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas. La cepa *S. marcescens* R1 fue evaluada como indicador del efecto de los sustratos leche, melaza y leche+melaza (al 1,0% en solución) y quitina coloidal al 4,5% (p/v), aplicados solos y en combinación con la bacteria.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones (tiempos de muestreo) y dos plantas por repetición.

Las plantas se asperjaron con la bacteria a 10^7 - 10^8 ufc/ml en una solución de caldo nutritivo+dextrosa+quitina (0,4% de caldo nutritivo DIFCO; 2,3% de quitina coloidal y 0,2% de dextrosa DIFCO). Siete días después se aplicaron los sustratos. La recuperación bacteriana se hizo mediante la técnica de lavado de hojas y dilución en cajas de petri con medio agar quitina (AQ).

La variable evaluada fue el número de ufc de la cepa/cm² de hoja, a los 10 y 15 días después de la inoculación de la bacteria (3 y 7 días después de la aplicación de los sustratos, respectivamente). El conteo de colonias se efectuó a las 48 horas de incubación en el medio. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza para cada muestreo, transformando los valores obtenidos como $\ln(\text{ufc} + 0,5)$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de los sustratos sobre el crecimiento de bacterias antagonistas. El extracto de hoja mostró el mayor efecto en la multiplicación *in vitro* de R1 y A100, pero no así para A30 (Fig 1). Este sustrato presentó diferencias significativas con respecto al testigo (determinadas mediante la prueba de Dunnet), con las cepas R1 y A100 (Cuadro 1). Los sustratos leche, melaza, leche+melaza y leche+almidón presentaron efecto positivo para las tres cepas, mostrando diferencias significativas con el testigo.

Los contrastes ortogonales (Cuadro 2) mostraron diferencias significativas entre los tratamiento leche sola y en mezcla, para *S. entomophila* A100. También se encontraron diferencias significativas entre leche y abono, y entre melaza y almidón, para los tres microorganismos.

La comparación, por contraste, entre el grupo de sustratos fuentes de nitrógeno y las fuentes de carbono no mostró diferencias significativas.

El extracto de hoja fue el mejor sustrato, para el crecimiento de las cepas de *Serratia* (R1 y A100), seguido de los extractos leche y melaza. Estos además fueron mejores para el crecimiento de A30. La diferencia de respuesta del extracto de la filósfera, puede asociarse con la presencia

en los exudados, de factores limitantes del crecimiento de *B.cereus* A30, los cuales no fueron eliminados con la esterilización. Además, A30 mostró una respuesta menor que otras cepas, lo que obedeció posiblemente, a mayores requerimientos energéticos para la formación de endosporas. Sin embargo, Miranda (1996) en pruebas de inoculación endofítica de microorganismos en plantas de banano, detectó mayores poblaciones de *B. cereus* A30 que de *S. marcescens* R1, lo que evidencia que existen diferencias en la estrategia de supervivencia de los microorganismos en las regiones epífita y endófito de la planta.

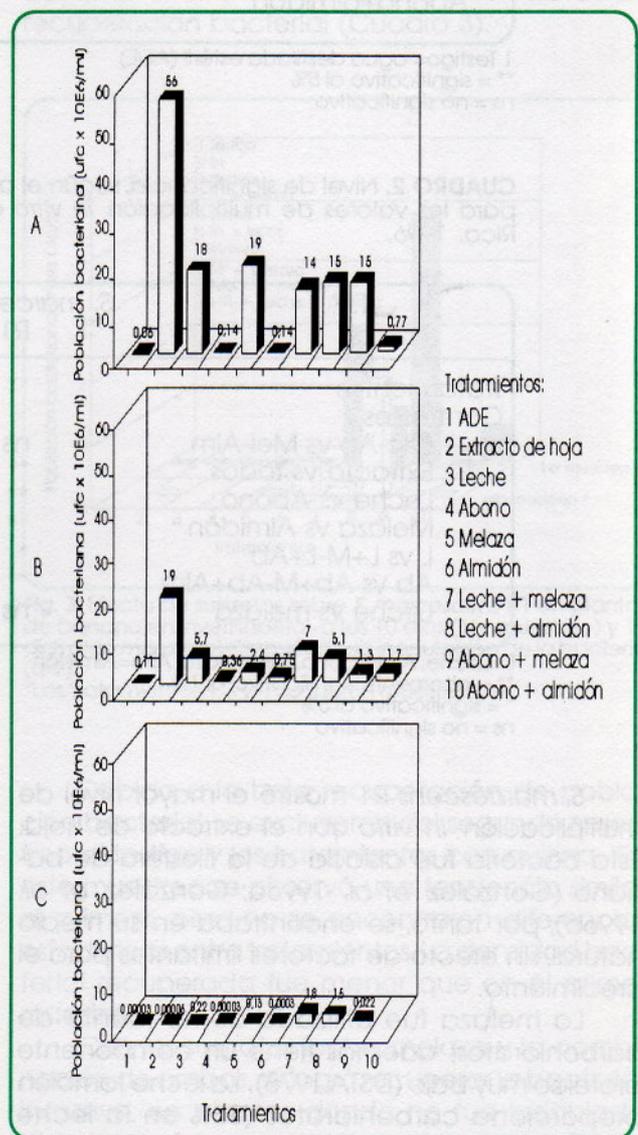


Fig. 1. Efecto de diferentes sustratos sobre la multiplicación *in vitro* de: A) *S. marcescens* R1, B) *S. entomophila* A100, y C) *B. cereus* A30.

CUADRO 1. Grado de significancia, según la prueba de Dunnett, para los sustratos utilizados en la multiplicación *in vitro* de las bacterias antagonistas, Turrialba, Costa Rica, 1996.

Tratamiento	Significancia de la diferencia con relación al testigo ¹		
	<i>S. marcescens</i> R1	<i>S. entomophila</i> A100	<i>B. cereus</i> A30
Extracto de hoja	**	**	ns
Leche	**	**	**
Abono foliar	**	**	ns
Melaza	**	**	**
Almidón de yuca	**	**	**
Leche+melaza	**	**	**
Leche+almidón	**	**	**
Abono+melaza	**	**	**
Abono+almidón	**	**	ns

¹ Testigo= agua destilada estéril (ADE)

** = significativo al 5%

ns = no significativo

CUADRO 2. Nivel de significancia, según el análisis de varianza y de contrastes ortogonales, para los valores de multiplicación *in vitro* de las bacterias antagonistas, Turrialba, Costa Rica, 1996.

F.V.	<i>S. marcescens</i> R1	<i>S. entomophila</i> A100	<i>B. cereus</i> A30
Tratamientos	**	**	**
Contrastes			
Lec-Ab vs Mel-Alm	ns	ns	ns
Extracto vs todos	**	**	**
Leche vs Abono	**	**	**
Melaza vs Almidón	**	**	**
L vs L+M-L+Ab	*	ns	**
Ab vs Ab+M-Ab+Alm	**	**	**
Leche vs melaza	ns	**	ns

L=Leche, Ab=Abono, M=Melaza, Alm=Almidón

** = altamente significativo, al 1%

* = significativo al 5%

ns = no significativo

S. marcescens R1 mostró el mayor nivel de multiplicación *in vitro* con el extracto de hoja. Esta bacteria fue aislada de la filosfera de banana (González *et al.* 1996a; González *et al.* 1996b), por tanto, se encontraba en su medio natural, sin efecto de factores limitantes para el crecimiento.

La melaza fue utilizada como fuente de carbohidratos; además tiene un componente proteico muy bajo (DSTA 1978). La leche también proporciona carbohidratos (38% en la leche íntegra y 5,4% en la descremada), lo cual sugiere que estos compuestos proporcionaron los factores nutricionales necesarios para el crecimiento

bacterial. Estos resultados demuestran la importancia de seleccionar sustratos con alto contenido de carbohidratos, lo que coincide con lo documentado sobre la composición de los exudados foliares que poseen mayor proporción de carbohidratos que aminoácidos (Chet *et al.* 1973, Morris y Rouse 1985).

La respuesta casi nula de las bacterias al abono foliar, podría deberse al bajo aporte de carbohidratos o a la presencia en el producto, de algún agente antimicrobiano no eliminado durante el proceso de esterilización. Esta consideración requiere más investigación para determinar si éstos nuevos productos tienen efecto

negativo sobre la microflora epífita de los cultivos donde se apliquen.

Efecto de los sustratos sobre la habilidad quitinolítica de los antagonistas. Cuarenta y ocho horas después de la incubación se formó un halo transparente alrededor de todas las colonias. Se determinaron pequeñas diferencias promedio entre tratamientos con respecto a la longitud del halo. La quitina y el extracto de hoja de banano presentaron los mayores valores (Fig 2). Mediante la prueba de Dunnett se detectaron diferencias significativas entre el testigo y los sustratos almidón y abono foliar en mezcla con almidón o melaza (Cuadro 3).

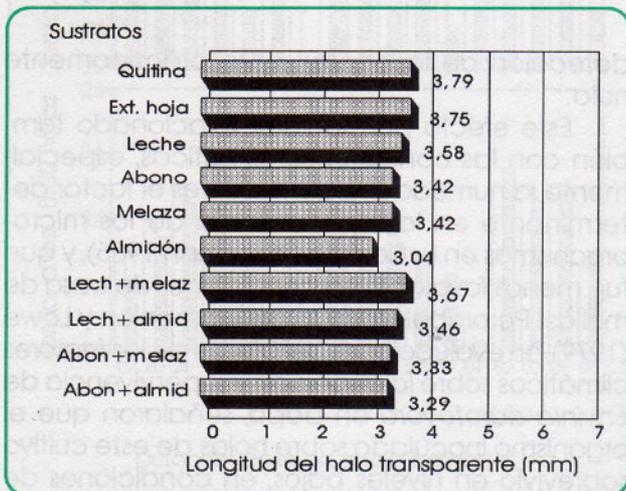


Fig. 2. Efecto de diferentes sustratos sobre la habilidad quitinolítica *in vitro* de *S. marcescens* R1 MIP-CATIE, a los cuatro días de cultivo en medio agar quitina (AQ).

Uno de los mecanismos involucrados en la actividad antagonista de las bacterias R1, A30 y A100 a *M. fijiensis*, es la producción de quitinasas que provocan lisis de las paredes celulares del hongo, compuestas en mayor proporción de quitina y β -1,3 glucano (Griffin 1994). Por lo tanto, el manejo de estos microorganismos con fines de control biológico, debe garantizar la persistencia de esta habilidad en el tiempo. Esta prueba se basó en la existencia de una relación entre el diámetro de la zona transparente (halo) observada en el medio de cultivo y la actividad de las quitinasas (Reid y Ogrydziak 1981), lo cual puede ser utilizado para detectar cambios en la actividad enzimática del microorganismo.

Se consideró que los sustratos que no mostraron diferencias estadísticas con el testigo (leche, melaza, leche+melaza), no afectaron la habilidad quitinolítica *in vitro* de *S. marcescens* R1.

Efecto de los sustratos en la supervivencia de *S. marcescens* R1 en casa de mallas. En el primer muestreo, con los tratamientos leche, melaza y la mezcla de ambos se detectó población bacteriana. Con los otros tratamientos en los cuales se inoculó la bacteria, la población bajó a niveles no detectables por las técnicas usadas (Fig. 3). No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual puede atribuirse a la alta variabilidad en los valores de recuperación bacteriana (Cuadro 3).

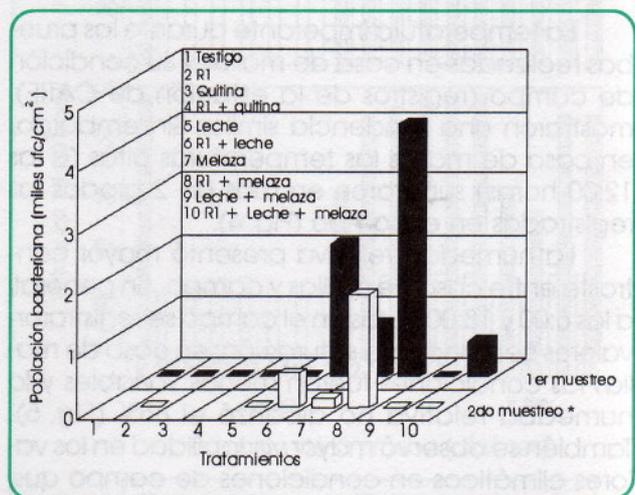


Fig. 3. Efecto de sustratos sobre *S. marcescens* R1 en plantas de banano en invernadero, a los 10 días (1er muestreo) y 15 días (2do muestreo) después de la inoculación de la bacteria (ddi).

*Los tratamientos 1,3 y 4 no fueron muestreados.

Debido a la baja recuperación de población bacteriana, se excluyeron del segundo muestreo el testigo y los tratamientos con quitina. En este muestreo se observó una tendencia similar al primero, pero no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. La densidad bacteriana recuperada fue menor que en el primer muestreo.

Con los sustratos leche, melaza y la combinación de ambos, se logró recuperar la bacteria, inclusive, en plantas donde no fue inoculada directamente.

CUADRO 3. Valores promedio y desviación estándar de la densidad bacterial de *S. marcescens* R1 recuperada de plantas de banano en casa de mallas, Turrialba, Costa Rica, 1996.

Tratamiento	1er muestreo		2do muestreo	
	Promedio	Desv. est.	Promedio	Desv. est.
Testigo	0	0	—	—
R1	0	0	0	0
Quitina	0	0	—	—
Quitina+R1	0	0	—	—
Leche	0	0	0,11	0,19
Leche+R1	17	29,45	4,33	7,51
Melaza	6,67	6,65	1,11	1,19
Melaza+R1	32,23	27,96	13,44	22,99
Leche+melaza	0,11	0,19	0	0
Leche+melaza+R1	4,67	8,08	0	0

La temperatura imperante durante las pruebas realizadas en casa de mallas y su condición de campo (registros de la estación de CATIE), mostraron una tendencia similar. Sin embargo, en casa de mallas las temperaturas altas (a las 12:00 horas) superaron en más de 2 grados las registradas en el campo (Fig. 4).

La humedad relativa presentó mayor contraste entre casa de mallas y campo. En general, a las 6:00 y 18:00 horas en el campo se registraron valores cercanos a la saturación; en casa de mallas las condiciones fueron menos variables y la humedad relativa no alcanzó el 85% (Fig. 5). También se observó mayor variabilidad en los valores climáticos en condiciones de campo que en casa de mallas.

A pesar de la heterogeneidad en los valores obtenidos, que indica un comportamiento errático de la bacteria bajo estas condiciones, la tendencia mostrada por los sustratos leche y melaza revela que existieron factores limitantes del crecimiento bacteriano en las plantas, que fueron superados parcialmente con la aplicación de los sustratos mencionados. Esta hipótesis surge porque en los otros tratamientos donde se inoculó la bacteria directamente, no se detectó el organismo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en pruebas anteriores con plantas de banano, realizadas en condiciones de invernadero y campo (Bustamante, González, Ruiz y Gamboa, sin publicar), en las cuales se detectó la bacteria a los 7 y 15 días después de la inoculación de las plantas con la cepa R1 en condiciones de campo. En condiciones de invernadero la

detección de la bacteria fue prácticamente nula.

Este efecto puede estar relacionado también con las condiciones climáticas, especialmente la humedad relativa, que es el factor determinante en la supervivencia de los microorganismos en la filosfera (Blakeman 1985), y que fue menos favorable en condiciones de casa de mallas. Perombelon (1978) y Perombelon y Lowe (1979), en evaluaciones del efecto de los factores climáticos sobre la dispersión y supervivencia de *Erwinia carotovora* en papa, señalaron que el organismo inoculado sobre hojas de este cultivo sobrevivió en niveles bajos, en condiciones de 10 a 20°C con 80% de humedad relativa, siendo indetectable a los 3 días. Por el contrario, en condiciones de temperatura similares y humedad relativa del 100% se detectaron niveles altos de la bacteria, hasta 10 días después de la inoculación.

Graham (1995), en investigaciones sobre el efecto de la humectación de la hoja y la sombra sobre la supervivencia de *Xanthomonas campestris* pv. *citrumelo* (Xcc) en hojas de cítricos, determinó que el riego prolongó la supervivencia de la bacteria. En plantas expuestas durante algunas horas a intensa radiación y sin riego, la población de Xcc bajó a niveles no detectables. La rehumectación de las hojas permitió recuperar la población bacteriana. En esta investigación, el riego de las plantas se dirigió al suelo de la maceta para limitar la diseminación de la bacteria. Esto posiblemente afectó la población inoculada debido a la baja humectación del follaje.

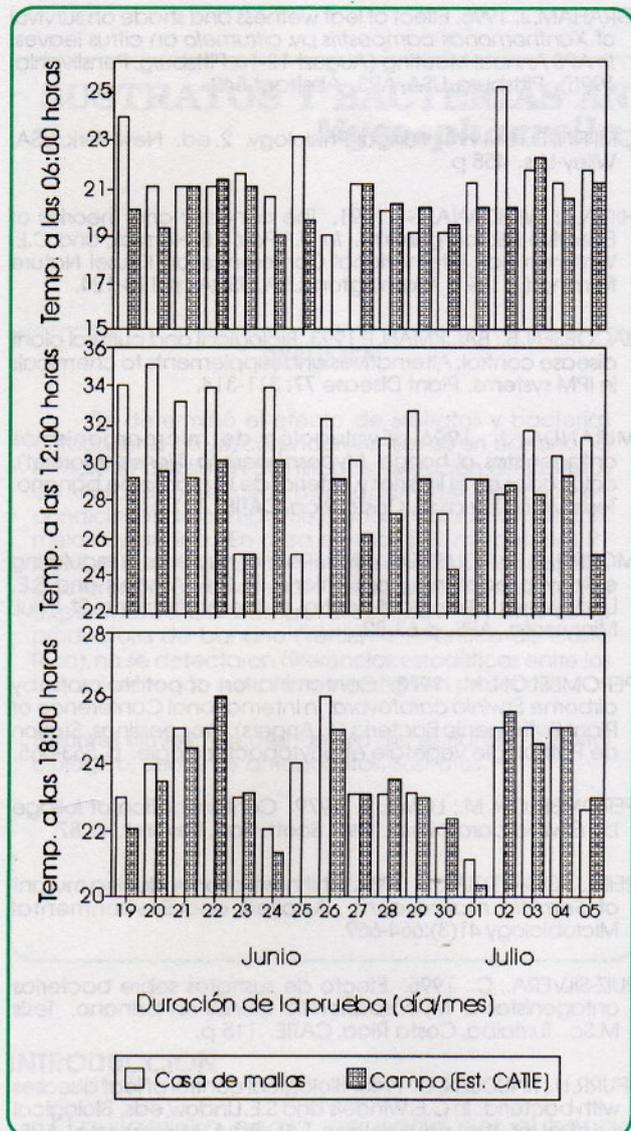


Fig. 4. Condiciones de temperatura (°C) en casa de mallas y campo (estación CATIE) a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas durante la determinación del efecto de sustratos sobre la supervivencia de *S. marcescens* R1.

* Los días donde no se indica, no se obtuvieron registros en campo.

En general, la melaza mostró los mayores valores de recuperación bacterial. Con la aplicación de melaza al follaje de nabo y chile, Higa y Wididana (1991) obtuvieron incrementos significativos en la comunidad microbial existente en la filosfera, con aumentos en el número de bacterias, actinomicetes y hongos. Por lo tanto, la aplicación de este sustrato diluido podría tener un efecto benéfico sobre la comunidad microbial, además del efecto positivo sobre la población de antagonistas.

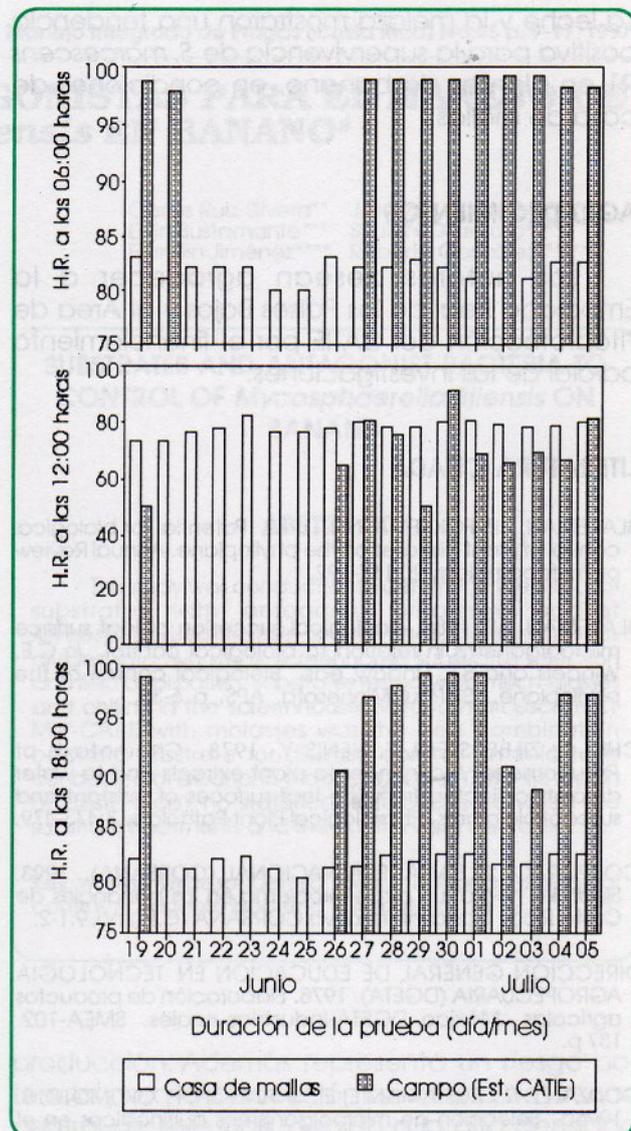


Fig. 5. Condiciones de humedad relativa (%) en casa de mallas y campo (estación CATIE) a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas durante la determinación del efecto de sustratos sobre la supervivencia de *S. marcescens* R1.

* No se obtuvieron registros de H.R. en campo desde el 20 hasta el 26-06.

Se puede concluir que el extracto de hoja de banana fue el mejor sustrato para la multiplicación *in vitro* de *S. marcescens* R1 y *S. entomophila* A100. La leche y la melaza fueron los mejores sustratos para la multiplicación *in vitro* de *B. cereus* A30. También estos dos sustratos mostraron un efecto positivo para la multiplicación *in vitro* de los microorganismos antagonistas a *M. fijiensis*. Además, la habilidad quitinolítica de *S. marcescens* R1 fue afectada por la exposición a almidón de yuca, durante 24 horas.

La leche y la melaza mostraron una tendencia positiva para la supervivencia de *S. marcescens* R1 en plantas de banano, en condiciones de casa de mallas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Embajada Real de los Países Bajos y al Area de Fitoprotección del CATIE por el financiamiento parcial de las investigaciones.

LITERATURA CITADA

BLAKEMAN, J.P.; FOKKEMA, N.J. 1982. Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. Annual Review of Phytopathology 20:167-192.

BLAKEMAN, J.P. 1985. Ecological succession of leaf surface microorganisms in relation to biological control. In C.E. Windels and S.E. Lindow, eds. Biological control of the phylloplane. St. Paul, Minnesota, APS. p. 6-30.

CHET, I.; ZILBERSTEIN, Y.; HENIS Y. 1973. Chemotaxis of *Pseudomonas lachrymans* to plant extracts and to water droplets collected from the leaf surfaces of resistant and susceptible plants. Physiological Plant Pathology 3:473-479.

CORPORACION BANANERA NACIONAL (CORBANA). 1993. Sigatoka negra: un grave problema en los bananales de Costa Rica. Carta Informativa CORBANA (C.R.) no. 9:1-2.

DIRECCION GENERAL DE EDUCACION EN TECNOLOGIA AGROPECUARIA (DGETA). 1978. Elaboración de productos agrícolas. México, DGETA-Industrias rurales. SMEA-102. 137 p.

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

_____; BUSTAMANTE, E.; SHANNON, P.; OKUMOTO, S. 1996b. Evaluación de microorganismos quitinolíticos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis* en casa de mallas y campo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.40:12-16.

GRAHAM, J. 1995. Effect of leaf wetness and shade on survival of *Xanthomonas campestris* pv. *citrumelo* on citrus leaves. In APS Annual Meeting (August 12-16, Pittsburg, Pensilvania, 1995). Pittsburg, USA, APS. Abstract 542.

GRIFFIN, D.H. 1994. Fungal Physiology. 2. ed. New York, USA, Wiley-Liss. 458 p.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. 1991. The concept and theories of Effective Microorganisms. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman eds. International Conference on Kyusei Nature farming (1, 1991). Washington, USA, USDA. p 118-124.

JACOBSEN, B.; BACKMAN, P. 1993. Biological and cultural plant disease control: Alternatives and supplements to chemicals in IPM systems. Plant Disease 77: 311-314.

MIRANDA, J. 1996. Evaluación de microorganismos antagonistas al hongo *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet), colocados en el interior y exterior de la planta de banano. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 101 p.

MORRIS, C.E.; ROUSE, D.I. 1985. Role of nutrients in regulating epiphytic bacterial populations. In C.E. Windels and S.E. Lindow, eds. Biological control of the phylloplane. St. Paul, Minnesota, APS. p.63-82.

PEROMBELON, M. 1978. Contamination of potato crops by airborne *Erwinia carotovora*. In International Conference of Plant Pathogenic Bacteria (4., Angers). Proceedings. Station de Pathologie vegetale et phytobacteriologie. p. 563-565.

PEROMBELON, M.; LOWE, R. 1979. Contamination of foliage by *Erwinia carotovora*. Rep. Scott. Hort. Res. Inst. p. 87.

REID, J.; OGRYDZIAK, D. 1981. Chitinase-overproducing mutant of *Serratia marcescens*. Applied and Environmental Microbiology 41(3):664-669.

RUIZ-SILVERA., C. 1995. Efecto de sustratos sobre bacterias antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis* en banano. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 115 p.

SPURR, H.; KNUDSEN, G. 1985. Biological control of leaf diseases with bacteria. In C.E. Windels and S.E. Lindow, eds. Biological control of the phylloplane. St. Paul, Minnesota, APS. p. 45-62.

STEEL, R.; TORRIE, J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. 2.ed. México, McGraw Hill. 300 p.

SUSTRATOS Y BACTERIAS ANTAGONISTAS PARA EL MANEJO DE *Mycosphaerella fijiensis* EN BANANO*

Carlos Ruiz-Silvera** Joseph L. Saunders****
Elkin Bustamante*** Shuichi Okumoto*****
Franklin Jiménez***** Roberto González*****

RESUMEN

Se determinó el efecto de sustratos y bacterias antagonistas de *Mycosphaerella fijiensis* en banano. El estudio se dividió en dos etapas: selección de sustratos en casa de mallas y aplicación de sustratos en condiciones de campo. Se probaron los sustratos leche, melaza y quitina. En casa de mallas *S. marcescens* R1 MIP-CATIE con melaza fue la mejor combinación sustrato-bacteria para el combate de la enfermedad. En el experimento de campo efectuado en una zona productora de banano (vertiente Atlántica de Costa Rica), no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos con sustratos y el testigo sin protección.

Palabras claves: *Mycosphaerella fijiensis*, Banano, Control biológico, Bacterias antagonistas, Sustratos.

SUBSTRATES AND ANTAGONIST BACTERIA TO CONTROL OF *Mycosphaerella fijiensis* ON BANANA

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of substrates with antagonist organisms against *Mycosphaerella fijiensis* on bananas. Research was divided into two steps: greenhouse substrates selection and field application. Substrates tested were milk, molasses and chitin. In the greenhouse, *Serratia marcescens* R1 MIP-CATIE with molasses was the best combination bacteria-substrate for disease control. In field tests conducted at a banana-producing region (Atlantic region of Costa Rica), no statistical differences between the substrate treatments and the control were detected.

Key words: *Mycosphaerella fijiensis*, Bananas, Biological control, Antagonist bacteria, Substrates.

INTRODUCCION

La sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* es una de las enfermedades más importantes que afectan el cultivo del plátano y banano(*) en Latinoamérica. Esta enfermedad se detectó por primera vez en Honduras en 1972, extendiéndose posteriormente a Guatemala, Belice, Sur de México, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador (Bureau *et al.* 1992). En Venezuela, desde que se confirmó su introducción (Haddad *et al.* 1992), esta enfermedad se ha extendido en las áreas plataneras del occidente, causando severos daños a la

producción. Además representa un riesgo potencial para la producción bananera de la zona central de este país, debido a la alta densidad de siembra de las plantaciones (Jones 1995).

El control de esta enfermedad se ha basado en el uso de fungicidas sintéticos. El empleo intensivo de estos productos ha provocado el desarrollo de resistencia por parte de poblaciones del hongo (Stover y Fullerton 1989). Esta situación ha forzado a incrementar el número de aplicaciones, con graves consecuencias económicas para los productores así como un acelerado deterioro ambiental. En Costa Rica, las aplicaciones de fungicidas han aumentado desde 1989 (CORBANA 1993), coincidiendo con una disminución progresiva en el rendimiento del cultivo (Sauma 1995).

Los beneficios del uso de prácticas de control biológico, como parte de un programa de manejo de la enfermedad, lo presentan como alternativa para reducir las aplicaciones de fungicidas (Jacobsen y Backman 1993).

Recibido: 16/01/97. Aprobado: 23/09/97.

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

**Fundación para la Investigación Agrícola DANAC, San Felipe, Venezuela.

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

****Facultad de Microbiología, UCR, San José, Costa Rica.

*****Proyecto UCR-JOCV, Est. Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica.

*****Consultor, Turrialba, Costa Rica.

(*)Cambures en Venezuela.

El uso de microorganismos antagonistas con sustratos o enmiendas que favorezcan su supervivencia, ha sido propuesto como opción para superar las limitaciones que enfrentan estos agentes en la superficie de las hojas para ejercer su acción sobre patógenos foliares (Morris y Rouse 1985). La quitina coloidal ha sido utilizada como sustrato para estimular las poblaciones de microorganismos quitinolíticos, en la filosfera de varios cultivos (Kokallis-Burelle *et al.* 1992; Okumoto y Bustamante 1993; González *et al.* 1996a; González *et al.* 1996b).

Ruiz *et al.* (1997) evaluaron los sustratos leche y melaza, los cuales mostraron un efecto positivo sobre la multiplicación y supervivencia *in vitro* de microorganismos antagonistas a *M. fijiensis*, sin afectar su habilidad quitinolítica.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de diferentes sustratos y bacterias antagonistas sobre la sigatoka negra en banano.

MATERIALES Y METODOS

Los experimentos efectuados en condiciones de invernadero y en macetas colocadas en el campo, se realizaron en el CATIE; y el experimento efectuado en condiciones de campo se realizó en la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). El CATIE está localizado en Turrialba, Costa Rica, a 602 msnm; situada entre las coordenadas 9°55'21" latitud norte y 83°39'40" longitud oeste; con temperatura, precipitación y humedad relativa media anual de 21,7°C, 2065 mm y 87%, respectivamente. La EARTH está ubicada en Las Mercedes de Guácimo, en la región oeste de la vertiente Atlántica de Costa Rica (una de las tres zonas del país destacadas por la producción de banano). La temperatura media anual es de 26°C y la precipitación promedio de 3500 mm.

La bacteria evaluada fue *Serratia marcescens* R1 MIP-CATIE, seleccionada por su buena actividad antagonista (*in vitro* e *in vivo*) a *M. fijiensis* (González *et al.* 1996a; González *et al.* 1996b). Se probaron los sustratos: leche íntegra+leche descremada, melaza de caña, leche+melaza y quitina coloidal.

El estudio se dividió en dos etapas, la de invernadero y la de campo. En la primera etapa se seleccionaron los mejores sustratos para el control de la enfermedad, utilizando plantas sembradas en macetas. En la segunda etapa

se realizó una prueba de validación de los resultados obtenidos en la etapa anterior; también se probaron los sustratos seleccionados en la etapa anterior en una parcela con manejo comercial.

Selección de sustratos en casa de mallas

Se utilizaron plantas de banano cv «Gran Enano» susceptibles a la sigatoka negra (Fouré 1990), obtenidas mediante cultivo de tejidos. Las plantas se sembraron en macetas plásticas Polyplast No. 600 de 5 kg. Las plantas se fertilizaron utilizando la dosis comercial y se regaron diariamente.

Los sustratos evaluados fueron leche, melaza, leche+melaza y quitina, aplicados solos y en combinación con la bacteria *S. marcescens* R1. También se incluyó un tratamiento de fungicidas, una mezcla de propiconazol (Tilt 250 CE) + aceite agrícola (Agrol 7E) en dosis comercial.

La cepa bacteriana usada en las inoculaciones fue reislada de plantas de banano previamente inoculadas con el organismo, para mantener su acción biológica. Esto se debe a que el manejo continuo en medios artificiales de laboratorio puede causar disminución de su actividad (Yarwood 1973).

Las plantas fueron asperjadas con la bacteria (10^7 - 10^8 ufc/mL) en una solución de caldo nutritivo+dextrosa+quitina (0,4% de caldo nutritivo DIFCO; 2,3% de quitina coloidal y 0,2% de dextrosa DIFCO). Las aplicaciones, dirigidas a toda la planta, se efectuaron con atomizadores manuales hasta lograr una humectación total o punto de escurrimiento. El riego de las plantas se realizó dirigiendo el flujo de agua hacia el suelo de la maceta, con el fin de limitar la diseminación de la bacteria dentro del invernadero y no alterar los tratamientos. Siete días después se aplicaron los sustratos y el fungicida.

Un día después de la aplicación de los sustratos, las plantas fueron expuestas a la inoculación natural de *M. fijiensis* en una parcela de plátano, con presencia de sigatoka negra, ubicada en la finca experimental La Montaña, CATIE. Doce días después de exposición a esas condiciones, las plantas se trasladaron a un sitio con las condiciones propicias para favorecer la incubación del patógeno y el desarrollo de síntomas.

Se utilizó un diseño en bloques al azar (DBCA) con tres repeticiones por tratamiento y dos

plantas por repetición. Para evaluar la severidad de la enfermedad se registró el número de estrías totales/9 cm², en dos áreas (apical y media) de la periferia de la sección derecha de las hojas en posición 2 y 1 al momento de aplicar los tratamientos (Fig. 1). La evaluación se efectuó 28 días después de la exposición al inóculo, los resultados por tratamiento se promediaron.

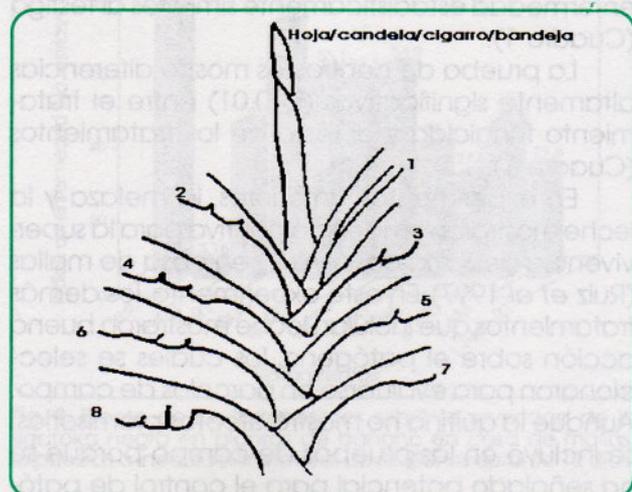


Fig. 1. Diagrama del conteo de hojas en la planta de banano.

Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza y mediante la prueba de Dunnett se compararon los tratamientos con respecto al testigo. También se efectuó una prueba de contrastes para determinar el efecto de los sustratos solos y de los sustratos+bacteria (Steel y Torrie 1985).

Aplicación de sustratos en campo

Efecto de los sustratos y bacterias antagonistas sobre la sigatoka negra en plantas en macetas: Este experimento se realizó en el CATIE, del 4 de Setiembre al 16 de Octubre de 1995. Para determinar el efecto de los sustratos, se utilizaron plantas sembradas en macetas, las cuales habían permanecido 45 días en condiciones de campo.

El material vegetal y los tratamientos evaluados fueron los utilizados en el experimento de casa de mallas.

Las plantas fueron asperjadas con los sustratos y las bacterias antagonistas, en forma simultánea, durante tres semanas consecutivas;

posteriormente se dejaron expuestas al inóculo natural y al presente en las hojas.

Se utilizó el mismo diseño experimental empleado en el experimento anterior. Se registró, en las hojas 0 y 1, el número de estrías totales/9 cm² al momento de iniciar la aplicación y 28 días después de la primera aplicación de los tratamientos. El análisis de varianza y la prueba de Dunnett se realizaron para comparar los tratamientos con el testigo. Además se efectuaron contrastes entre grupos de tratamientos.

Efecto de los sustratos y bacterias antagonistas sobre la sigatoka negra en condiciones de campo. El experimento se realizó entre el 10 de Mayo y el 1 de Noviembre de 1995 (incluye desde el trasplante del material en campo hasta la última evaluación de tratamiento).

Se utilizaron plantas de banano cv «Gran Enano» sembrados en macetas, las cuales permanecieron durante cuatro meses en aclimatación. Posteriormente, se trasplantaron a una parcela cercana a la plantación comercial de banano de la EARTH, con el objetivo de exponerlas al inóculo natural de *M. fijiensis* durante su crecimiento. Las parcelas contenían nueve plantas, a una densidad de siembra de 2,2 m x 2,2 m, con una distancia de 3 m entre parcelas de un mismo bloque y de 4 m entre bloques. Se aplicaron medidas sanitarias en las hojas bajas afectadas por la enfermedad (despunte) y se eliminó la hoja cuando el nivel de infección alcanzó aproximadamente el 33% del área foliar.

Los tratamientos evaluados fueron: testigo, fungicida, quitina, y *S. marcescens* R1 en combinación con quitina, melaza, y quitina+melaza. Se usó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones por tratamiento.

La aplicación de los tratamientos se realizó con bombas de aspersión manual de 5 l de capacidad (Indústria e Comércio Guarany S.A., Brasil). Los sustratos fueron aplicados semanalmente a partir de los 2,5 meses del trasplante en el campo (17 de agosto de 1995), y la bacteria se asperjó mensualmente en aquellos tratamientos que la incluían. Las aplicaciones de fungicidas se realizaron quincenalmente, en la siguiente secuencia: mancozeb (Mancozeb) + aceite agrícola (Agrol 7E), propiconazol (Tilt 250 CE)+aceite agrícola (Agrol 7E) y tridemorf (Calixin), en dosis comerciales.

A partir de la cuarta semana de aplicación, en plantas con 4-5 hojas se efectuó la evaluación

de la severidad de la sigatoka negra. En éstas se consideró la posición de la hoja más joven manchada (HMJM) y el área foliar afectada. Para determinar el área foliar afectada, se empleó la metodología de Stover modificada por Gauhl (1990), la cual se basa en la estimación visual del área afectada en todas las hojas de la planta, a excepción de la hoja candela/bandera y las hojas agobiadas. La determinación se efectuó en las hojas que recibieron tratamiento desde su emergencia.

Con los resultados de estas pruebas se determinó el índice de enfermedad (IE), que se calculó según la siguiente fórmula:

$$IE = \frac{\text{Suma (N x R)}}{100} \quad \text{donde N = \% de hojas de cada grado}$$

$$R = \text{grado respectivo}$$

Con los valores de IE se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), para cada tratamiento durante el período de estudio (Hernández y Montoya 1987, Campbell y Madden 1990). Se realizó un análisis de varianza para el parámetro estimado y una prueba de contrastes ortogonales entre grupos de tratamientos.

La precipitación semanal fue registrada durante el transcurso del experimento, mediante un pluviógrafo mecánico Wilh Lambrecht, con registro mínimo de 0,1 mm de lámina de agua por hora, colocado a una altura de 1,3 m del suelo desde la cubeta de captación. Los valores de precipitación obtenidos en la parcela durante los meses de agosto, setiembre y octubre (Fig. 4) fueron similares a los datos climáticos de los últimos 10 años ofrecidos por las estaciones meteorológicas de la zona Oeste de Costa Rica, con un promedio de 300 mm de lámina de lluvia mensual (López y Espinosa 1995). En la segunda y tercera semana, no se obtuvieron registros de precipitación por fallas del pluviógrafo.

La concentración de ascosporas en la parcela fue estimada mediante una trampa volumétrica de esporas, tipo Hirst (Burkard Manufacturing Co. Ltd, Rickmansworth, Inglaterra) de registro semanal, accionada por una batería de 12 V. La trampa fue colocada sobre una plataforma de madera de 2 m de altura y la abertura de succión a 2,45 m de altura. Los valores de inóculo fueron similares a los de la plantación comercial bajo aplicación de fungicidas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Selección de sustratos en casa de mallas.

Con el tratamiento de fungicida se alcanzaron los niveles de enfermedad más bajos (Fig. 2). La prueba de Dunnett mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el testigo y los tratamientos de fungicida, melaza+R1 y leche+melaza+R1. Los otros tratamientos mostraron niveles de enfermedad estadísticamente similares al testigo (Cuadro 1).

La prueba de contrastes mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre el tratamiento fungicida y el resto de los tratamientos (Cuadro 1).

En experimentos anteriores, la melaza y la leche mostraron tendencia positiva para la supervivencia de *S. marcescens* R1 en casa de mallas (Ruiz *et al.* 1997). En este experimento, los demás tratamientos que incluían leche mostraron buena acción sobre el patógeno, los cuales se seleccionaron para evaluarse en parcelas de campo. Aunque la quitina no mostró efectos promisorios, se incluyó en las pruebas de campo porque se ha señalado potencial para el control de patógenos y nematodos.

Debido a que la combinación de la bacteria antagonista con los sustratos no mostró ser estadísticamente diferente a la aplicación del antagonista sin sustrato, se efectuó una prueba de confirmación con evaluaciones sobre plantas aclimatadas en campo.

Aplicación de sustratos en campo

Efecto de sustratos y bacterias antagonistas sobre la sigatoka negra en plantas en macetas.

En el experimento realizado en casa de mallas se determinaron pocas diferencias entre sustratos. El tratamiento con melaza+R1 mostró el menor índice de enfermedad. En esta prueba, como en la efectuada en casa de mallas, el tratamiento de fungicida presentó el índice de enfermedad más bajo, seguido por los tratamientos leche+R1 y R1 sola (Fig. 3). La prueba de Dunnett reveló diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento fungicida (Cuadro 2).

No se encontraron diferencias estadísticas entre la bacteria sola y la bacteria combinada con los sustratos (Cuadro 2). Los contrastes ortogonales mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos con

fungicida y sin fungicida, y entre el grupo de tratamientos con melaza y el grupo con leche. La leche sola y en combinación con la bacteria resultó más efectiva que la melaza.

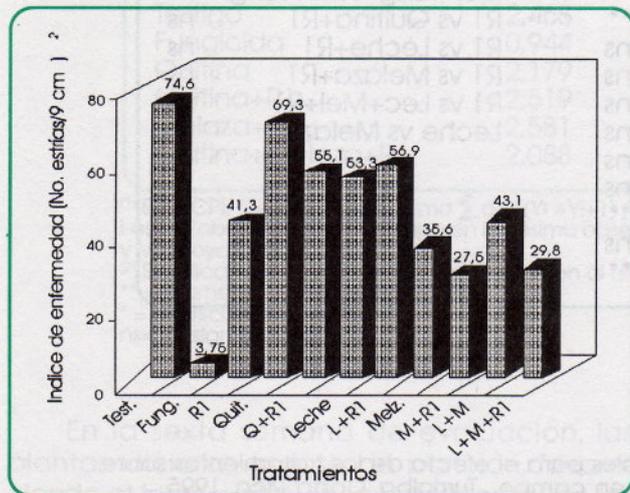


Fig. 2. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de la sigatoka negra en plantas de banano en casa de mallas, expuestas a inoculación natural de *M. fijiensis* durante 12 días.

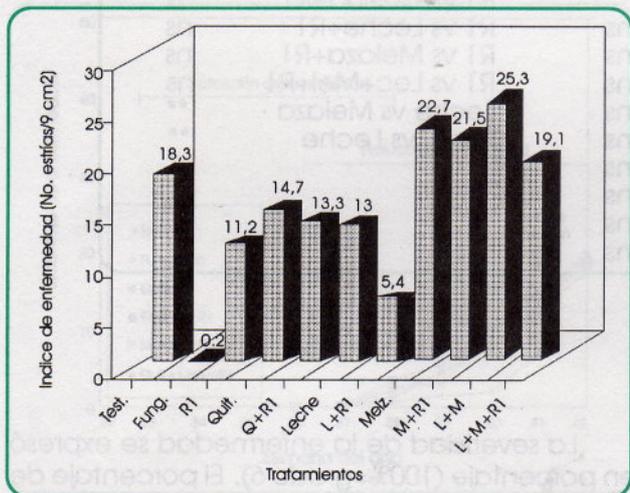


Fig. 3. Efecto de los tratamientos sobre la severidad de la sigatoka negra en plantas en macetas, expuestas durante 45 días en condiciones de campo.

En esta prueba, la aplicación periódica de leche y de quitina durante tres semanas, contribuyó a reducir la enfermedad. La melaza no controló la sigatoka negra, por el contrario, mos-

tró un índice de enfermedad mayor que el testigo. La efectividad de la leche posiblemente se debe a: una mayor persistencia, mayor riqueza nutricional que estimule la comunidad microbiana benéfica y habilidad para actuar como barrera física que impida la penetración del patógeno, entre otros posibles mecanismos de acción.

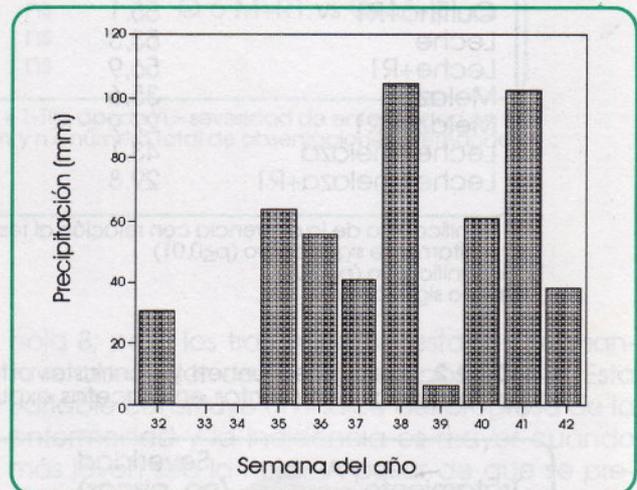


Fig. 4. Registros semanales de precipitación en la parcela de campo, EARTH, Guácimo, Costa Rica. 1996.

La melaza mostró ser un sustrato con potencial para el control de la enfermedad bajo condiciones de casa de mallas, pero la repetición de la prueba en condiciones de campo, utilizando los tratamientos en dosis comercial, sugiere que en casa de mallas el sustrato favoreció al antagonista en perjuicio de la comunidad microbial, pero que a largo plazo actuaría como factor de crecimiento del patógeno, favoreciendo su acción. Sin embargo, estas consideraciones deben ser validadas.

Efecto de sustratos y bacterias antagonistas sobre la sigatoka negra en condiciones de campo. Durante el período de estudio, con la aplicación de fungicidas se desarrolló el nivel de enfermedad más bajo, expresado mediante el ABCPE. Los tratamientos de quitina y quitina+melaza+R1 también presentaron valores de ABCPE menores que el testigo (Cuadro 3).

CUADRO 1. Prueba de Dunnett y contrastes ortogonales para el efecto de los tratamientos sobre la sigatoka negra en casa de mallas. Turrialba, Costa Rica, 1995.

Tratamiento	Severidad (no. pizcas)	Dunnett ⁽¹⁾	Contrastes	
Testigo	74,6	—	Con fung. vs sin fung.	**
Fungicida	3,8	**	R1 vs Quitina+R1	ns
R1	41,3	ns	R1 vs Leche+R1	ns
Quitina	69,3	ns	R1 vs Melaza+R1	ns
Quitina+R1	55,1	ns	R1 vs Lec+Mel+R1	ns
Leche	53,3	ns	Leche vs Melaza	*
Leche+R1	56,9	ns		
Melaza	35,6	ns		
Melaza+R1	27,9	**		
Leche+melaza	43,1	ns		
Leche+melaza+R1	29,8	**		

⁽¹⁾ Significancia de la diferencia con relación al testigo
 ** = altamente significativo ($p \leq 0,01$)
 * = significativo ($p \leq 0,05$)
 ns = no significativo

CUADRO 2. Prueba de Dunnett y contrastes ortogonales para el efecto de los tratamientos sobre la sigatoka negra en plantas en macetas expuestas en campo. Turrialba, Costa Rica, 1995.

Tratamiento	Severidad (no. pizcas)	Dunnett ⁽¹⁾	Contrastes	
Testigo	18,3	—	Con fung. vs sin fung.	**
Fungicida	0,2	**	R1 vs Quitina+R1	ns
R1	11,2	ns	R1 vs Leche+R1	ns
Quitina	14,7	ns	R1 vs Melaza+R1	ns
Quitina+R1	13,3	ns	R1 vs Lec+Mel+R1	ns
Leche	13,0	ns	Leche vs Melaza	**
Leche+R1	5,4	ns	Fung. vs Leche	**
Melaza	22,7	ns		
Melaza+R1	21,5	ns		
Leche+melaza	25,3	ns		
Leche+melaza+R1	19,1	ns		

⁽¹⁾ Significancia de la diferencia con relación al testigo
 ** = altamente significativo ($p \leq 0,01$)
 * = significativo ($p \leq 0,05$)
 ns = no significativo

La prueba de Dunnett determinó diferencias significativas ($P \leq 0,05$), en el ABCPE, entre el testigo y el tratamiento de fungicidas, los otros tratamientos fueron similares al testigo (Cuadro 3).

Los contrastes ortogonales únicamente determinaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre el tratamiento fungicida y el resto de los tratamientos (Cuadro 3). No se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento quitina sin R1 y con R1, entre quitina+R1 y melaza+R1, ni entre estos tratamientos con quitina+melaza+R1.

La severidad de la enfermedad se expresó en porcentaje (100%=grado 6). El porcentaje de infección no sobrepasó el 20% (todas las hojas evaluadas presentaban el grado 2), el cual se alcanzó en el testigo a partir de la floración/parición (Fig. 5).

Las diferencias entre tratamientos comenzaron a manifestarse a partir de la tercera semana de evaluación de la enfermedad, una semana después de la última aplicación de los tratamientos. El bajo nivel de infección favoreció al testigo en comparación con los tratamientos de sustratos y antagonistas.

CUADRO 3. Prueba de Dunnett y contrastes ortogonales de los valores del área bajo la curva de progreso de la sigatoka negra (ABCPE) para los diferentes tratamientos. EARTH, Guácimo, Costa Rica, 1995.

Tratamiento	Severidad (ABCPE ⁽¹⁾)	Dunnett ⁽²⁾	Contrastes
Testigo	2,468	—	
Fungicida	0,944	**	Fungicida vs otros **
Quitina	2,179	ns	Quitina vs Quitina+R1 ns
Quitina+R1	2,519	ns	Quit+R1 vs Mel+R1 ns
Melaza+R1	2,581	ns	Q ó M+R1 vs Q+M+R1 ns
Quitina+melaza+R1	2,088	ns	

⁽¹⁾ El ABCPE fue calculada como \sum de $((Y_i + Y_{i+1}) / 2) \times (T_i + 1 - T_{i+1})$, donde Y_i = severidad de enfermedad en la i-ésima observación, T_i = tiempo en la i-ésima observación, y n = número total de observaciones (Hernández y Montoya 1987).

⁽²⁾ Significancia de la diferencia con relación al testigo

**= altamente significativo ($p \leq 0,01$)

* = significativo ($p \leq 0,05$)

ns= no significativo

En la sexta semana de evaluación, las plantas iniciaron la fase de parición, favoreciendo el incremento en la enfermedad en las siguientes semanas. El registro finalizó cuando el 20% de plantas de la parcela alcanzaron la parición (Fig. 5).

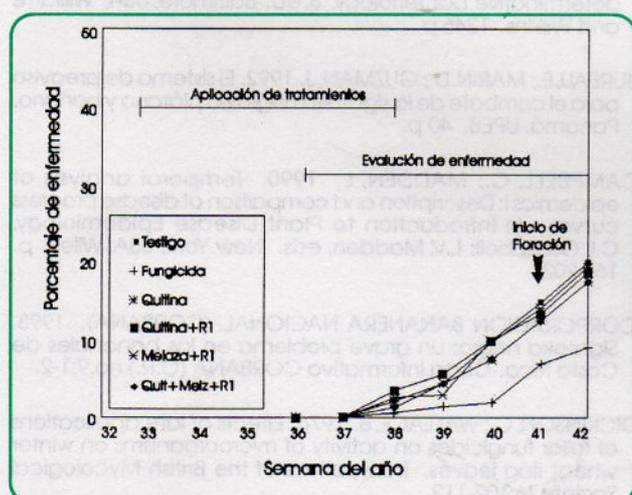


Fig. 5. Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de la sigatoka negra en banano, EARTH, Guácimo, Costa Rica, 1995.

La tendencia determinada en la variable Hoja Más Joven Manchada (HMJM), exhibió un comportamiento similar en todos los tratamientos (Fig. 6A). Con el tratamiento fungicida, la HMJM se retrasó una semana con respecto a los otros tratamientos y posteriormente se mantuvo en la

hoja 8; para los tratamientos restantes se mantuvo alrededor de la hoja en posición 7. Esta variable constituye un índice del progreso de la enfermedad y la incidencia es mayor cuando más joven sea la hoja. A pesar de que se presentaron diferencias a favor del fungicida, estas fueron pequeñas considerando que el efecto del producto debería ser más marcado.

Las diferencias no significativas entre el testigo y los tratamientos con sustratos podría ser consecuencia de un bajo nivel de inóculo en la parcela o un subsidio recibido por el testigo de los otros tratamientos.

Con relación a estos factores, en las áreas comerciales la intensidad de deshoja y despunte fue mayor que en la parcela experimental; además en el área comercial se realizaron aplicaciones de fungicidas para controlar la enfermedad. La similitud del potencial de inóculo entre ambas áreas, explica el posible efecto de los tratamientos con sustratos, el cual no fue detectado dentro de la parcela, probablemente, por la acción de los factores de deriva hacia el testigo y bajo inóculo. González *et al.* 1996a y González *et al.* 1996b, señalaron que los tratamientos con bacterias y quitina en condiciones de campo lograron controlar la enfermedad en 45% con relación al testigo en la parcela experimental. En una parcela próxima, sin ningún tipo de control los tratamientos lograron reducir la severidad de la enfermedad en 72% con respecto al testigo.

El efecto de deriva podría haberse producido a nivel de suelo, debido a que *S. marcescens* destaca como importante colonizador del suelo y de la rizosfera de plantas (Buchanan y Gibbons 1974, Ordentlich *et al.* 1987).

podría estar perjudicando la actividad de agentes de control ligados al balance ecológico microbiano, que es el fundamento de la aplicación de sustratos en la superficie foliar.

Por tanto, se puede concluir que la melaza con *S. marcescens* R1 fue la mejor combinación sustrato+bacteria para controlar la sigatoka negra en casa de mallas. La leche y la quitina mostraron tendencia positiva como sustratos para el control de la sigatoka negra en plantas en macetas en campo. En la prueba de campo, no se detectaron diferencias en el efecto de los sustratos y el testigo sin protección sobre la sigatoka negra.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Embajada Real de los Países Bajos, EARTH y Area de Fitoprotección del CATIE por su colaboración e interés en la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- BUCHANAN, R.E.; GIBBONS, N.E. 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology. 8. ed. Baltimore, USA, Williams and Wilkins. 1246 p.
- BUREAU, E.; MARIN, D.; GUZMAN, J. 1992. El sistema de preaviso para el combate de la sigatoka negra en plátano y banano. Panamá, UPEB. 40 p.
- CAMPBELL, C.; MADDEN, L. 1990. Temporal analysis of epidemics I: Description and comparison of disease progress curves. In Introduction to Plant Disease Epidemiology. C.L.Campbell; L.V. Madden, eds. New York, USA, Wiley. p. 161-202.
- CORPORACION BANANERA NACIONAL. (CORBANA). 1993. Sigatoka negra: un grave problema en los bananales de Costa Rica. Carta Informativa CORBANA (C.R.) no.9:1-2.
- DICKINSON, C.; WALLACE, B. 1976. Effects of late applications of foliar fungicides on activity of microorganisms on winter wheat flag leaves. Transactions of the British Mycological Society 76:102-112.
- EDGINTON, L.; KHEW, K.; BARRON, G. 1971. Fungi toxic spectrum of benzimidazole compounds. Phytopathology 61:42-44.
- FOURE, E. 1990. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et des plantains a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, au Cameroun. Caracterisation de la resistance au champ de bananiers appartenant a deviers grups genetiques. Fruits 45(4):339-345.
- GAUHL, F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plátano (*Musa sp.*), en Costa Rica. Trad. Jaime Espinosa. Panamá, INIBAP. 126 p.

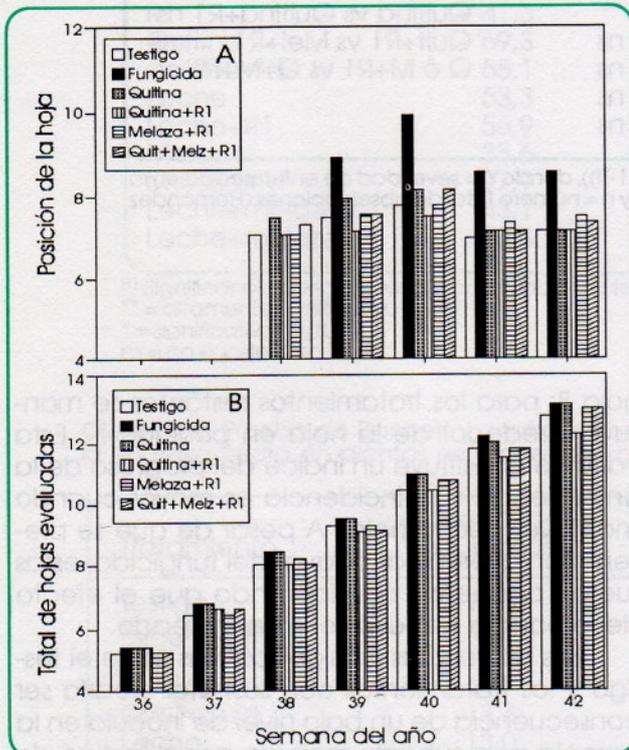


Fig. 6. Tendencia mostrada durante las evaluaciones por: A) la hoja más joven con manchas (HMJM) y B) el total de hojas evaluadas por planta en cada tratamiento.

Con base en la acción potencial de la quitina como estimulador de la actividad quitinolítica en la comunidad microbial y como barrera para la penetración del patógeno, así como el efecto comprobado de la leche y la melaza como sustratos para la multiplicación bacteriana, hacen que la formulación de estos compuestos con los antagonistas sea considerada una alternativa para reducir los potenciales riesgos asociados con la aplicación masiva y frecuente de microorganismos para el control de la enfermedad.

A pesar de que los tratamientos fungicidas mostraron mayor efectividad para controlar la enfermedad, el efecto de estos compuestos sobre poblaciones de levaduras y hongos (Dickinson y Wallace 1976, Edginton *et al.* 1971)

- GONZALEZ, R.; BUSTAMANTE, E.; SHANNON, P.; OKUMOTO, S. 1996a. Selección de microorganismos quitinolíticos en el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.40:6-11.
- _____; BUSTAMANTE, E.; SHANNON, P.; OKUMOTO, S. 1996b. Evaluación de microorganismos quitinolíticos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis* en casa de mallas y campo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.40:12-16.
- HADDAD, O.; BOSQUE, M.; OSORIO, J.; CHAVEZ, L. 1992. Sigatoka negra: medidas de prevención y control. FONAIAP Divulga (Ven.) no. 40:44-45.
- HERNANDEZ, T.; MONTOYA, R. 1987. Epidemiología cuantitativa y su aplicación al análisis de algunas enfermedades de cultivos tropicales. Lima, Perú, IICA. 50 p.
- JACOBSEN, B.; BACKMAN, P. 1993. Biological and cultural plant disease controls: alternatives and supplements to chemicals in IPM systems. Plant Disease 77(3):311-315.
- JONES, D.R. 1995. La sigatoka negra en Venezuela: Informe de Consultoría a INIBAP. INFOMUSA (Francia) 4(1):13-14.
- KOKALIS-BURELLE, N.; BACKMAN, P.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; PLOPER, L. 1992. Potential for biological control of early leafspot of peanut using *Bacillus cereus* and chitin as foliar amendments. Biological Control (USA) no.2:321-328.
- LOPEZ, A.; ESPINOSA, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Quito, Ecuador, INPOFOS-CORBANA. 82 p.
- MORRIS, C.; ROUSE, D. 1985. Role of nutrients in regulating epiphytic bacterial populations. In Biological control of the phylloplane, C.E. Windels and C.E. Lindow, eds. Minnesota, APS. p. 63-82.
- OKUMOTO, S.; BUSTAMANTE, E. 1993. Efecto de enmiendas foliares sobre el desarrollo del tizón temprano causado por *Alternaria solani* y sobre la población bacteriana en tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 28:1-6.
- ORDENTLICH, A.; ELAD, Y.; CHET, I. 1987. Rhizosphere colonization by *Serratia marcescens* for the control of *Sclerotium rolfsii*. Soil Biology and Biochemistry 19(6):747-751.
- RUIZ-SILVERA, C.; BUSTAMANTE, E.; JIMENEZ, F.; SAUNDERS, J.; OKUMOTO, S.; GONZALEZ, R. 1997. Efecto de sustratos sobre crecimiento y supervivencia de bacterias antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no. 45:1-8.
- SAUMA, J. 1995. CORBANA preocupada por baja productividad bananera del país. La República. San José, Costa Rica. 23 de marzo. p 5C.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. 2. ed. México, McGraw Hill. 300 p.
- STOVER, R.H.; FULLERTON, R. 1989. Sigatoka leaf spots of bananas. San José, Costa Rica, INIBAP. 373 p.
- YARWOOD, C.E. 1973. Some principles in plant pathology II. Phytopathology 1245-1246.

EFFECTO DEL TIEMPO Y LA PROFUNDIDAD EN EL SUELO SOBRE LA PERSISTENCIA DE LA SEMILLA DE *Echinochloa colona**

Lilliana Chaves**
Bernal E. Valverde**
Israel Garita**

RESUMEN

Se evaluó la longevidad de la semilla de *E. colona* resistente a propanil en Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. Se colocaron semillas de *E. colona* en bolsas de polipropileno permeables al agua. Las bolsas se colocaron a profundidades entre 5 y 20 cm y en la superficie del suelo. Mensualmente, se exhumaron grupos de semillas durante un período de 10 meses, y se separaron en 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 persistieron como máximo cuatro meses, mientras que las enterradas presentaron en promedio 34% de semillas persistentes al final del experimento. La reducción de la persistencia se debió más a la descomposición de las semillas que a la germinación *in situ*, ocurriendo mayor germinación en aquellas colocadas sobre la superficie.

Palabras claves: *Echinochloa colona*, Malezas, Semillas.

EFFECT OF TIME AND SOIL DEPTH OF *Echinochloa colona* SEEDS PERSISTENCE

ABSTRACT

Propanil-resistant *E. colona* seed longevity was evaluated in Parrita, in the Central Pacific region of Costa Rica. Seeds were placed in water-permeable polypropylene bags. The bags were placed on the soil surface and at depths varying from 5 to 20 cm. Groups of seeds were exhumed monthly for 10 months and partitioned into seed germinating *in situ* and seed losing viability before germination (nonpersistent portion), and seed under enforced dormancy and seed under innate or induced dormancy (persistent portion). Persistence declined steadily during the study period. Seeds placed on the soil surface persisted less than four months, while buried seeds showed 34% seed persistence at the end of the experiment. Seed decay rather than *in situ* germination was responsible for most reduction in seed persistence. Higher germination was observed in seeds on the soil surface.

Key Words: *Echinochloa colona*, Weeds, Seeds.

INTRODUCCION

El banco de semillas es el reservorio de estructuras reproductivas sexuales o vegetativas del suelo, que permite a las malezas dispersarse en el tiempo, debido a que las semillas en diferentes estados de latencia, germinarán en forma escalonada.

Schafer y Chilcote (1969) indican que la porción de semillas persistentes puede ser descrita por parámetros de latencia bajo regulación exógena y endógena, mientras que

las semillas que germinan *in situ* y las que pierden viabilidad antes de germinar, describen la porción no persistente.

En las semillas se reconocen los siguientes tipos de latencia (Radosevich y Holt 1984):

- Latencia innata (primaria). Se refiere a la latencia presente al momento en que el embrión deja de crecer y cuando aún está adherido a la planta madre. Baskin y Baskin (1985) indican que las semillas con este tipo de latencia no germinarán bajo condiciones normales de ambiente, mientras que las no latentes lo harán en condiciones favorables para la especie.

- Latencia forzada (quiescencia). Se refiere a la imposibilidad de la semilla para germinar en condiciones ambientales desfavorables. El

Recibido: 29/10/96. **Aprobado:** 23/09/97.

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

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

término es muy usado para referirse a semillas que permanecen en el suelo y que sólo germinan cuando, por efecto de laboreo, son traídas a la superficie.

- Latencia inducida (secundaria). Se refiere a la incapacidad de una semilla que ha dejado la planta madre para germinar aún después de eliminar las condiciones desfavorables para su germinación. La persistencia de la latencia por algún tiempo, aún después de haberse removido del medio que la indujo, es lo que la diferencia de la latencia forzada.

Las malezas varían considerablemente con respecto a la longevidad de sus semillas (Radosevich y Holt 1984). Por lo tanto, el conocimiento de la longevidad, es un elemento indispensable para la estimación del riesgo de infestación en parcelas agrícolas (Barralis *et al.* 1988).

La longevidad se favorece con incrementos en la profundidad en el suelo, en especial en suelos ácidos e inundados, mientras que el laboreo promueve la germinación, debido a la aireación del suelo o la exposición de la semilla a la luz. Las altas temperaturas del suelo también favorecen la germinación y reducen la viabilidad de las semillas (Egley y Chandler 1978).

Thill *et al.* (1991), mencionan como áreas importantes en el desarrollo de estrategias efectivas del manejo integrado de malezas (MIM), el conocimiento del banco de semillas, emergencia, fisiología, crecimiento y reproducción de la maleza, interferencia con el cultivo, identificación y métodos de control. Este mismo autor señala que a pesar de esto durante los últimos 40 años, la mayoría de investigaciones sobre el control de malezas incluyen estudios que se refieren a la eficacia, modo y mecanismo de acción, resistencia y otros aspectos relacionados con herbicidas, a pesar de que el concepto de manejo integrado de malezas se ha consolidado durante los últimos 25 años.

El creciente aumento en los casos de resistencia a herbicidas, y sus graves consecuencias, ha incrementado los esfuerzos dirigidos al desarrollo de programas de manejo integrado.

En América Latina, *Echinochloa colona* (L.) Link es considerada la principal maleza que afecta el cultivo de arroz; ésta y *E. crus-galli* son consideradas las principales malezas asociadas con este cultivo en el mundo. En Costa Rica y

otros países centroamericanos, el manejo de *E. colona* se ha basado casi exclusivamente en el uso de propanil. Poco se conoce acerca de la longevidad de la semilla de *E. colona*; sin embargo, desde que se detectó la evolución de resistencia al propanil en esta maleza (Garro *et al.* 1991), se han dirigido esfuerzos hacia el desarrollo de tácticas que permitan un mejor manejo (Valverde *et al.* 1995).

Esta investigación es parte de este esfuerzo, y su objetivo fue evaluar el efecto del tiempo y la profundidad en el suelo sobre la longevidad de la semilla de *E. colona*.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectó semilla madura de *E. colona*, resistente a propanil ($RC_{50} = 8,0$ kg i.a./ha)(*), en Esterillos, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, en setiembre de 1994. La viabilidad de las semillas utilizadas en el experimento se determinó en laboratorio, mediante una prueba de germinación a temperatura ambiente; para aquellas que no germinaron, se efectuó una prueba de tetrazolio (0,5% p/v).

Se colocaron grupos de 100 semillas en bolsas de polipropileno (10*10 cm), de 140-105 mallas, permeables al agua(**). Las bolsas se ubicaron en un suelo arcilloso, con 2,5% de materia orgánica, en un campo dedicado al cultivo del arroz, en Montesierpe de Parrita.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas divididas con cinco repeticiones. La parcela principal fue el tiempo (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 meses) y la subparcela, la profundidad en el suelo (0, 5, 10, 15, y 20 cm). Cada bolsa se amarró a una estaca debidamente identificada y luego se enterraron a las profundidades correspondientes. Las bolsas colocadas en la superficie, se sujetaron con clavos metálicos para asegurar su contacto con el suelo.

Durante el período experimental, el terreno se mantuvo libre de malezas con la aplicación dirigida de glifosato y no se proporcionó riego adicional. Durante la aplicación del herbicida, las bolsas superficiales se cubrieron para evitar el contacto con el producto químico.

(*)Dosis para reducir el crecimiento a la mitad, de acuerdo con los bioanálisis realizados en invernadero.

(**) Tetko Inc., Elmsford, N.Y.

Las bolsas se desenterraron cada mes según el tratamiento y se dejaron secar al aire durante 24 horas antes de ser analizadas. A los 4,5 meses después de establecer el experimento (inicio de las lluvias), hubo una germinación considerable en las bolsas superficiales, por lo que se retiraron del suelo, se contaron y eliminaron las semillas que habían germinado hasta ese momento. Inmediatamente después, las bolsas se cerraron y se colocaron nuevamente en el sitio correspondiente.

Para el análisis de la semilla recolectada, se utilizó el modelo de Schafer y Chilcote (1969) (Fig. 1): $S = P_{ex} + P_{end} + D_g + D_n$; donde S = total de semilla enterrada; P = porción persistente ($P_{ex} + P_{end}$); P_{ex} = semilla con latencia forzada; P_{end} = semilla con latencia innata o inducida; D = porción no persistente ($D_g + D_n$); D_g = semilla germinada *in situ*; D_n = semilla no viable.

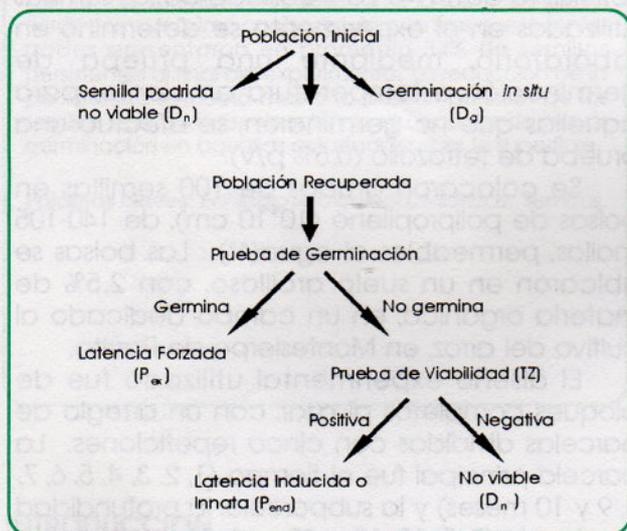


Fig. 1. Modelo usado para la separación de la semilla de *E. colona* recuperada del suelo, en los componentes de persistencia ($P_{ex} + P_{end}$) y pérdida ($D_g + D_n$). Fuente: Gleichsner y Appleby (1989).

La población persistente se determinó mediante una prueba de germinación, realizada a 30°C, en cajas petri con papel filtro humedecido con agua, y un fotoperíodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad. La semilla que germinó en un período de 6 días se consideró con latencia forzada (P_{ex}). La semilla que no germinó fue sometida a una prueba de tetrazolio (0.5% p/v) para determinar su viabilidad y, por tanto, si se encontraba en latencia innata o inducida (P_{end}).

La porción no persistente se separó en semilla que germinó *in situ* (D_g), y semilla que perdió su viabilidad antes de la germinación (D_n), para lo cual se utilizó la prueba de tetrazolio. En este grupo también se incluyeron aquellas semillas que se pudrieron o descompusieron, antes de ser llevadas a la cámara de germinación.

Para la prueba de viabilidad, las semillas disecadas longitudinalmente para exponer el embrión, se colocaron en celdas individuales de platos utilizados para pruebas ELISA. Posteriormente se les agregó tetrazolio y se colocaron en una cámara de germinación, a 30°C, durante 14 horas antes de cuantificar la tinción. Por el tamaño de las semillas, no fue posible establecer patrones de tinción, por consiguiente, se consideraron como viables las semillas con una tinción de rosada intensa a rojo.

La separación de semillas perdidas (diferencia entre el número de semillas enterradas y las recuperadas) en germinación *in situ* (D_g) y podridas no viables (D_n), resultó difícil porque tanto las semillas germinadas como muertas, estuvieron sujetas a degradación por microorganismos del suelo. Este problema fue importante a partir del segundo mes y principalmente en las profundidades de 0 y 5 cm.

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza, realizado después de transformar los datos a arcoseno. También se efectuaron pruebas Tukey para tiempo y profundidad. Los cambios en la latencia forzada, innata o inducida se graficaron a través del tiempo, lo mismo que la germinación *in situ* y la no viabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la prueba de viabilidad de las semillas utilizadas realizada antes de efectuar el experimento indicaron que el 71,2% de las semillas germinaron, el 17,6% presentaron latencia, y el 11,2% eran semillas no viables.

Al final del período experimental se determinó que el efecto del tiempo sobre las semillas persistentes (latentes) y no persistentes (germinadas y muertas) varió según la profundidad en el suelo (Cuadro 1).

La porción persistente (semillas latentes) fue menor a partir del tercer mes, especialmente cuando la semilla se colocó sobre la superficie.

CUADRO 1. Efecto del tiempo y la profundidad en el suelo sobre la persistencia (P_{ex} y P_{end}) y no persistencia (D_g y D_n) de las semillas de *E. colona*, Parrita, Costa Rica, 1994-1995.

FV	GL	P _{ex}		P _{end}		D _g		D _n	
		CM	P	CM	P	CM	P	CM	P
Bloque	4	0,1245	0,0002	0,0182	0,0484	0,0388	0,0167	0,0657	0,0024
Tiempo	9	0,5538	0,0001	0,2607	0,0001	0,0370	0,0027	0,7819	0,0001
Error a	36	0,0324	-	0,0114	-	0,0099	-	0,0242	-
Profund	4	2,7113	0,0001	0,3239	0,0001	1,0518	0,0001	0,6420	0,0001
Tiem*Prof	36	0,0753	0,0001	0,0239	0,0001	0,0328	0,0001	0,0247	0,0225
Error b	160	0,0210	-	0,0074	-	0,0125	-	0,0152	-

Abreviaciones: FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, CM= cuadrado medio, P= probabilidad.

A partir del cuarto mes se redujo sustancialmente, hasta alcanzar un promedio general de 34% al final del experimento (Cuadro 2).

CUADRO 2. Efecto de la profundidad y el tiempo sobre la persistencia ($P_{ex} + P_{end}$) de *E. colona* en el suelo. Parrita, Costa Rica, 1994-1995.

Tiempo (meses)	Profundidad(cm)				
	0	5	10	15	20
	% de semilla persistente ¹				
1	48,0	87,8	73,8	80,2	77,6
2	36,6	80,6	68,6	74,4	73,8
3	37,2	73,0	54,6	63,2	68,8
4	1,2	38,2	58,4	53,4	55,2
5	0,4	44,9	46,6	45,4	44,6
6	0,2	47,0	36,8	50,6	49,2
7	0,2	36,4	45,0	44,2	44,8
8	0,6	28,0	47,2	39,2	48,6
9	0,4	37,8	41,4	39,6	31,8
10	0,0	33,0	41,2	31,8	30,2

¹ Valores representan el promedio de cinco repeticiones, con 100 semillas por repetición.

Después del quinto mes, prácticamente no habían semillas persistentes en la superficie (0 cm), mientras que en las restantes profundidades varió entre 30% y 41% (10 meses después del entierro), siendo ligeramente mayor a la profundidad de 10 cm (Cuadro 2).

Las semillas que permanecieron sobre la superficie mantuvieron su latencia forzada relativamente constante durante los tres primeros meses (época seca), posteriormente ésta se

redujo drásticamente hasta valores insignificantes (Fig. 2a). A la profundidad de 5 cm, la proporción de semillas con latencia forzada se redujo de 80% a 36% en el cuarto mes. A partir de ese momento, la variación fue casi nula.

En las restantes profundidades, la latencia forzada permaneció relativamente constante (45%-55%), durante los primeros 4 meses, y luego se redujo levemente hasta niveles entre 30% y 41%, al final del período de evaluación.

Comparativamente, la proporción de semillas con latencia inducida o innata se redujo gradualmente y se mantuvo por debajo del 10% a partir del tercer mes, independientemente de la profundidad (Fig. 2b).

Indistintamente de la profundidad, siempre se determinaron más semillas con latencia forzada; por tanto, éste podría considerarse el proceso crítico de la fase pasiva del ciclo de vida de *E. colona*, debido a que es el componente que más contribuye con la longevidad. Un programa de manejo debería entonces incluir tácticas que eviten que un mayor número de semillas entren en latencia forzada, ya sea,

favoreciendo su descomposición en el suelo o su germinación y posterior destrucción.

La reducción en la porción persistente, constituida por las semillas que presentan latencia, se debió más a la pérdida de viabilidad, D_n , (Fig. 3b), que al incremento en la germinación *in situ*, D_g , (Fig. 3a). Lo contrario ocurrió en estudios realizados en Oregon y Costa Rica, donde la pérdida de semillas de *Bromus rigidus* y *Rottboellia cochinchinensis* respectivamente, se debió más a la germinación *in situ* (Gleichsner y Appleby 1989; Rojas *et al.* 1994).

Merino (1991) determinó que las semillas pierden su persistencia rápidamente sobre la superficie del suelo en un sistema de cero labranza. En este experimento también se obtuvo menor

persistencia en las semillas más superficiales (0 cm), pero a partir de los 5 cm la persistencia fue la misma.

El comportamiento de la porción no persistente de *E. colona*, constituida por las semillas que germinaron *in situ* y las semillas no viables, mostró que la lluvia durante el mes en que se estableció el experimento (Diciembre, 1994) permitió que algunas semillas colocadas sobre la superficie y a 5 cm germinaran; en las restantes profundidades la germinación fue muy reducida (Fig. 3a). El promedio de germinación para los tres primeros meses fue de 11% y 7% a 0 y 5 cm, respectivamente. Hair y Norris (1995) observaron que *E. crus-galli* también germinó principalmente en los primeros 10 cm del suelo.

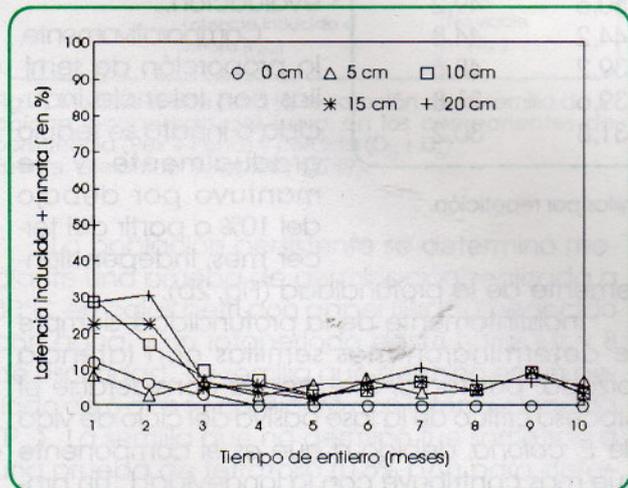
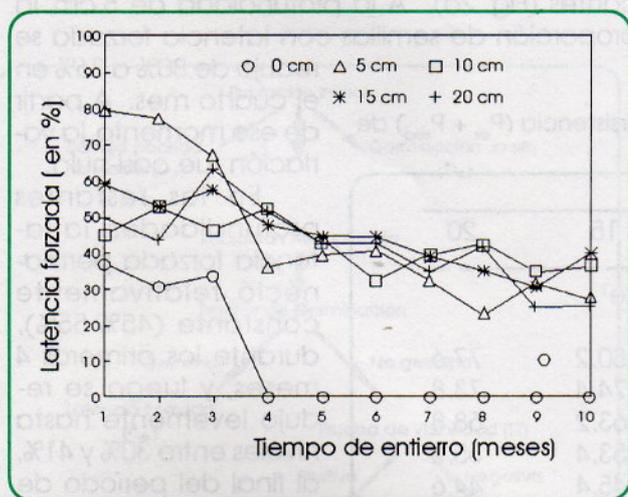


Fig. 2. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* con latencia forzada A (arriba), y semillas con latencia inducta o innata B (abajo), a diferentes tiempos y profundidades.

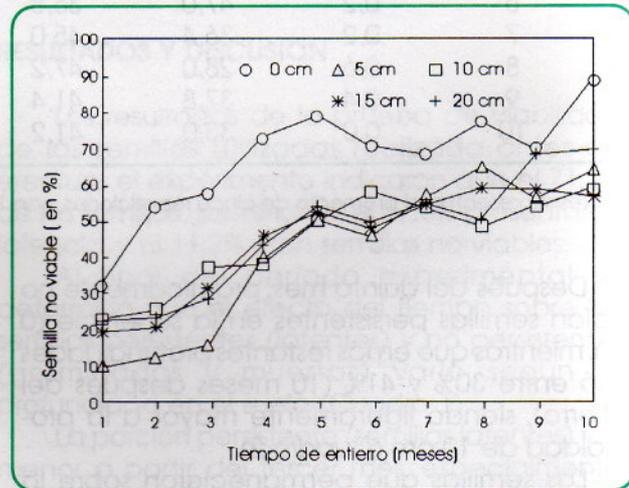
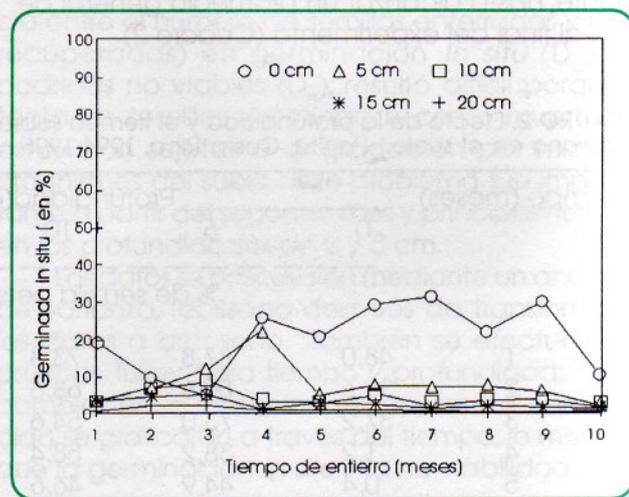


Fig. 3. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* germinadas *in situ* A (arriba); y semillas no viables B (abajo), a diferentes tiempos y profundidades.

favoreciendo su descomposición en el suelo o su germinación y posterior destrucción.

La reducción en la porción persistente, constituida por las semillas que presentan latencia, se debió más a la pérdida de viabilidad, D_n , (Fig. 3b), que al incremento en la germinación *in situ*, D_g , (Fig. 3a). Lo contrario ocurrió en estudios realizados en Oregon y Costa Rica, donde la pérdida de semillas de *Bromus rigidus* y *Rottboellia cochinchinensis* respectivamente, se debió más a la germinación *in situ* (Gleichsner y Appleby 1989; Rojas *et al.* 1994).

Merino (1991) determinó que las semillas pierden su persistencia rápidamente sobre la superficie del suelo en un sistema de cero labranza. En este experimento también se obtuvo menor

persistencia en las semillas más superficiales (0 cm), pero a partir de los 5 cm la persistencia fue la misma.

El comportamiento de la porción no persistente de *E. colona*, constituida por las semillas que germinaron *in situ* y las semillas no viables, mostró que la lluvia durante el mes en que se estableció el experimento (Diciembre, 1994) permitió que algunas semillas colocadas sobre la superficie y a 5 cm germinaran; en las restantes profundidades la germinación fue muy reducida (Fig. 3a). El promedio de germinación para los tres primeros meses fue de 11% y 7% a 0 y 5 cm, respectivamente. Hair y Norris (1995) observaron que *E. crus-galli* también germinó principalmente en los primeros 10 cm del suelo.

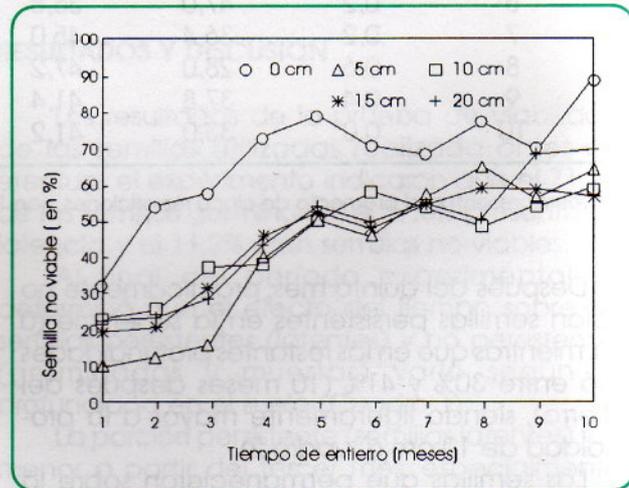
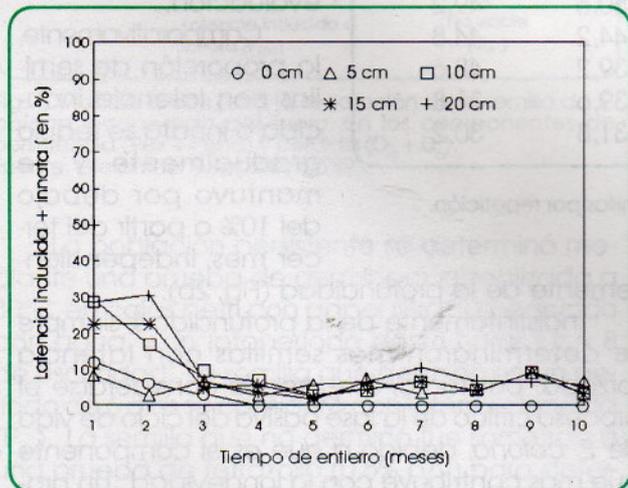
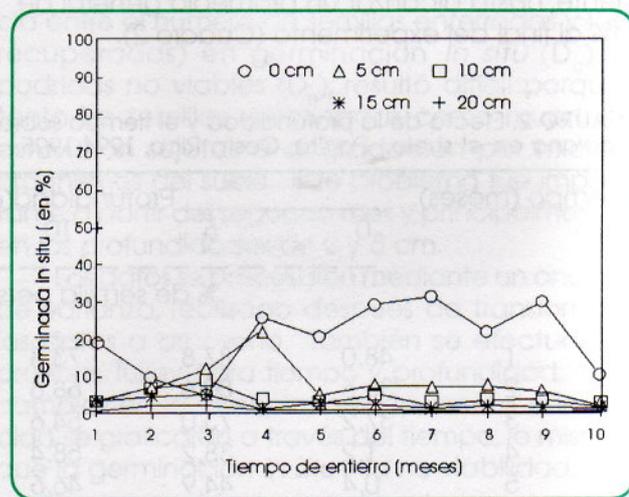
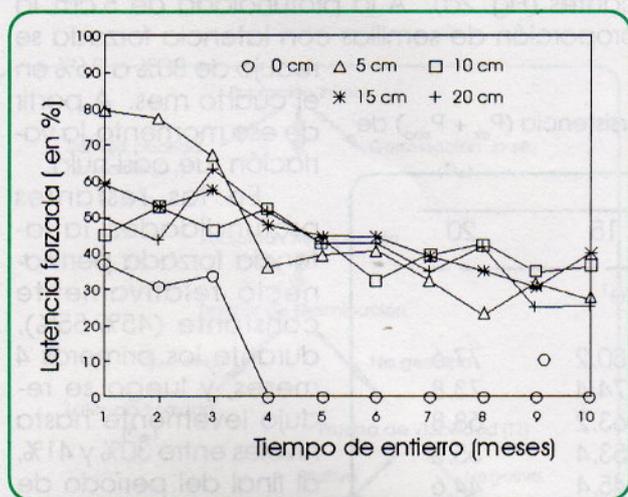


Fig. 2. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* con latencia forzada A (arriba), y semillas con latencia inducida o innata B (abajo), a diferentes tiempos y profundidades.

Fig. 3. Porcentaje promedio de semillas de *E. colona* germinadas *in situ* A (arriba); y semillas no viables B (abajo), a diferentes tiempos y profundidades.

Se esperaba que el porcentaje de semillas germinadas, al inicio del experimento, permaneciera más o menos constante o aumentara en las siguientes evaluaciones del mismo tratamiento. Sin embargo, un ataque de *Curvularia* sp. no permitió identificar las semillas que germinaron antes del ataque del hongo, y entonces se observó una reducción en el registro de germinación durante el segundo y el tercer mes, con respecto al porcentaje contabilizado en la primera evaluación. Si se incluyeran las semillas afectadas por *Curvularia* sp., los porcentajes de germinación de las semillas en la superficie serían 31, 28 y 20 en dicho período.

A 5 cm de profundidad, la germinación se mantuvo relativamente constante durante todo el período, excepto en el cuarto mes donde hubo un incremento sustancial debido a que, por razones desconocidas, la germinación en dos de las cinco repeticiones fue anormalmente alta (Fig. 3a).

La germinación a 0 y 5 cm se mantuvo relativamente constante a partir del cuarto mes e incluye con certeza las semillas que germinaron luego de iniciado el período lluvioso, ya que las germinadas en el primer mes en su mayoría se habían degradado, imposibilitando su evaluación. Es decir, durante los 10 meses de experimentación ocurrieron dos germinaciones fuertes, una al inicio del trabajo (Diciembre, 1994) y la segunda luego de iniciado el período lluvioso (marzo, 1994).

A los 10, 15 y 20 cm, factores limitantes como la humedad, el intercambio gaseoso y la falta de luz, posiblemente impidieron que un mayor número de semillas germinaran. La germinación resultó más crítica después de iniciadas las lluvias, debido a que el nivel freático en el sitio experimental se encontraba a unos 10 cm de profundidad. En promedio, la germinación fue inferior al 10% durante los 10 meses de experimentación (Fig. 3a).

Holm (1972) demostró que conforme decrece el nivel de oxígeno en los microambientes de semillas sembradas, se acumulan acetaldéhidos, etanol y cetonas, en cantidades suficientes para inhibir la germinación.

La pérdida de viabilidad (D_n) aumentó conforme transcurrió el tiempo. Un mes después de enterradas, la mortalidad en las semillas colocadas sobre la superficie casi se había triplicado, y duplicado en las restantes profundidades, con respecto al 11% de mortalidad

registrado antes del inicio del experimento (Fig. 3b).

En las evaluaciones posteriores se evidenció una tasa de mortalidad creciente hasta el quinto mes, a partir del cual se mantuvo prácticamente constante. La mortalidad de semillas en la superficie pasó del 30% al inicio del experimento a más del 70% seis meses después, para alcanzar 90% al final del período de evaluación, difiriendo estadísticamente ($P < 0,05$) de las restantes.

A una profundidad de 5 cm, el incremento en la mortalidad fue leve durante los tres primeros meses (10%-15%); sin embargo, al final del período superó el 60% (Fig. 3b). Los resultados no difirieron con los registrados para las profundidades de 10 a 20 cm. En estas últimas profundidades, la mortalidad promedio pasó de 23% en el primer mes, hasta 61% en el último.

A pesar del incremento en la mortalidad y la pérdida de algunas semillas por germinación, diez meses después de iniciado el experimento aún persiste cerca del 34% de semillas de *E. colona*, en contraste con lo informado por Egley y Chandler (1978) para *E. crus-galli*. Ellos encontraron en Stoneville, que de 20 especies estudiadas, ésta presentó la menor longevidad en el suelo, ya que menos del 6% de las semillas sobrevivieron 6 meses o más, encontrando sólo un 1% sobrevivientes 30 meses después de iniciado el experimento. Resultados similares menciona Taylorson (1970), quien determinó en un experimento realizado en Maryland, que muy pocas semillas de *E. crus-galli* sobrevivieron después de pocos años en el suelo, encontrando menor sobrevivencia en los primeros 2,5 cm del suelo; pero muchas semillas sobreviviendo a 15,5 cm de profundidad. El investigador sugiere que las fluctuaciones ambientales fueron más extremas cerca de la superficie, favoreciendo la ruptura de la latencia y la germinación *in situ*.

Los resultados de esta investigación son similares a los encontrados por Taylorson (1970) para *E. crus-galli*, porque 10 meses después de iniciado el estudio no habían semillas latentes en la superficie, pero cuando la semilla se enterró, las latentes representaron entre 30% y 40%.

La poca persistencia de las semillas de *E. colona* en la superficie del suelo, posiblemente se debió a la alta mortalidad causada por *Curvularia* sp. durante los primeros 3 meses. Además, la mayoría de las bolsas colocadas en la superficie fueron cubiertas por el lodo, después del inicio de las lluvias, facilitando la degradación

de las semillas por la acción microbiana o quizá porque a este nivel podrían ocurrir cambios más bruscos en las condiciones ambientales. No ocurrió lo mismo con las semillas enterradas, porque a pesar que estuvieron sumergidas en el agua, principalmente después de los 10 cm, no se presentó *Curvularia* y las condiciones ambientales probablemente fueron menos favorables para la acción microbiana.

En conclusión, las semillas de *E. colona* tienen corta longevidad, porque a los 10 meses dejaron de persistir el 70% de las que estaban enterradas, sin influir la profundidad; aquellas colocadas sobre la superficie tienen un período de persistencia aun menor. La persistencia obedece principalmente a la latencia forzada, mientras que la pérdida de viabilidad y no la germinación, resultó ser el mecanismo primario para la pérdida de la persistencia. Los resultados de esta investigación sugieren que a corto plazo se podría reducir significativamente el banco de semillas de *E. colona* evitando al máximo que nuevas semillas se incorporen al suelo y facilitando las pérdidas por muerte o germinación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero de la Overseas Development Administration a través del Natural Resources Institute, Proyecto EMC X-0243 y del Proyecto RENARM/MIP del CATIE. A Phill Shannon por sus sugerencias y comentarios y al señor Miguel Guadamuz (q.d.d.g.) por facilitarnos el terreno para establecer el experimento.

LITERATURA CITADA

BARRALIS, G.; CHADOEUF, R.; LONCHAMP, 1988. Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research* 28:407-418.

BASKIN, J.K.; BASKIN, C.C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *BioScience* 35:492-498.

EGLEY, G.H.; CHANDLER, J.M. 1978. Germination and viability of weed seeds after 2.5 years in a 50-year buried seed study. *Weed Science* 26:230-239.

GARRO, J.E.; DE LA CRUZ, R.; SHANNON, P.J. 1991. Propanil resistance in *Echinochloa colona* populations with different herbicide use histories. In Brighton Crop Protection Conference-Weeds (1991, Brighton, England) (Proceedings). British Crop Protection Council. p. 1079-1083.

GLEICHNER, J.A.; APPLEBY, A.P. 1989. Effect of depth and duration of seed burial on Rippgut Brome (*Bromus rigidus*). *Weed Science* 37:68-72.

HAIR M. W., NORRIS R.F. 1995. Impact of off-season cultural practices on the ecology of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) seed bank dynamics in agricultural systems. *WSSA Abstracts* 35:158.

HOLM, R.E. 1972. Volatile metabolites controlling germination in buried weed seeds. *Plant Physiology* 50:293-297.

MERINO-MEJIA, C.I. 1991. Comportamiento ecológico del banco de semillas de malezas en el Trópico Húmedo. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 72 p.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J. 1984. *Weed ecology*. New York, USA, John Wiley & Sons. 265 p.

ROJAS, C.E.; MERAYO, A.; CALVO, G. 1994. La profundidad y duración en el suelo de la semilla de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* Lour. W.D. Clayton), y su efecto sobre la viabilidad y persistencia en el trópico seco. *Revista Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica*, 32:25-29.

SCHAFFER, D.E.; CHILCOTE, D.O. 1969. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. I. A model for analysis of parameters of buried seed persistence and depletion. *Crop Science* 9:417-418.

TAYLORSON, R.B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soils. *Weed Science* 18:265-269

THILL, D.C.; LISH, J.M.; CALLIHAN, R.H.; BECHINSKI, E.J. 1991. Integrated weed management—a component of integrated pest management: a critical review. *Weed Technology* 5:648-656.

VALVERDE, B.E.; GARITA, I.; RICHES, C.R.; CASELEY, J.C.; CHACON, L.A. 1995. Integrated management of propanil resistant *Echinochloa colona* in dryland rice in Costa Rica. In International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicides. (April 1995, Cordoba, Spain). p 218.

MORTALIDAD DE ADULTOS DE *Bemisia tabaci* CON EXTRACTOS DE HOMBRE GRANDE (*Quassia amara*)

Douglas Cubillo*
Guido Sanabria*
Luko Hilje*

RESUMEN

En un invernadero, en Turrialba, Costa Rica, se evaluaron seis dosis de dos extractos (acuoso y metanólico) de hombre grande (*Q. amara*): 5, 10, 15, 20, 25 y 50 ml/l de agua (Q05, Q10, Q15, Q20, Q25 y Q50), las cuales se compararon con un festigo relativo (endosulfán) y uno absoluto (agua). La solución madre de *Q. amara* se preparó con 1,3 kg de madera, para obtener un volumen final de 250 ml. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. Las sustancias se asperjaron a plantas de frijol, que se colocaron en cajas de manga, y se liberaron 100 adultos de *B. tabaci* por repetición. Se contaron los adultos posados (2, 4 y 24 h), adultos vivos (48 h) y huevos depositados. Todas las dosis de ambos extractos de *Q. amara* mataron al insecto, pero los extractos metanólicos en general fueron superiores, especialmente, las dosis mayores (Q20, Q25 y Q50).

Palabras claves: *Bemisia tabaci*, Hombre grande, *Quassia amara*, Simaroubaceae, Extractos vegetales.

MORTALITY OF *Bemisia tabaci* ADULTS BY BITTERWOOD (*Quassia amara*) EXTRACTS

ABSTRACT

In Turrialba, Costa Rica, six doses of two bitterwood (*Q. amara*) extracts (aqueous and metanolic) were tested, under greenhouse conditions: 5, 10, 15, 20, 25 and 50 ml/l of water (Q05, Q10, Q15, Q20, Q25 y Q50). This solutions were compared to a relative (endosulfan) and an absolute control (water). The source solution of *Q. amara* was prepared from 1.3 kg of wood, to obtain a final volume of 250 ml. A completely random block design was used. The substances were sprayed over bean plants, placed inside sleeve cages to which 100 *B. tabaci* adults per replicate were released. The number of landed (2, 4 y 24 h) and living adults (48 h), as well as deposited eggs was counted. All doses of both *Q. amara* extracts were able to kill the insect, but metanolic extracts in general were superior, especially at the higher doses (Q20, Q25 and Q50).

Key words: *Bemisia tabaci*, Bitterwood, *Quassia amara*, Simaroubaceae, Plant extracts.

INTRODUCCION

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) ha causado fuertes pérdidas en varios cultivos en Mesoamérica y el Caribe, especialmente por la transmisión de geminivirus, según informes de los países de dicha región (Hilje y Arboleda 1993). La respuesta de los agricultores ha sido la utilización de insecticidas, lo cual ha propiciado el desarrollo de resistencia por parte de *B. tabaci* a todos los grupos químicos convencionales (Dittrich *et al.* 1990).

La importancia del problema justifica el desarrollo de insecticidas con nuevos modos de acción, dentro de los cuales algunos principios activos de origen vegetal podrían ser importantes (Henneberry *et al.* 1994). Así sucede con extractos de la semilla de nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae), los cuales son eficaces contra *B. tabaci* (BOSTID 1992).

Una posibilidad poco explorada es el empleo del hombre grande, *Quassia amara* (Simaroubaceae), que en los primeros decenios del siglo fue utilizado como insecticida, al igual que otros de origen botánico (Metcalf y Flint 1965). Actualmente existe interés de promover este arbusto como un recurso aprovechable por comunidades indígenas mesoamericanas, y en años recientes se han estudiado los aspectos ecológicos, silviculturales y de mercadeo de esta especie (Ocampo 1995). De su madera se

Recibido: 17/07/97. Aprobado: 23/09/97.

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

extraen cuasinoïdes, entre los que destacan la cuasina y neocuasina (Polonsky 1973), los cuales pueden matar a varias especies de homópteros, lepidópteros y coleópteros (Grainge y Ahmed 1988, Stoll 1989).

Dicho efecto, por contacto, fue demostrado con un extracto etanólico sobre adultos de *B. tabaci* (Cubillo *et al.* 1995), aunque dicho extracto no era muy refinado. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la mortalidad causada por extractos más refinados de *Q. amara*, uno acuoso y otro metanólico.

MATERIALES Y METODOS

Localización. La evaluación del efecto insecticida de dos extractos de *Q. amara* (metanólico y acuoso) se realizó en un invernadero del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, utilizando plantas de frijol var. Negro huasteco. Los adultos de *B. tabaci* se tomaron de colonias criadas en plantas de tomate y frijol, en otro invernadero.

Preparación de los extractos. Las muestras de *Q. amara* se recolectaron en la reserva indígena de Kéköldi, en Talamanca, Costa Rica. El extracto se preparó en el Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE, de la siguiente manera (Franklin López 1997, CATIE, com. pers.). La madera de *Q. amara* se secó a 60°C por 72 h; posteriormente se trituró en partículas de 3 mm, utilizando un molino marca Wiley Mill(*). Se tomaron dos porciones del material molido de 1,3 kg cada una; una de estas porciones se mezcló con 1,3 l de agua destilada a 50°C y se dejó durante 4 h a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla se filtró para obtener una disolución y con el remanente sólido se repitió dos veces más el mismo procedimiento, para un total de tres extracciones. La segunda porción del material molido se mezcló con 1,3 l de metanol al 95% y se dejó por 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente, la solución se filtró y al igual que con el extracto acuoso se realizaron dos extracciones más utilizando la misma muestra. En ambos casos, las tres disoluciones de cada tipo de extracto se combinaron y se colocaron en un rotaevaporador a 40°C (agua destilada) o 30°C (metanol), para reducir el volumen y obtener una solución madre de 250 ml.

(*)Molino Willey Mill. Arthur H. Thomas. Philadelphia. EE.UU.

La concentración de sólidos totales del extracto crudo metanólico fue de 11,3% y para el extracto acuoso no se pudo determinar.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos evaluados fueron seis dosis de cada extracto: 5, 10, 15, 20, 25 y 50 ml/l de agua. Estos se compararon con un testigo relativo de eficacia reconocida, endosulfán (0,875 g i.a./ l de agua) y uno absoluto (agua). Los tratamientos se denominaron Q05, Q10, Q15, Q20, Q25, Q50, END y TAB.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; éstas se hicieron en diferentes fechas, por razones de espacio, pero en cada fecha hubo una serie completa de tratamientos, incluyendo un testigo. La unidad experimental consistió en tres plantas, colocadas en una caja de manga.

Plantas y aspersión. Los extractos se asperjaron en plantas con dos hojas verdaderas, mediante un atomizador DeVilbiss 15(**), de punta ajustable, conectado a una bomba de vacío (Cubillo y Hilje 1996), con una presión constante de 10 kg/cm². Las plantas utilizadas para cada tratamiento se asperjaron con cada sustancia en forma separada, en una sala para aplicaciones, para lo cual se colocaron sobre una mesa y se rociaron por el envés y el haz del follaje. Treinta minutos después de asperjadas se introdujeron en cajas de manga de 30x30x45 cm, con paredes de madera, malla fina y vidrio (Serra 1996).

Insectos. Dentro de las cajas se liberaron 100 adultos de *B. tabaci*, sin sexar, y 2 min después se revisó el frasco recolector del aspirador para determinar la existencia de adultos muertos, reemplazarlos y compensar la mortalidad debida al manipuleo.

Variables de respuesta y análisis estadístico. Los criterios para determinar el grado de mortalidad fueron la cantidad de: **adultos posados** en el envés de ambas hojas, 2, 4 y 24 h después de aplicados los tratamientos (hda); **adultos extraídos vivos** a las 48 hda; y **huevos depositados** hasta las 48 hda. El recuento de huevos se hizo con un estereoscopio.

(**)The DeVilbiss, Somerset, PA, EE.UU.

Se realizaron análisis de varianza, y las medias de cada tratamiento se compararon mediante la prueba de Duncan. Los datos de adultos extraídos y huevos fueron transformados mediante $(x+0,5)$. Los resultados se expresaron también como el porcentaje de reducción de cada variable con respecto al testigo, mediante la siguiente fórmula (Cubillo y Hilje 1996): $R(\%) = (P_{Te} - P_{Tr} / P_{Te}) 100$, donde: R (reducción), P_{Te} (promedio del testigo) y P_{Tr} (promedio del tratamiento).

RESULTADOS Y DISCUSION

Al considerar el número de adultos posados y adultos extraídos vivos, fue evidente que todos los tratamientos con el extracto acuoso de *Q. amara* causaron mortalidad de adultos de *B. tabaci* ($P < 0,05$); sin embargo, ninguno superó al endosulfán ($P < 0,05$) (Cuadro 1). Estas tendencias se manifestaron también en el número de huevos depositados. En este último, el endosulfán no difirió estadísticamente de varios tratamientos, pero fue el que mostró el menor valor.

La mortalidad causada por los extractos acuosos fue errática, pues no siempre guardó relación con el incremento en la dosis, aunque tendió a ser mayor en Q50, especialmente con el mayor tiempo de exposición, a las 48 h (Cuadro 1); ello también se reflejó en los valores de oviposición. El nivel de mortalidad con respecto al testigo absoluto varió entre 60,2% y 87,8%, a las 48 h (Fig. 1A), mientras que el endosulfán había alcanzado 100% desde las 24 h (Cuadro 1). Sin embargo, todos los tratamientos con este tipo de extracto de *Q. amara* superaron al testigo en cuanto a las variables evaluadas.

Todos los tratamientos con el extracto metanólico de *Q. amara* superaron al testigo en cuanto al número de adultos posados, adultos extraídos y huevos depositados ($P < 0,05$), al causar mayor mortalidad e, indirectamente, menor oviposición. Incluso algunos tratamientos (Q20 y Q50) igualaron al endosulfán desde las 4 h (Cuadro 2). En general, la mortalidad causada por los extractos se incrementó conforme aumentó la dosis, con excepción de Q25, por razones desconocidas.

CUADRO 1. Número promedio de adultos (posados y extraídos) y huevos de *B. tabaci*, para extractos acuosos de *Q. amara*. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	Adultos posados			Adultos extraídos	Huevos
	2 h	4 h	24 h		
Testigo absoluto	84,5a	91,2a	86,5a	94,2a	301,7a
<i>Q. amara</i> 5%	55,7b	53,2b	43,7b	37,2b	84,5b
<i>Q. amara</i> 10%	49,2b	36,2bc	31,7b	31,5bc	32,2bc
<i>Q. amara</i> 15%	29,2c	29,2c	35,7b	32,5bc	37,5bc
<i>Q. amara</i> 20%	43,5bc	31,2c	39,2b	37,5b	50,0b
<i>Q. amara</i> 25%	47,0bc	37,0bc	26,7b	29,5bc	28,5bc
<i>Q. amara</i> 50%	37,7bc	21,7c	26,5b	11,5c	24,0bc
Endosulfán	15,5d	6,0d	0,0c	0,0d	2,2c

Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.

Los datos de adultos extraídos y huevos fueron transformados mediante $\sqrt{(x+0,5)}$.

CUADRO 2. Número promedio de adultos (posados y extraídos) y huevos de *B. tabaci*, para extractos metanólicos de *Q. amara*. Turrialba, Costa Rica. 1997.

Tratamiento	Adultos posados			Adultos extraídos	Huevos
	2 h	4 h	24 h		
Testigo absoluto	89,0a	91,5a	93,5a	77,7a	289,0a
<i>Q. amara</i> 5%	49,5 b	41,7b	51,2b	46,5b	61,5b
<i>Q. amara</i> 10%	44,5b	39,7b	35,2c	22,7bc	36,0bc
<i>Q. amara</i> 15%	38,7b	26,5bc	20,0cd	14,7cd	25,2bc
<i>Q. amara</i> 20%	33,7b	16,5cd	15,5de	5,7de	17,7cd
<i>Q. amara</i> 25%	40,2b	38,7b	23,2cd	5,7de	37,2bc
<i>Q. amara</i> 50%	32,0b	15,0cd	10,5de	0,2e	7,2d
Endosulfán	1,0c	0,5d	0,0e	0,0e	0,2d

Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$), según la prueba de Duncan.
 Los datos de adultos extraídos y huevos fueron transformados mediante $\sqrt{(x+0,5)}$.

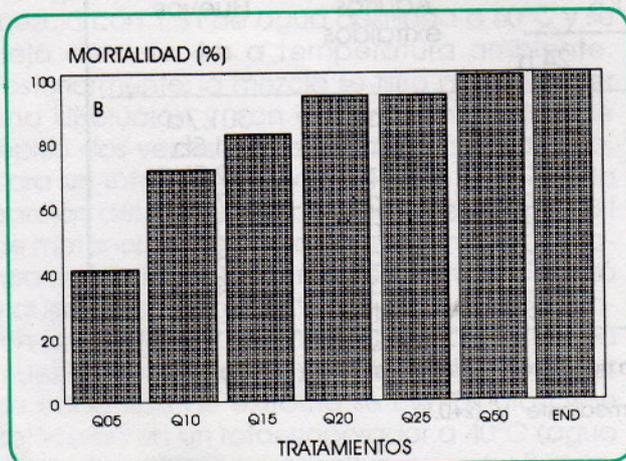
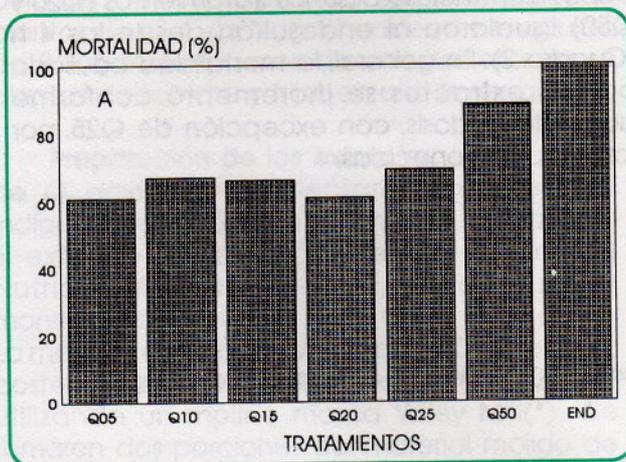


Fig. 1. Mortalidad de adultos de *B. tabaci* causada hasta las 48 h, por las diferentes dosis de los extractos acuoso (A) y metanólico (B) de *Q. amara*, en comparación con el testigo (endosulfán). Turrialba, Costa Rica. 1997.

El nivel de mortalidad con respecto al testigo varió entre 40,2% y 99,7%, a las 48 h (Fig. 1B), mientras que en el endosulfán había alcanzado 99% desde las 2 h (Cuadro 2). Q20 y Q50 igualaron en mortalidad al endosulfán desde las 4 h, y Q25 lo hizo a las 48 h. Para Q20 y Q50 la alta mortalidad se reflejó en la baja oviposición, pero esto no ocurrió para Q25 (Cuadro 2), quizás porque las hembras ya habían colocado suficientes huevos en las primeras 24 h. Es decir, para que Q25 incrementara tanto la mortalidad fue necesario aumentar el tiempo de exposición al producto; sin embargo, esto no ocurrió con una dosis inferior, como Q20.

En síntesis, estos datos sustentan el efecto insecticida de los cuasinoides presentes en la madera de *Q. amara* (Polonsky 1973), y reafirman los hallazgos previos para adultos de *B. tabaci* (Cubillo *et al.* 1995). Además, los extractos metanólicos superaron a los acuosos, como lo revelan los valores de mortalidad a las 48 h y los de oviposición.

Los tratamientos más sobresalientes fueron los extractos metanólicos Q20, Q25 y Q50, lo cual en general coincide con datos previos (Cubillo *et al.* 1995). Estos resultados son promisorios desde el punto de vista aplicado, pues dichas dosis causaron altos niveles de mortalidad, a pesar del escaso o nulo grado de elaboración industrial del producto. Aunque no mostraron el efecto fulminante, de mortalidad por contacto, del endosulfán (Thomson 1989) que es uno de los insecticidas sintéticos más eficaces contra *B. tabaci*, (Cubillo *et al.* 1994, Dittich *et al.* 1990),

lo igualaron cuando tuvieron más tiempo para actuar.

Hacia el futuro, sería recomendable realizar pruebas de campo para valorar la persistencia de los extractos y buscar métodos de formulación que permitan incrementarla. Además, debería estudiarse la persistencia del sabor amargo del extracto en frutos y follaje (Stoll 1989), pues ello sería crítico en hortalizas como el tomate, chile dulce, vainica y cucurbitáceas. Afortunadamente, los extractos de la madera de *Q. amara* no implican riesgos para la salud humana, si se ingieren, lo cual explica que tradicionalmente se empleen como agente digestivo (García *et al.* 1996).

AGRADECIMIENTOS

A Tania Ammour y Jorge Jiménez (Proyecto OLAFO, CATIE), la iniciativa y financiamiento para desarrollar este trabajo, así como el aporte de las muestras de *Q. amara*. A Franklin López (CATIE), la preparación de los extractos. A Paúl Gómez, el apoyo en el experimento.

LITERATURA CITADA

BOSTID (Board on Science and Technology for International Development). 1992. *Neem: A tree for solving global problems*. Washington D.C., National Academy Press. 139 p.

CUBILLO, D.; HILJE, L. 1996. Repelentes. *In* Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. L. Hilje (ed.). Serie Materiales de Enseñanza No. 37. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 77-83.

CUBILLO, D.; SOSA, O.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1995. Efecto de un extracto de *Quassia amara* sobre la mosca blanca. *In* Ocampo, R.A. (ed.). Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Serie Técnica. Informe Técnico No. 267. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 105-109.

DITTRICH, V.; UK, S.; ERNST, G.H. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). New Castle, UK. Athenaeum Press. p. 263-285.

GARCIA, M.; GONZALEZ, S.M.; PAZOS, L. 1996. Actividad farmacológica del extracto acuoso de madera de *Quassia amara* (Simarubaceae) en ratas y ratones albinos. *Rev. Biol. Trop.* (Costa Rica). 44(3)/45(1):47-50.

GRAINGE, M.; AHMED, S. 1988. *Handbook of plants with pest-control properties*. John Wiley & Sons, New York. 470 p.

HENNEBERRY, T.J.; TOSCANO, N.C.; FAUST, R.M.; COPPEDGE, J.R. (eds.). 1994. Silverleaf Whitefly (formerly Sweetpotato Whitefly, Strain B): 1994 Supplement to the Five-Year National Research and Action Plan. 2nd Annual Review. Orlando, Florida. U.S. Department of Agriculture. 224 p.

HILJE, L.; ARBOLEDA, O. (eds.). 1993. *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.

METCALF, C.L.; FLINT, W.P. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles*. 1 ed. español. CECSA, México D.F. 1208 p.

OCAMPO, R.A. (ed.). 1995. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Serie Técnica. Informe Técnico No. 267. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 185 p.

POLONSKY, J. 1973. Quassinoid bitter principles. *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe* 30: 101-150.

SERRA, C. 1996. Biología de moscas blancas. *In* Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. L. Hilje (ed.). Serie Materiales de Enseñanza No. 37. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 11-21.

STOLL, G. 1989. *Protección natural de cultivos en las zonas tropicales*. Alemania Federal. Ed. Científica Josef Margraf. 184 p.

THOMSON, W.T. 1989. *Agricultural chemicals. I. Insecticides, acaricides and ovicides*. Fresno, California. Thomson Publ. 288 p.

EFECTO LARVICIDA DE EXTRACTOS ACUOSOS VEGETALES SOBRE *Aedes aegypti*

María del Carmen Sánchez*
Nubia González**
Eutimio González**

RESUMEN

En condiciones de laboratorio se evaluó la toxicidad de extractos acuosos de especies vegetales en *Aedes aegypti* L., de 4° instar larval. Las plantas evaluadas pertenecen a las familias fueron: Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Solanaceae y Verbenaceae. Los extractos se prepararon con 50 g de producto vegetal fresco y 150 ml de agua destilada. Se evaluaron cuatro repeticiones por tratamiento y 20 larvas por cada una. La mortalidad se evaluó a las 12, 24 y 48 horas después de la inmersión. Los resultados de mortalidad fueron positivos, con *Annona muricata* L. (guanábano), *Melia azedarach* L. (alelí), *Lycopersicon esculentum* Mill. variedad ceraciforme (tomate silvestre) y *Tamarindus indica* L. (tamarindo) *A. muricata* causó 100% de mortalidad; de esta especie se probaron diferentes diluciones en agua destilada, en concentraciones de 25, 32, 64, 95, 127, 159, 190, 222, 254 y 285 ppm. De cada concentración se realizaron cuatro repeticiones con 20 larvas de 4° instar por tratamiento. En todas las concentraciones se observó 100% de mortalidad después de 12 horas de inmersión.

Palabras claves: *Aedes aegypti*, *Annona muricata*, Extractos acuosos vegetales.

LARVICIDAL EFFECT OF AQUEOUS PLANT EXTRACTS ON *Aedes aegypti* L. (DIPTERA: CULICIDAE)

ABSTRACT

Eighteen bioassays were tested in order to evaluate insecticidal properties of aqueous plant extracts against *Aedes aegypti* L. 4° instar larvae under laboratory conditions. The plants tested belong to the botanical families: Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Solanaceae and Verbenaceae. Plant extracts were prepared by mixing 50 g of fresh material of each plant with 150 ml of distilled water. Twenty-four instar larvae were used in each plant extracts. Mortality was observed after 12, 24 and 48 hours of immersion. *Annona muricata* L. (guanábano), *Melia azedarach* L. (alelí), *Lycopersicon esculentum* Mill. var. ceraciforme (wild tomatoes) and *Tamarindus indica* L. (tamarindo) had insecticidal effect on *A. aegypti* larvae. *A. muricata* caused 100% mortality and was tested at dilutions with distilled water at 25, 32, 64, 95, 127, 159, 190, 222, 254 and 285 ppm concentrations. Four replications for each concentration with their controls were carried out and twenty fourth larvae were used for each replicate. After 12 hours of immersion, 100% mortality was observed with all concentrations.

Key words: *Aedes aegypti*, *Annona muricata*, Plant extracts.

INTRODUCCION

La protección química de las plantas es uno de los métodos más utilizados en la lucha contra los insectos dañinos. Antes de desarrollarse los insecticidas órgano-sintéticos, se emplearon en el control de plagas sustancias naturales extraídas de las plantas (Jacobson 1971). Los productos fitoquímicos pueden ser extraídos de todas

las partes de una planta, o de partes específicas de la misma, y su efectividad varía frecuentemente según las especies de mosquitos (Sukumar *et al.* 1991).

Se han evaluado derivados fitoquímicos de especies de plantas que presentan efectos tóxicos contra las larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Algunas de las especies evaluadas son *Cestrum thyrsoides* H.B. & K., *C. anagyris* Dun., *C. elegans* Schlecht., *C. nocturnum* L., *Lema minor* L., *Elodea canadensis* Rich in Michx., *Nymphaea tuberosa* Paine, *Utricularia minor* L., *Callitriche palustris* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Ranunculus aquatilis* L., *Chara globularis* Desv., *Artemisia*

Recibido: 6/11/96. **Aprobado:** 10/06/97.

*Dpto de Protección Vegetal FONAIAP-CENIAP, Apdo 4653, Maracay 2101. Edo. Aragua, Venezuela.

**Instituto de Química y Tecnología Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo 4579, Maracay 2101-A, Edo. Aragua, Venezuela.

borealis Pall. Rehíce, *Echinops grijsii* Hance, *Azadirachta indica* A. Jus., *Spilanthes Mauritanica* D. C., *Lavandula gibsonii* J. Grah. y *Allium sativum* L. (Rocha y Rodríguez 1990, Nello y Angerilli 1980, Wang *et. al.* 1990, Chang *et. al.* 1990, Balandrin *et. al.* 1988, Jodinko 1986, Sharma *et. al.* 1981, Amonkar y Reeves 1970).

En Venezuela, en la mayoría de los casos, la estrategia sanitaria para el control de larvas de *A. aegypti*, se ha realizado con insecticidas sintéticos, y existen pocas investigaciones sobre el uso de insecticidas botánicos. El objetivo de esta investigación fue detectar el efecto tóxico sobre las larvas de *A. aegypti*, de extractos acuosos de 18 especies de plantas.

MATERIALES Y METODOS

Las investigaciones de toxicidad de los extractos se realizaron en los laboratorios del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Las especies de plantas utilizadas se recolectaron en el Estado de Aragua en El Limón, Villa de Cura y Maracay (Cuadro 1).

Los extractos acuosos se prepararon para cada especie, utilizando 50 g de material vegetal fresco y 150 ml de agua destilada, los cuales fueron mezclados usando un homogeneizador eléctrico de alta velocidad durante 10 minutos. Posteriormente, se filtraron a través de un cedazo de tela de algodón. La solución filtrada se recogió en balones aforados, y se dejó en un cuarto oscuro durante 24 horas. Cada extracto obtenido (de concentración desconocida) se trasladó a matraces aforados; estas constituyeron las soluciones estándar a evaluar. En estos bioensayos se utilizaron larvas de *A. aegypti* de la estirpe Venezuela. Las larvas se criaron siguiendo la metodología de Tovar (1989).

Durante la investigación se realizó un experimento con 18 tratamientos; en cada una se utilizó un extracto y cuatro repeticiones. En cada repetición se usó un vaso plástico que contenía 48 ml de agua destilada y 2 ml de la solución estándar de ese tratamiento y 20 larvas de *A. aegypti* de 4° instar. Los testigos contenían 50 ml de agua destilada y 20 larvas de *A. aegypti* de 4° instar.

CUADRO 1. Especies de plantas utilizadas en los biensayos con *Aedes aegypti* L., Venezuela, 1995.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta utilizada para el extracto acuoso
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	mango	hojas maduras e inmaduras
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	guanábano	semillas
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	rosa de berbería	hojas maduras e inmaduras
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br.	algodón de seda	hojas maduras e inmaduras
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	cundiamor	hojas maduras e inmaduras
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyse</i> sp.	lecherito	planta entera
	<i>Phyllanthus</i> sp.	flor escondida	planta entera
Leguminosae	<i>Cassia siamea</i> Lam.	acacia	hojas maduras e inmaduras
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	mataratón	hojas maduras e inmaduras
	<i>Pithecolobium saman</i> (Jacq.) Benth.	samán	hojas maduras e inmaduras
	<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo	hojas maduras e inmaduras
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	alelí	frutos inmaduros
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	caucho	hojas maduras e inmaduras
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i> (L.)	pésjua extranjera	hojas maduras e inmaduras
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	trinitaria	hojas maduras e inmaduras
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. var. <i>ceraciforme</i>	tomate silvestre	hojas maduras e inmaduras tallos
	<i>Solanum nigrum</i> L.	hierba mora	hojas maduras e inmaduras
Verbenaceae	<i>Lantana</i> sp.	cariaquito	hojas maduras e inmaduras

La mortalidad larval se registró después de 12, 24 y 48 horas de inmersión, evaluando el efecto tóxico en función de comparaciones porcentuales. Después de observar en las larvas el efecto tóxico producido por los extractos, se seleccionó el que produjo mayor mortalidad para realizar las pruebas de susceptibilidad biológica. La concentración de la solución estándar seleccionada (50 g de material vegetal fresco y 150 ml de agua destilada) se dedujo por pignometría, siendo de 3170 ppm con base en la densidad del extracto. Con el propósito de evaluar el efecto tóxico de las diferentes concentraciones de este extracto se prepararon diluciones con agua destilada, utilizando 0,8; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 y 9 ml respectivamente, para completar 100 ml de solución. En esta evaluación se utilizaron 10 tratamientos y 4 repeticiones. En cada repetición se usó un vaso plástico con 100 ml de la solución respectiva y 20 larvas de *A. aegypti* en 4º instar. El testigo usado fue 100 ml, agua destilada, y 20 larvas de 4º instar. La mortalidad se registró a las 12 y 24 horas después de la inmersión. Posteriormente, se realizó un análisis de los valores porcentuales de mortalidad para determinar la dosis menor causante del 100% de mortalidad; para utilizarla en futuras evaluaciones de susceptibilidad que permitan obtener la CL_{50} y la CL_{95} .

CUADRO 2. Valores porcentuales de mortalidad de larvas de *Aedes aegypti* L. de 4º instar para extractos acuosos vegetales

Extracto acuoso	Porcentaje de mortalidad observado (horas)		
	12	24	48
Acacia	0,00	0,00	0,00
Alelí	0,00	15,00	22,00
Algodón de seda	0,00	0,00	0,00
Cariaquito	0,00	0,00	0,00
Caucho	0,00	0,00	0,00
Cundiamor	0,00	0,00	0,00
Flor escondida	0,00	0,00	0,00
Guanábano	100,00	100,00	100,00
Hierba mora	0,00	0,00	0,00
Lecherito	0,00	0,00	0,00
Mango	0,00	0,00	0,00
Mataratón	0,00	0,00	0,00
Pésjua extranjera	0,00	0,00	0,00
Rosa de berbería	0,00	0,00	0,00
Samán	0,00	0,00	0,00
Tamarindo	0,00	3,75	3,75
Tomate silvestre	0,00	5,00	10,00
Trinitaria	0,00	0,00	0,00
Testigo	0,00	0,00	0,00

Todas las concentraciones del extracto de semillas de guanábano de la variedad criolla produjeron 100% de mortalidad 12 horas después de efectuado el tratamiento. Estos resultados son similares a los obtenidos por Chang *et al.* (1990) con compuestos aislados de *E. grijsii*. Jacobson (1953) señaló que, *A. muricata* no presentó efectos tóxicos para las larvas de *Aedes*, mientras que Secoy y Smith (1983) la consideran como insecticida biológico.

Con base en lo anterior, se puede señalar que las plantas pueden ayudar en el manejo integrado de vectores con ventajas como menor impacto ambiental y costos más reducidos.

Es necesario continuar las evaluaciones con el extracto acuoso de guanábano para determinar si las concentraciones menores pueden causar mortalidad larval sin causar daño a los enemigos naturales. También es necesario determinar la factibilidad del empleo de estos extractos en el control domiciliario de larvas de *A. aegypti*.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se determinó actividad insecticida con el extracto de guanábano (*Anona muricata*) (100%) 12 horas después de la inmersión; y con los extractos de tamarindo (*Tamarindus indica*) (3,75%), tomate silvestre (*Lycopersicon esculentum* var *ceraciforme*) (5%) y alelí (*Melia azederach*) (15%) 24 horas después de la inmersión. Esta mortalidad se incrementó a las 48 horas con los extractos de tomate silvestre (10%) y alelí (22,50%) (Cuadro 2). Mwangi y Rebold (1986) informaron del incremento en la mortalidad larval de *A. aegypti*, después de 24 horas, con extractos obtenidos de frutos de *Melia volkensii* Guerke. *L. esculentum*, señalado como tóxico para diferentes insectos (Yang y Tang 1988, Jacobson 1971), en esta evaluación mostró baja toxicidad. El resto de los extractos botánicos no presentaron actividad larvicida.

AGRADECIMIENTO

A la profesora L. Cárdenas por la identificación botánica de las especies, al Ing. Agr. R. González por el mantenimiento de la colonia de *A. aegypti* y a los Institutos de Botánica Agrícola, Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

LITERATURA CITADA

AMONKAR, S.; REEVES. 1970. Mosquito control with active principle of garlic *Allium sativum*. J.Econ.Entomol.63(4):1172-1175.

BALANDRIN, M.; LEE, S.; KLOCKE, J. 1988. Biologically active volatile organosulfur compound from seeds of the neem tree *Azadirachta indica* (Meliaceae). J. Agric. and Food Chem. 36(5):1048-1054.

CHANG, C.; YANG, J.; HSU, M. 1990. Study on the natural components in *Echinops grijsii*. Planta Medica 56(6):533.

JACOBSON, M. 1953. Insecticides from plants. A review of the literature 1941-1953. U.S.A. Dep. Agric. Handb. 154 p.

_____. 1971. Insecticides from plants. A review of the literature 1954-1971. U.S.A. Dept. Agric. Handb. 461 p.

JODINKO, Y. 1986. A mosquito larvicide in *Spilanthes mauritania*. Phytochem. 25(10):2289-2290.

MWANGI, R.; REBOLD, H. 1986. Growth regulating activity of *Melia volkensii* extracts against the larvae of *Aedes aegypti*.

In International Neem Conference (3, 1986, Nairobi, Kenya). Proceedings. p. 669-681.

NELLO, P.; ANGERILLI, P. 1980. Influences of freshwater vegetation on the survival and oviposition by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Canadian Entomol. 112(12):1249-1252.

ROCHA, M.; RODRIGUEZ, C. 1990. Toxicidad de nueve especies de *Cestrum* (Solanaceae) en cuatro insectos de importancia económica en Chapingo, México, Chapingo 67-68:193.

SECOY, D.; SMITH, A. 1983 Use of plants in control of agricultural and domestic pests. Econ. Botany 37(1):28-57.

SHARMA, R.; BHOSADE, A.; JOSHI, V.; HEBBALKAR, D.; TUNGYKAR, V.; GUPTA, A.; PATWARDHAN, S. 1981. *Lavandula gibsonii*: a plant with insectistatic potential. Phytoparasitica 9(2):101-109.

SUKUMAR, K.; PERICH, M.; BOOBAR, L. 1991. Botanical derivatives in mosquito control: a review. J. Am. Mosq. Control Assoc. 7(2):210-237.

TOVAR, R. 1989. Susceptibilidad de poblaciones larvales de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) a la Cipermetrina High-Cis®. Tesis. Maracay, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 60 p.

WANG, Y.; TOYOTA, M.; KRAUSE, F.; HAMBURGUER, M.; HOSTETMANN, K. 1990. Antifungal and larvicidal polyacetylenes from *Artemisia borealis*. Planta Medica 56(6):532-533.

YANG, R.; TANG, C. 1988. Plants used for pest control in China: a review. Econ. Botany 42(3):376-404.

EXPERIENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL MANEJO DE PLAGAS FORESTALES EN COSTA RICA*

Marcela Arguedas Gamboa**
Luis Quirós Rodríguez***

RESUMEN

En Costa Rica hasta 1996 se han reforestado 140 000 ha. Sin embargo, en los programas de reforestación se han utilizado sistemas que favorecen el desarrollo y proliferación de problemas fitosanitarios, entre estos aspectos está la homogeneidad de especies, edades y genética, problemas con el manejo de germoplasma y el manejo silvicultural. El Programa Interinstitucional de Protección Forestal (PIPPOF) se creó con el objetivo de desarrollar proyectos de investigación en el manejo de plagas forestales, elaborar un diagnóstico y dar seguimiento a los problemas fitosanitarios de viveros y plantaciones forestales. Hasta 1996, se ha informado de la presencia de 453 especies plagas que afectan 109 especies forestales. Sin embargo, en Costa Rica la mayor parte de las experiencias en el uso de diferentes opciones de control de plagas en viveros y plantaciones forestales han respondido a necesidad de manejo inmediato y no existe un programa de manejo planificado. Se presenta la experiencia de manejo integrado de dos problemas fitosanitarios, la corona de agallas (*Agrobacterium tumefaciens*) en teca (*Tectona grandis*) y el descortezador (*Scolytodes alni*) del jaúl (*Alnus acuminata*).

Palabras claves: Plagas Forestales, Costa Rica.

EXPERIENCES AND PERSPECTIVES OF FOREST PEST MANAGEMENT IN COSTA RICA

ABSTRACT

Since 1996, 140 000 ha have been reforested in Costa Rica. Nevertheless, reforestation programs have utilized systems which favored the development and proliferation of phytosanitary problems, such as species homogeneity, age and genetics, and germplasm and silvicultural management difficulties. The Forest Protection Interinstitutional Program (PRIPPOF) was created to develop research projects in the areas of forest pest management, diagnostic design and follow-up of greenhouse and forest plantations phytosanitary problems. Up to 1996, 453 pest species which affect 109 forest species have been reported. However, most experiences conducted in Costa Rica, addressed to different pest control alternatives in greenhouses and forest plantations have responded mainly to immediate management needs for which there is not an structured management program in this country. This research offers the experiences of two phytosanitary problems integrated management, the crown gall (*Agrobacterium tumefaciens*) and the barker (*Scolytodes alni*) which affect *Tectona grandis* and *Alnus acuminata* respectively.

Key Words: Forest Pests, Costa Rica.

INTRODUCCION

En Costa Rica, los bosques naturales se destruyen a una tasa superior a las 50 000 ha anuales (Matamoros 1990, CCT/WRI 1992); reduciendo notoriamente la disponibilidad de materia prima para la industria maderera. El temor causado por el agotamiento de este recurso, ha llevado al Estado a fomentar políticas

de reforestación. Como resultado de estas acciones, hasta 1996 se habían reforestado 140 000 ha (Rojas 1997). Estas plantaciones se caracterizan por su homogeneidad en el número de especies utilizadas, edad, uso de semilla de mala calidad genética y en muchos casos, un manejo silvicultural deficiente, condiciones que han favorecido el desarrollo de plagas de considerable importancia económica (Hilje *et al.* 1991).

Desde 1984, el Programa Interinstitucional de Protección Forestal (PIPPOF), realiza un diagnóstico nacional de problemas fitosanitarios, brinda capacitación y asistencia técnica a técnicos y productores forestales y da

Recibido: 17/06/97. **Aprobado:** 23/09/97.

*Simposio Nacional sobre Plaguicidas. Universidad Nacional de Costa Rica. 1994

**Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Cartago, Costa Rica.

***Ministerio de Ambiente y Energía.

seguimiento a las principales plagas de plantaciones y viveros forestales (Arguedas *et al.* 1992). Sin embargo, en Costa Rica la investigación sobre las principales plagas forestales y la sistematización de las experiencias de manejo de estos organismos aún es deficiente (Arguedas 1991, Arguedas y Quirós 1995).

En este artículo se analiza la problemática de los sistemas tradicionales de reforestación utilizados en Costa Rica, específicamente desde el punto de vista de la proliferación de problemas fitosanitarios. Además se presenta un resumen del diagnóstico nacional, con referencias a las principales plagas, según la parte del árbol que afecta. También se mencionan los métodos de control más comunes, y se incluye ejemplos de alternativas al uso unilateral de plaguicidas.

SISTEMAS DE REFORESTACION Y PROBLEMAS FITOSANITARIOS

En Costa Rica, la reforestación se ha realizado utilizando sistemas que favorecen el desarrollo y proliferación de problemas fitosanitarios. Algunos de estos problemas son:

Homogeneidad de especies y de edades.

Costa Rica por su ubicación geográfica y características geomorfológicas, presenta gran variabilidad de asociaciones ecológicas y sitios, en extensiones relativamente pequeñas. Sin embargo, la composición de la mayor parte de las plantaciones establecidas en este país es sumamente simple. Generalmente, un porcentaje alto del área reforestada está constituido por una especie plantada en un mismo año. El ejemplo más notorio son las 16 000 ha reforestadas con *Gmelina arborea* (melina) en Osa y Palmar, Puntarenas, en bloques de aproximadamente 100 ha, lo cual se podría incrementar en el futuro. Esta homogeneidad, de especies y edades, ha sido considerada como una de las principales causas de la proliferación de plagas y enfermedades en Costa Rica (Araya *et al.* 1988, Hilje 1988, Hilje *et al.* 1990).

Se ha demostrado que el impacto de insectos y patógenos aumenta cuando los sistemas son simplificados. Las defoliaciones en especies forestales son más severas cuando éstas son plantadas en sistemas de monocultivo (Kolman 1970, Gray 1972, Goodman 1975, UNESCO 1978). En árboles de laurel (*Cordia alliodora*) de

regeneración natural, en potreros y en bosque natural, se ha observado la presencia del chupador del follaje *Dictyla monotropidia* (Hemiptera, Tingidae), pero solamente en plantaciones se ha informado de ataques severos (Fallas 1991).

Homogeneidad genética. Una especie forestal puede describirse como una comunidad genética, en la que existen individuos con diferente nivel de resistencia o tolerancia a ataques de organismos nocivos. El establecimiento de grandes plantaciones de una especie, con material obtenido de un número reducido de progenitores, disminuye las posibilidades de cruzamientos y de defensa a estos ataques. La variabilidad genética del material utilizado en la reforestación, es fundamental para mejorar la calidad futura de las plantaciones forestales (Willan 1995, Willan *et al.* 1995).

Manejo de germoplasma. En Costa Rica no existen semilleros inscritos o certificados que abastezcan en forma sostenida la demanda (en cantidad y calidad) requerida para cumplir con las metas anuales de reforestación. En los últimos años, el uso de semilla de origen desconocido se ha incrementado, lo que puede producir en el corto plazo plantaciones de muy baja calidad (Murillo 1990). Para evitar este inconveniente, es necesario utilizar semillas de procedencia selecta, de árboles semilleros o élites, rodales y plantaciones semilleras, evaluaciones de procedencias, entre otros (Mesén 1995).

En diferentes foros se ha discutido la falta de rigurosidad de los procesos de producción en viveros, así como la despreocupación por la calidad del material que se comercializa en el país (Arguedas 1985, Arguedas y Rojas 1990, Hilje *et al.* 1991, Salazar 1995). En algunas ocasiones, los viveros se han convertido en centros de diseminación de enfermedades, debido a la comercialización de materiales contaminados. Por ejemplo, la corona de agallas (*Agrobacterium tumefaciens*) en *G. arborea* y *Tectona grandis* (teca), la roya del follaje (*Melampsorium* sp.) en *Alnus acuminata* (jaúl) la roya fusiforme (*Cronartium* sp.) en *Pinus patula* (pino) y el cancro (agente causal no identificado) que afecta a *Terminalia ivorensis* (amarillón) en la región de San Carlos, Alajuela.

Manejo silvicultural. La silvicultura de plantaciones, es una actividad relativamente

reciente en el contexto del desarrollo productivo del país. Por esta razón, aún se carece de experiencia en aspectos fundamentales del manejo de plantaciones. Muchas de éstas han sido establecidas en suelos marginales, altamente compactados, y en algunos casos las especies seleccionadas son plantadas en sitios que no satisfacen sus requisitos ecológicos. Si las labores silviculturales como chapeas (corte con cuchillo), podas y raleos se realizan en forma tardía, en el rodal se produce mayor competencia y un microclima favorable para el desarrollo de enfermedades. Estas deficiencias producen árboles y rodales con un desarrollo deficiente y débil, y por tanto, más susceptibles al ataque de plagas.

LA PROTECCION FORESTAL EN COSTA RICA

PIPROF. En 1984, se creó el Programa Inter-institucional de Protección Forestal (PIPROF), como iniciativa de un grupo de profesionales de diversas instituciones nacionales relacionadas con el manejo de recursos naturales, específicamente, protección forestal. Actualmente, el PRIPROF está constituido por miembros del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), del Departamento de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de las Escuelas de Ciencias Ambientales y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional.

Entre los objetivos del programa están el aprovechamiento de los recursos humanos y materiales de cada una de las instituciones, el desarrollo de proyectos de investigación para el manejo de plagas forestales, la elaboración de un diagnóstico y seguimiento de los problemas fitosanitarios de viveros y plantaciones forestales.

Identificación. En Costa Rica, hasta 1996 se ha informado de la presencia de 305 especies de insectos (67%), 113 de patógenos (25%), 25 de animales vertebrados (6%) y 10 de muérdagos o plantas parásitas (2%), plagas que afectan 109 especies forestales (Cuadro 1) (Arguedas *et al.* 1997). El 61,8% de los problemas detectados afectan el follaje.

Los daños más severos y recientemente reportados son producidos por las larvas de los lepidópteros *Eacles imperialis decoris* (Saturniidae) en *G. arborea*, *Discentria violacens* (Nodontodidae) en *Hieronyma alchorneoides*

(pilón) e *Hyblaea puerea* (Hyblaeidae) en *T. grandis*.

CUADRO 1. Número de especies plagas de acuerdo a tipo de agente causal y parte del hospedante afectada.

Parte afectada	Especies	
	Nº	%
INSECTOS		
Estructuras reproductivas	50	16,4
Plántulas	5	1,6
Brotos	13	4,3
Follaje	152	49,8
Ramas	33	10,8
Fuste	50	16,4
Raíces	2	0,7
TOTAL	305	100,0
PATOGENOS		
Estructuras reproductivas	13	11,5
Plántulas	6	5,3
Brotos	5	4,4
Follaje	43	38,1
Ramas	10	8,9
Fuste	22	19,5
Raíces	14	12,3
TOTAL	113	100,0
ANIMALES VERTEBRADOS		
Estructuras reproductivas	2	8,0
Plántulas	13	52,0
Brotos	1	4,0
Follaje	1	4,0
Fuste	6	24,0
Raíces	2	8,0
TOTAL	25	100,0
MUERDAGOS		
Ramas	6	60,0
Fuste	4	40,0
TOTAL	10	100,0

Fuente: Arguedas *et al.* (1997).

En el liber, las plagas más importantes son: *Scolytodes alni* e *Ips calligraphus*, ambos coleópteros de la familia Scolytidae, en *A. acuminata* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (pino) respectivamente; y canchros corticales como *Cryphonectria cubensis* en especies de *Eucalyptus*, *Lachnellula* sp. y *Seiridium cardinale* en *Cupressus lusitanica*, (ciprés), así como *Nectria* spp. en *G. arborea*, *T. grandis*, *T. amazonia*, *T. ivorensis* y *Virola koschnii* (Arguedas *et al.* 1995). En el grupo de los insectos barrenadores del xilema sobresalen especies de coleópteros de la familia Cerambycidae, tales

como *Plagiohammus spinipennis* en *T. grandis*, *Steirastoma histrionicum* en *Bombacopsis quinatum* (pochote) y *Aneflus* sp. en *Phitecelobium saman* (Arguedas y Chaverri 1997). Recientemente, se ha informado de ataques severos de *Euchroma gigantea* (Buprestidae: Coleoptera) en *B. quinatum*.

OPCIONES DE MANEJO

En Costa Rica, la mayor parte de las experiencias del uso de diferentes opciones de control de plagas en viveros y plantaciones forestales han respondido a necesidades de manejo y no se cuenta con un programa planificado. Sin embargo, la presentación de estas experiencias, pueden servir como material de análisis y referencia para futuros programas de manejo integrado de plagas forestales en Costa Rica.

Tolerancia. La mayoría de las especies forestales utilizadas en programas de reforestación en Costa Rica, requieren de 12 a 25 años para su aprovechamiento final. En períodos largos, es muy costosa la ejecución permanente de programas intensivos de manejo por plagas. Por tanto, se aceptan niveles de tolerancia relativamente altos en daños producidos; por ejemplo, al follaje de árboles adultos. Ello permite que los árboles utilicen sus diferentes mecanismos de defensa.

Por ejemplo, las plantaciones de *B. quinatum* son severamente defoliadas por larvas de *Arsenura armida* (Saturniidae, Lepidoptera) durante julio y agosto. Sin embargo, en plantaciones menores a 10 ha y con más de 2 años de establecidas, se han permitido defoliaciones severas, producidas por esta especie, sin realizar ningún tipo de intervención, debido a que las larvas empupan durante el período de lluvias, y los árboles producen rápidamente nuevo follaje y continúan su proceso de crecimiento.

Medidas preventivas. Incluyen las actividades realizadas durante el proceso productivo de la plantación para favorecer el desarrollo y vigor de los árboles. Los objetivos de estas medidas son promover el desarrollo de los mecanismos de resistencia que posee cada especie arbórea. Estas actividades enfatizan la calificación y selección de sitios y especies, así como el manejo de la plantación. Las prácticas silvícolas

que permiten atenuar el impacto de organismos nocivos se presentan en la Fig. 1.

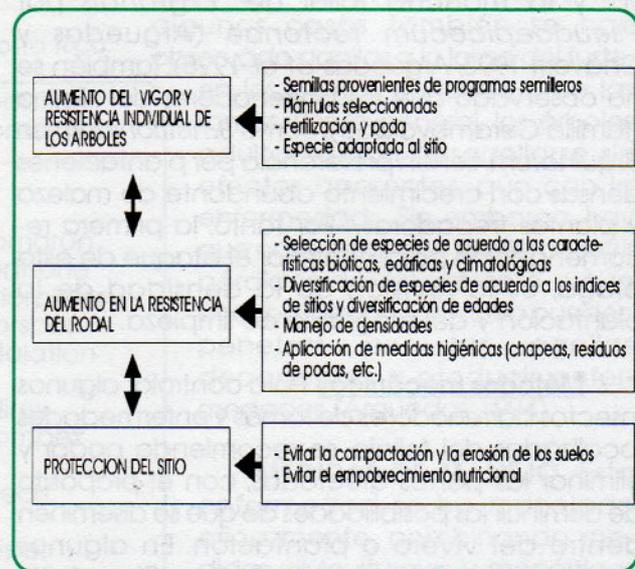


Fig. 1. Principales actividades silviculturales en plantaciones tendientes a atenuar el impacto de daños causados por plagas forestales (Modificado de Comptois, 1988).

Otra actividad preventiva de gran importancia, es la supervisión permanente de viveros y plantaciones para detectar la acción nociva de las plagas; ya que cuando las epidemias se detectan tardíamente la posibilidad de controlarlas es menor y el costo económico es mucho mayor. En este aspecto, es importante destacar la labor realizada por algunas empresas de reforestación que ofrecen asesoría especializada permanente, capacitación al personal y obreros dedicados a la inspección fitosanitaria.

Acondicionamiento de rodales. Incluye las intervenciones silvícolas que tienen como objetivo atenuar los daños causados por problemas fitosanitarios.

Uno de los aspectos más importantes que debe evaluarse cuando se detecta la presencia de un problema fitosanitario en un proyecto forestal es su estado silvicultural. Si se detectan deficiencias, se recomiendan intervenciones silvícolas o asesorías específicas. Por ejemplo, en casos de desbalance nutricional, se sugieren medidas que aumenten el vigor de los individuos y la resistencia del rodal.

El acondicionamiento de rodales (prescripción de podas y raleos silviculturales) ha

permitido el control del cancro de las ramillas de *Terminalia ivorensis* producido por *Nectria* sp., el tizón del follaje de *C. lusitanica* por *Pestalotia* sp. y la mancha foliar de *T. grandis* por *Pseudoepicocum tectonae* (Arguedas y Chaverri 1993, Arguedas *et al.* 1995). También se ha observado que los barrenadores del xilema (familia Cerambycidae), como *S. histrionicum* en *B. quinatum*, tienen preferencia por plantaciones densas con crecimiento abundante de maleza y plantas trepadoras. Por tanto, la primera recomendación para controlar el ataque de esta plaga, es la revisión de la densidad de la plantación y del programa de limpieza.

Métodos mecánicos. Para controlar algunos insectos barrenadores de ramas y enfermedades localizadas del follaje, se recomienda podar y eliminar las partes afectadas, con el propósito de disminuir las posibilidades de que se diseminen dentro del vivero o plantación. En algunos rodales pequeños y afectados por *Rhyacionia frustrana*, barrenador de los brotes de *Pinus* spp., se han podado y eliminado los brotes afectados. Posteriormente se manejaron los rebrotes para favorecer el de mejor desarrollo obteniéndose buenos resultados.

En Costa Rica, la recolección manual de insectos se ha realizado con especies de gran tamaño, p.e. con pupas de mariposas de la familia Saturniidae (Lepidoptera) y adultos de abejones de la familia Cerambycidae (Coleoptera). En plantaciones pequeñas y jóvenes de *H. alchorneoides*, se recolectan larvas de *Roschildia lebeau*, el cual es uno de los principales defoliadores de esta especie (Arguedas 1997).

Para el control de canchros de fuste, detectados tempranamente, se recomienda la eliminación de los tejidos enfermos mediante cirugía. Esta práctica se utilizó exitosamente en *T. amazonia* para controlar el cancro producido por *Pleospora* sp. Las enfermedades sistémicas, como las virosis y algunas bacteriosis del sistema vascular, así como insectos descortezadores, se pueden controlar mediante la corta y eliminación de los árboles afectados (raleo fitosanitario). Este método resulta eficaz cuando la incidencia de la plaga es baja.

Control biológico. En Costa Rica, no se han establecido proyectos de control biológico y se utilizan métodos clásicos para el control de plagas forestales. Sin embargo, se promueve entre

los reforestadores, la necesidad de restringir al máximo el uso de plaguicidas para proteger los controladores naturales. En el Laboratorio de Protección Forestal del ITCR, se han determinado niveles de parasitismo hasta de 60% en *R. lebeau*, causado por larvas de la mosca *Belvosia* sp. (Tachinidae); y hasta 80% en *Discentria violacens* (Nodontodidae, Lepidoptera) causado por *Lespesia* sp. (Tachinidae). Las larvas de ambos insectos defolían *H. alchorneoides*.

La utilización de insecticidas biológicos, a base de *Bacillus thuringiensis*, ha sido un método eficaz para el manejo de larvas defoliadoras de lepidópteros. Este método fue utilizado con éxito en Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica, para controlar en 80 ha de plantaciones de *G. arborea*, de 5 años de edad, un ataque severo de *E. imperialis decoris* (Saturniidae) (Quirós y Arguedas 1995).

Control químico. El uso de plaguicidas ha sido una medida ampliamente utilizada en viveros y plantaciones forestales. Posiblemente, esto se debe a su rápido efecto sobre las poblaciones de agentes nocivos, así como por su generalizado uso para el combate de plagas agrícolas.

Los productos químicos más utilizados se incluyen en el Cuadro 2; el insecticida malation y el fungicida benomil, son los más aplicados. El libro «Plagas y enfermedades forestales en América Central», publicado por CATIE, ofrece información de insecticidas, así como de fungicidas para controlar los fitopatógenos más comunes.

INTEGRACION DE METODOS: DOS EJEMPLOS

Corona de agallas (*Agrobacterium tumefaciens*) en teca (*Tectona grandis*)

DESCRIPCION DE LA ENFERMEDAD. La enfermedad conocida como corona de agallas es producida por la bacteria *A. tumefaciens*. Se caracteriza por formar agallas o tumores, principalmente en la base de los tallos a nivel de la superficie del suelo. Inicialmente, forma pequeños crecimientos con apariencia de callos, los cuales crecen rápidamente hasta constituirse en grupos de protuberancias leñosas fácilmente distinguibles. En árboles de 2-3 años, los tumores pueden llegar a alcanzar diámetros

similares al de su hospedante (Agrios 1996, Butin 1995, Sinclair *et al.* 1987)

regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica. Los árboles de dos o más años de edad, generalmente presentan agallas en la base del fuste. Sin embargo, en algunos casos también se han observado agallas a lo largo del fuste,

CUADRO 2. Plaguicidas más utilizados en silvicultura en Costa Rica.

Acción Biocida/ Clasif. Química	Nombre Genérico	Nombre Comercial
INSECTICIDAS		
Organofosforados	metamidofos acefato	Tamarón Orthene Clorpirifos Lorsban Malatión
	malatión	
Organoclorados	mirex	Mirex Zompex
Piretroide	decaetrina	Decis
Biológico	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel Javelin Thuricide
FUNGICIDAS		
Anilida	carboxin	Vitavax
Benzimidazol	benomil	Benlate
Conazol	Procloraz	Octave Sportak
Cúprico (inorgánico)	hidróxido de cobre	Kocide Cupravit azul Hidróxido de cobre
Dicaboxina	captán	Orthocide
Ditiocarbamato	mancozeb	Dithane
Organoclorado	cloroneb quintozeno	Chloroneb PCNB Terrazan
BACTERICIDA		
Antibiótico	estreptomina	Agrymicin

Fuente: Ministerio del Ambiente y Energía, Costa Rica.

Desde 1992, la enfermedad se ha presentado en focos de infección de hasta 20 ha, en extensas plantaciones de *T. grandis* en las

en los puntos de poda o en las ramas. Por lo general, los árboles adultos logran desarrollarse sin efectos aparentes, aún con la enfermedad. Sin embargo, hay que considerar que pudieron sufrir pérdidas de crecimiento y que otros patógenos del suelo pueden penetrar por las agallas decadentes y producir enfermedades (Arguedas 1994).

MEDIDAS DE MANEJO. Esta enfermedad se ha manejado eficazmente, combinando medidas, silviculturales y mecánicas preventivas:

- En los viveros, durante el proceso de repique (traslado de las plantas germinadas a bolsas o al campo, el sistema radicular de las plántulas se sumerge en una solución bactericida antes de plantarlas en las bolsas o directamente en los bancales. Si el sistema de producción utilizado es por pseudoestaca, durante su preparación se esterilizan los instrumentos de trabajo y los cortes de cada pseudoestaca se sumergen en el bactericida.

- Se eliminan y extraen de la plantación los árboles muy enfermos.

- En las plantaciones, se delimitan las áreas o focos afectados por la enfermedad. Dentro de estas áreas se restringe el paso a personal y maquinaria; permitiendo

la entrada solamente a una cuadrilla entrenada para realizar las labores de chapea (corte de maleza con cuchillo) y rodajea (eliminar las malezas en un círculo alrededor del árbol, para lo cual se utiliza una pala) evitando producir heridas a los árboles.

- La maquinaria, los instrumentos y las botas de los trabajadores, se lavan cada vez que salen de las áreas restringidas.

- Durante las labores de poda y deshija (eliminar rebrotes que se consideran indeseables), se esterilizan los instrumentos con cloro comercial, formalina o bactericida, después de utilizarlos en cinco árboles.

Descortezador (*Scolytodes alni*) del jaúl (*Alnus acuminata*)

ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DE LA PLAGA.

Durante los meses secos de 1985, plantaciones de *A. acuminata*, de 5 años ubicadas en Cascajal de Coronado, San José, Costa Rica, fueron severamente atacadas por *S. alni* (Coleoptera, Scolytidae).

La apariencia externa, del daño causado por esta plaga, es la de pequeños montículos de aproximadamente 1 mm de diámetro. Estos orificios conducen a galerías de forma irregular en la zona del líber y los tejidos vasculares. Las galerías pueden unirse entre sí y obstruir el flujo de agua y nutrimentos en el árbol, lo cual produce marchitez, defoliación y finalmente la muerte del árbol (Arguedas y Scorza 1992).

Con base en la sintomatología de los árboles atacados, detectada a aproximadamente 10 m de distancia, se establecieron cuatro categorías de daño (Cuadro 3).

La gravedad de la situación provocó preocupación entre los reforestadores de jaúl. Como respuesta se implementaron medidas de emergencia y se desarrolló investigación sobre aspectos fundamentales de la biología del agente causal y métodos de control.

Las medidas de emergencia aplicadas fueron:

- Tala rasa de 9 ha donde se ubicó el foco de infección más severo, incluyendo un cordón sanitario.
- Raleo silvicultural y sanitario.
- Destrucción *in situ* del material infectado.

Con base en la evaluación de estas medidas y de los resultados de las investigaciones, se procedió a manejar la plaga de acuerdo con las siguientes recomendaciones (Arguedas y Scorza s.f.).

CUADRO 3. Descripción de categorías de daños causados por *S. alni* en jaúl.

Categoría de Daño	Descripción
A	- Arbol totalmente sano. . .
B	- Presencia de hojas marchitas y leve defoliación. - Acumulación de aserrín bajo las perforaciones.
C	- Follaje escaso y fuste oscuro. - Acumulación de aserrín fresco y seco bajo las perforaciones.
D	- Arbol muerto. - Pérdida total de follaje, fuste oscuro y muy perforado. - Secreciones acuosas en las galerías abandonadas.

Programa de inspecciones: Las plantaciones deben ser inspeccionadas en su totalidad, desde puntos estratégicos que permitan detectar la sintomatología del ataque del insecto en el follaje. Las inspecciones deben intensificarse durante los meses secos del año.

Combate químico: El ataque de *S. alni* puede ser detenido en árboles con daño categoría B, mediante la aplicación de insecticidas. Los insecticidas que han dado los mejores resultados son clorpirifos y dimetoato, ambos organofosforados y moderadamente tóxicos. La aplicación de estos productos debe dirigirse únicamente a los árboles de categoría indicada, ya que las aplicaciones generalizadas pueden provocar muchos disturbios en la microfauna benéfica.

Es recomendable agregar una solución penetrante para facilitar la entrada del insecticida por los orificios de la corteza, hacia el área de acción del descortezador.

Raleo fitosanitario y tala rasa: Los árboles incluidos dentro de las categorías de daño C y D, deben ser cortados y extraídos de la plantación. Si la extracción es costosa, los árboles pueden ser agrupados y quemados *in situ*. En regiones muy lluviosas, los troncos pueden depositarse en una fosa profunda rociándolos con cal.

En una área determinada, cuando el porcentaje de árboles con daño de las categorías

C y D es alto, éstos deben cortarse a tala rasa, para disminuir el foco de infección. Los árboles cortados deben ser tratados como se describió anteriormente.

CONSIDERACIONES FINALES

La mayor parte de las experiencias generadas en Costa Rica han respondido a problemas específicos en plantaciones forestales. Por tanto, en la mayoría de los casos las medidas aplicadas son «emergentes» y dirigidas a atenuar los daños existentes. Los resultados de estas experiencias son poco sistematizadas, especialmente en las fases de evaluación y seguimiento.

- El carácter interdisciplinario e interinstitucional de PIPROF ha sido fundamental para aprovechar al máximo los pocos recursos humanos y materiales dedicados a la protección forestal en Costa Rica. El estado actual de desarrollo y la expansión de la actividad silvicultural del país, hace necesario que el PIPROF replantee sus métodos de trabajo y de proyección, con el objetivo de ampliar su presencia y participación en el sector productivo forestal.
- El número de plagas forestales ha aumentado, principalmente por la incorporación de nuevas especies en los programas de reforestación. La investigación realizada no cubre todos los aspectos fundamentales de los principales problemas. Es necesario desarrollar investigación para conocer el efecto del ataque de plagas en los árboles, el comportamiento epidemiológico de éstas, la biología de los agentes causales y las alternativas de control.
- Los factores mencionados por Hilje *et al.* (1991) para determinar el impacto económico de una plaga forestal insectil, pueden ser generalizados a los diferentes problemas fitosanitarios descritos. Se menciona el carácter intrínseco del agente dañino como la voracidad, fecundidad y duración del ciclo de vida de vertebrados e invertebrados, virulencia, dispersión y formación de estructuras de supervivencia de los patógenos;

además, factores fundamentales de las relaciones planta-agente causal, tales como la especificidad, estructura atacada, edad del hospedante, mecanismos de defensa, etc. Finalmente, deben considerarse factores de tipo económico (usos y valor comercial de la especie forestal, intensidad y severidad de los daños, etc.). Una valoración integral que considere cada uno de estos aspectos, señalará al productor forestal la importancia económica de los problemas presentes en viveros y plantaciones.

La silvicultura de plantaciones para las especies más utilizadas en Costa Rica se caracteriza por turnos de rotación muy largos (12-30 años), desconocimiento de la rentabilidad, y plantaciones ubicadas en sitios de difícil acceso. Esto implica, casi obligatoriamente, a contemplar los principios del manejo integrado de plagas, para atenuar la presencia y efectos de las plagas. A mediano plazo, podrán evaluarse otros métodos no utilizados aún como: resistencia (programas de mejoramiento genético), métodos mecánicos (árboles trampa) y control biológico (acondicionamiento de sitios).

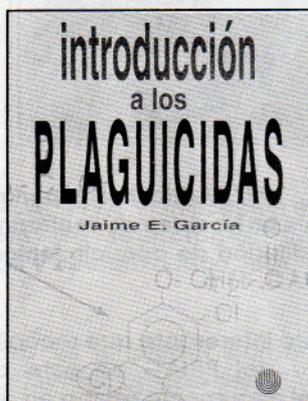
LITERATURA CITADA

- AGRIOS, G.N. 1991. Fitopatología. México, Limusa. 530 p.
- ARAYA, C.; ARGUEDAS, M.; SCORZA, F. 1988. Enfermedades de árboles en Costa Rica. *In* Compendio sobre experiencias en la biología y comportamiento de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Cartago, C.R. PIPROF/ITCR. p. 45-63.
- ARGUEDAS, M. 1985. Hacia la producción de árboles sanos. *In* Taller sobre semillas y viveros forestales. (1, 1995, San José, C.R.). Memoria, F. Rojas. ed. CATIE/ITCR. p. 182-200.
- ARGUEDAS, M. 1991. Estado actual de la Protección Forestal en Costa Rica. *In* Congreso Mundial Forestal. (10, 1991, París). Memorias. *Revue Forestière Française* 2(2):368-372.
- ARGUEDAS, M. 1994. La Corona de Agallas *Agrobacterium tumefaciens*. ITCR-CIT. Serie Plagas y Enfermedades Forestales No. 10. Cartago, C.R. 8 p.
- ARGUEDAS, M. 1997. Manejo Integrado de Plagas Forestales. ITCR-CIT. Serie Plagas y enfermedades forestales No. 19. Cartago, C.R. 12 p.
- ARGUEDAS, M.; CHAVERRI, P. 1997. Abejones barrenadores (Cerambycidae). ITCR-CIT. Serie Plagas y Enfermedades Forestales No. 20. Cartago, C.R. 8 p.

- ARGUEDAS, M.; CHAVERRI, P.; MILLER, C. 1995. *Cancro Nectria* en especies forestales. ITCR-CIT. Serie Plagas y Enfermedades Forestales No. 18. Cartago, C.R. 8 p.
- ARGUEDAS, M.; HILJE, L.; QUIROS, L.; CHAVERRI, P.; SCORZA, F.; ARAYA, C. 1997. Catálogo de Plagas y Enfermedades Forestales en Costa Rica. 2 ed. Cartago, C.R. Programa Interinstitucional de Protección Forestal PIPROF. 67 p.
- ARGUEDAS, M.; QUIROS, L. 1995. Experiencias en el manejo de plagas forestales en Costa Rica. In: Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica (Eds.: J. García, G. Fuentes, J. Monge-Nájera). Costa Rica. EUNED. v.2. p. 13-24.
- ARGUEDAS, M.; QUIROS, L.; HILJE, L.; SCORZA, F.; ARAYA, C. 1992. Diagnóstico Nacional de Plagas y Enfermedades Forestales. In Congreso Forestal Nacional. (2, 1992, San José, C.R.). Resumen de Ponencias. 72-74 p.
- ARGUEDAS, M.; ROJAS, F. 1990. Control de calidad de plántulas forestales en Costa Rica. In Congreso Latinoamericano de Control de Calidad. (9, 1990, San José, C.R.). Memoria. p. 187-199.
- ARGUEDAS, M.; SCORZA, F. 1992. Observaciones sobre la biología de *Scolytodes alni* (Coleoptera: Scolytidae) descortezador del jaúl *Alnus acuminata*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 20-21:23-25.
- ARGUEDAS, M.; SCORZA, F. s.f. El abejón descortezador del jaúl, *Scolytodes alni*. Cartago, C.R. Serie Plagas y Enfermedades Forestales No.1. ITCR-CIT. 8 p.
- BUTIN, H. 1995. Tree Diseases and Disorders. Causes, Biology and Control in Forest and Amenity Trees. Oxford University, USA. 252 p.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Manual de Consulta. Turrialba, C.R. 185 p.
- CCT/WRI. 1992. La depreciación de los recursos naturales en Costa Rica y su relación con el sistema de cuentas nacionales. San José, C.R. Centro Científico Tropical. World Resources Institute. 160 p.
- COMPTOIS, B. 1988. Notions d'entomologie forestière. Québec. Modulo Editeur. 214 p.
- FALLAS, E. 1991. Estudios básicos sobre la biología y combate de *Dictyla monotropidia* (Hemiptera, Tingidae). Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R., ITCR. 46 p.
- GOODMAN, D. 1975. The theory of diversity-stability relationships in ecology. *Quart. Rev. Biol.* 50:237-266.
- GRAY, B. 1972. Economic tropical forest entomology. *Ann. Rev. Entomol.* 17:313-354.
- HILJE, L. 1988. Consideraciones acerca del manejo de las plagas forestales en Costa Rica. In Compendio sobre experiencias en la biología y comportamiento de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Cartago, C.R. PIPROF/ITCR. p. 3-22.
- HILJE, L.; QUIROS, L.; SCORZA, F. 1991. El «status» actual de las plagas forestales en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 20-21:18-22.
- HILJE, L.; VIQUEZ, M.; ARAYA, C.; SCORZA, F. 1990. El manejo de enfermedades y las plagas forestales en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 19:34-39.
- KULMAN, H.M. 1970. Community effect of biological control in mixed stands. In Congreso Forestal Mundial. (6, 1970, Madrid, España). Memorias. p. 1991-1995.
- MATAMOROS, A. 1990. Sector forestal y áreas silvestres. In Congreso Estrategias de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica (ECODES). (1, 1990, San José, C.R.). Memoria. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. p. 49-58.
- MESEN, F. 1995. Estrategias de producción de semilla mejorada a corto plazo. In Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina. (1995, Managua, Nic.). Memorias (Ed. Salazar, R.). Managua, Nicaragua. CATIE-PROSEFOR. p. 3-12.
- MURILLO, O. 1990. Estrategias a corto plazo de producción de semilla mejorada genéticamente para la reforestación en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 11(4):23-27.
- QUIROS, L.; ARGUEDAS, M. 1996. El defoliador de la melina *Eacles imperialis decoris*. Cartago, C.R., Serie Plagas y Enfermedades Forestales No.14. ITCR-CIT. 8 p.
- ROJAS, F. 1997. Plantaciones forestales. Cartago, C.R. Serie Informativa Tecnología Apropiada No.25. ITCR-CIT. 135 p.
- SALAZAR, R. 1995. Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias. Managua, Nicaragua. CATIE-PROSEFOR. 397 p.
- SINCLAIR, W.A.; HOWARD, H.L.; WARREN, T.J. 1987. Disease of trees and shrubs. New York. Cornell University Press. 573 p.
- UNESCO. 1978. Pests and diseases in forest and plantations. In: Tropical Forest Ecosystems. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. p. 286-314.
- WILLAN, R.L. 1995. Retorno económico del mejoramiento genético forestal en condiciones tropicales y subtropicales. In: Mejoramiento genético forestal y conservación de recursos genéticos forestales. (Ed. Jara, L.F). Serie Técnica. Manual Técnico No. 14. CATIE-PROSEFOR. Turrialba. v.2. p.109-156.
- WILLAN, R.L.; OLESES, K.; BARNER, H. 1995. La variación natural como base del mejoramiento genético forestal. In: Mejoramiento genético forestal y conservación de recursos genéticos forestales. (Ed. Jara, L.F). Turrialba, C.R., CATIE/PROSEFOR. Serie Técnica. Manual Técnico No.14. CATIE PROSEFOR. Turrialba. v.1. p. 1-18.

SECCION INFORMATIVA

RESEÑAS DE PUBLICACIONES



GARCIA, J.E. 1997. Introducción a los plaguicidas. San José, Costa Rica, EUNED. 450 p.

En este último cuarto de siglo, la preocupación creciente por el deterioro del ambiente ha llevado, en forma legítima, al cuestionamiento del uso exagerado de plaguicidas sintéticos, en el plano mundial. No obstante, no siempre se ha actuado en forma reflexiva al respecto, debido en gran parte, a la falta de información técnica sobre cómo racionalizar su uso y de soluciones reales al problema, deseablemente enmarcadas en la noción del manejo integrado de plagas.

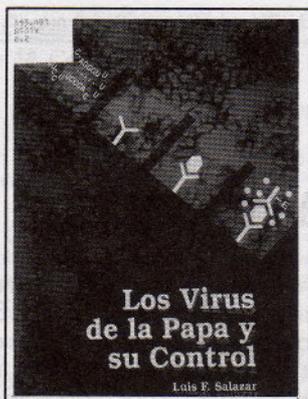
En Costa Rica, por fortuna, la literatura pertinente se ha acrecentado en estos años. Destacan, como compilaciones, las obras **El uso de los plaguicidas en Costa Rica** (1987), así como los dos volúmenes de **Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica. Pasado, presente y futuro** (1992, 1995). El Dr. Jaime García, autor principal de estos dos últimos libros, es uno de los científicos nacionales que más esfuerzo ha dedicado a la documentación del uso de plaguicidas en el país, y ha producido recientemente la obra reseñada.

Con verdadero gusto acogemos esta rica y diversa obra. Creo que su mayor virtud es la de abarcar tres grandes aspectos, pero con visión de conjunto: información técnica sobre los plaguicidas, las causas y consecuencias de su uso indebido, y las propuestas de solución al problema.

Su voluminoso cuerpo permite tratar con bastante detalle, y en forma sistemática y didáctica -favorecida por la calidad de las ilustraciones- dichos aspectos. Los primeros seis capítulos incluyen información estrictamente técnica sobre los plaguicidas (desarrollo y clasificación, formulación, métodos de aplicación, manejo y dinámica en el ambiente). En los cuatro capítulos posteriores se analizan las causas y consecuencias de su uso indebido, enfatizando la situación de Costa Rica. El último capítulo plantea posibles soluciones al problema, donde se resaltan los aportes del manejo integrado de plagas y la agricultura orgánica. Cabe destacar que al contenido científico del libro se suma casi un centenar de páginas de anexos, con abundantes detalles sobre legislación y salud, así como de fuentes de información sobre manejo integrado de plagas y agricultura orgánica en Costa Rica.

Este texto de consulta no debería faltar en ninguna institución de investigación y enseñanza en los campos agrícola, forestal, pecuario y de salud pública, en las entidades responsables de definir las políticas ambientales, ni en las bibliotecas personales de los profesores, investigadores y estudiantes relacionados con dichos campos. Debe convertirse en una útil herramienta en la ardua pero estimulante tarea de resolver los problemas de plagas que enfrentan los productores, pero mediante prácticas que afecten poco o nada el entorno natural y la salud humana.

(Reseñado por: Luko Hilje, PhD. Unidad de Fitoprotección, CATIE).



SALAZAR, L.F. 1995. Los virus de la papa y su control. Lima, Perú, CIP. 226 p.

Este libro proporciona una amplia y ordenada información sobre los principales problemas virales que afectan al cultivo de la papa. El texto está cuidadosamente diagramado y comprende ocho capítulos que destacan aspectos sobre el cultivo, síntomas virales en la papa, transmisión de virus, métodos de diagnóstico, epidemiología y control de los virus que afectan a dicho tubérculo. Las ilustraciones y fotografías pertinentes a cada tema han sido muy bien elaboradas y explican con detalle, la teoría que alude a cada una de ellas. Especial mención merecen los capítulos cinco y seis que destacan, de una manera clara e ilustrativa, lo que concierne a las técnicas disponibles para el diagnóstico de los virus fitopatógenos.

Este libro constituye un valioso aporte científico; porque contribuye al conocimiento fitopatológico, enfatizando a los virus, del cultivo de la papa. El texto será de gran utilidad para estudiantes, profesores, fitopatólogos, virólogos y profesionales dedicados al mejoramiento de la productividad del cultivo de papa en América Latina.

(Reseñado por: Gonzalo Galileo Rivas-Platero, MSc., CATIE-AATS).



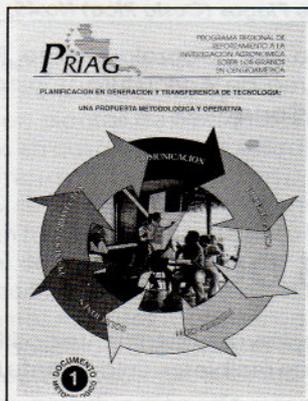
HOCDE, H. 1997. Agricultor-experimentador: Un actor emergente en los sistemas centroamericanos de generación y difusión de conocimientos. San José, Costa Rica, PRIAG. 31 p.

Documento interesante que recopila y describe la experiencia del PRIAG en este campo. La importancia del documento estriba en que plantea y discute a través de la experiencia del autor, una estructura formal de la metodología utilizada.

Aporta y presenta conceptos e ideas que se han discutido por algún tiempo, y como el documento lo indica, debido a la falta de disciplina para escribir y documentar, de muchos de técnicos que han participado en proyectos similares, ha ocasionado que esta información no se disemine.

Este libro debería ser de lectura obligada para todos los técnicos que participan en procesos de generación y difusión de conocimientos por su amplia visión del proceso. Presenta claramente los factores endógenos y exógenos que marcaron el origen de esta temática dentro del PRIAG; factores similares a los de proyectos que trabajan en este tema. El conocimiento de estos aspectos puede evitar que se cometan errores y permitir un rápido avance en las etapas de desarrollo, invirtiendo los escasos recursos dedicados a investigación en la solución de los problemas prioritarios para quienes son realmente los actores principales de estos procesos, los agricultores.

(Reseñado por: Gustavo Calvo, Lic. Proyecto GTZ, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica).



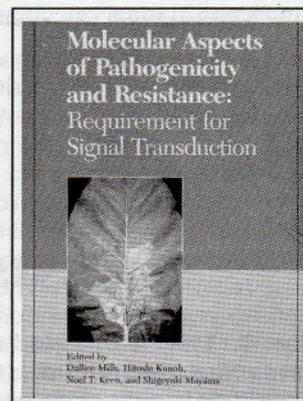
SILVA G., A. 1997. Planificación en generación y transferencia de tecnología: una propuesta metodológica y operativa. San José, C.R., PRIAG. 95 p.

Este libro es el primer número de la serie «Documentos Metodológicos» del PRIAG. Los objetivos primordiales de esta publicación fueron recopilar las experiencias y proponer estrategias para la planificación en generación y transferencia de tecnología. El documento está dividido en dos secciones: 1. Experiencias del PRIAG y 2. Propuesta de una estrategia de planificación de los procesos de generación y transferencia de tecnología, con participación de los productores.

Este material es importante porque recopila muchas de las experiencias del programa desarrollado por el PRIAG en Centro América y propone lineamientos para facilitar el proceso de planificación en generación y transferencia de tecnología. Además, incluye guías y formularios que ejemplifican los instrumentos preparados y utilizados por el PRIAG en estos programas. Estos instrumentos pueden ser de utilidad para otros proyectos u organizaciones del área, que requieran recopilar información, la cual una vez publicada constituiría la memoria social, indispensable para que este conocimiento no se pierda.

Recomiendo la lectura de este documento, que será de provecho para los técnicos que desarrollan actividades de planificación, así como para los que participan directamente en procesos de generación y transferencia de tecnología.

(Reseñado por: Gustavo Calvo, Proyecto GTZ, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica).



MILLS, A.; KUNOH, W.; KEEN, N.T.; MAYAMA, S. (Eds). 1996. Molecular aspects of pathogenicity and resistance: requirement for signal transduction. St. Paul, Minnesota, APS Press. 294 p.

Este texto reúne las actas del 7º Seminario sobre Aspectos Moleculares de la Patogenicidad y Resistencia realizado del 24 de setiembre al 1 de octubre de 1995 en la ciudad de Tsu, Japón.

El libro está cuidadosamente estructurado en cinco áreas temáticas: -Interacciones genéticas planta-hongo, señales de transducción en la morfogénesis fúngica. - Percepción bacteriana y fúngica de la reacción del hospedante a la infección patogénica. -Genes involucrados en la resistencia de las plantas a las enfermedades y Respuesta bacteriana y - Fúngica a las fitotoxinas.

Cada una de esas áreas incluye amplios capítulos que discuten por ejemplo, tópicos relacionados con la interacción genética entre hospedantes y patógenos, los factores involucrados en la patogenicidad de *Xanthomonas campestris*.

Se destaca en forma especial, la complejidad de los genes avirulentos de *Xanthomonas* spp. los cuales serán importantes en investigaciones futuras, relacionadas con la especificidad hacia cierto ámbito de hospedantes. En este libro se discuten las estrategias de clonación de genes de arroz en líneas isogénicas para la resistencia a *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Asimismo, se describe el rol que desempeñan ciertos compuestos fenólicos en la defensa de las plantas a los patógenos. También se presentan aspectos moleculares y fisiológicos de *Alternaria*, los cuales están involucrados en los mecanismos de conocimiento del hospedante, patogenicidad y evolución del hongo.

Los capítulos que aluden a la temática contienen diagramas y una lista de referencias para ampliar y comprender los temas abordados.

Considero que el libro será de gran utilidad para aquellos profesionales que trabajan con el fitomejoramiento, biología molecular y patología vegetal.

(Reseñado por: Gonzalo Galileo Rivas-Platero, MSc. CATIE. Area de Agricultura Tropical Sostenible. 71 70 Turrialba, Costa Rica).

TESIS DE POSTGRADO

Carvajal Pino, C. 1996. Mortalidad de larvas de *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard) (Coleoptera: Scarabaeidae) debida a la aplicación combinada de *Beauveria* sp. (Bals) Vuill, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. y *Bacillus popilliae* (Dutky). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 150 p.

El propósito de esta investigación fue evaluar las combinaciones de *M. anisopliae* y *B. bassiana*; *B. popilliae* y *M. anisopliae*; *B. popilliae* y *B. bassiana*, para determinar el efecto de estímulo en la tasa de desarrollo de las enfermedades, mortalidad total y mortalidad asociada a la sintomatología de cada patógeno.

El experimento se realizó en el Laboratorio de Control Microbial de la Unidad de Fitoprotección de CATIE. Se dividió en dos fases: 1. Evaluación de la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en larvas de segundo (L2) y tercer estadio (L3). 2. Combinación pareada de *B. popilliae* con *B. bassiana* y *M. anisopliae* en L3. En este estudio se utilizaron larvas de *P. menetriesi*.

En la evaluación de las combinaciones de hongos, se observó que la aplicación previa de un hongo en L2 y L3 no incrementa la susceptibilidad de las larvas y no favorece la manifestación de síntomas asociados al segundo hongo. En L2, la aplicación simultánea de ambos hongos mostró una reducción de la mortalidad de *B. bassiana* y un aumento de mortalidades asintomáticas, así como cierta tendencia de *M. anisopliae* a antagonizar la manifestación de los síntomas de *B. bassiana*. El antagonismo de *M. anisopliae* sobre *B. bassiana* se evidenció en L3, cuando la aplicación combinada presentó mayor TL30, además disminuyó significativamente la sintomatología causada por *B. bassiana*, con una mortalidad total menor (15%) a la observada para *B. bassiana* cuando se aplicó individualmente (52,5%).

La aplicación posterior de *M. anisopliae* no varió la mortalidad de *B. bassiana*, sin embargo, se observó una ligera disminución (10,9%) en L2 y (10%) en L3. En L2 la aplicación posterior de *B. bassiana* favoreció la manifestación de síntomas (6,8%) causados por *M. anisopliae*; esto no ocurrió para L3.

En las combinaciones de *B. popilliae* y hongos, no se encontraron diferencias entre la mortalidad

ocasionada por larvas previamente dosificadas con *B. popilliae* y las que recibieron únicamente la aplicación de *B. bassiana*.

La mortalidad total disminuyó cuando larvas con *M. anisopliae* fueron previamente dosificadas con *B. popilliae*, por tanto, se considera que *B. popilliae* no actuó como agente causante de estrés, no desencadenó procesos de debilitamiento en la larva. Tampoco se observó un efecto estresante causado por *B. popilliae* en larvas a las que posteriormente se les aplicó *B. bassiana*.

Gutiérrez, F.A. 1996. Estudio de factores en la inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* y promoción de crecimiento en plantas de banano. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p.

La sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* es el principal problema fitopatológico del cultivo del banano. Tradicionalmente, el control de la enfermedad se ha basado en el uso casi unilateral de fungicidas. Las aplicaciones frecuentes de estos productos incrementan considerablemente los costos de producción, imponen una fuerte selección al patógeno con el consecuente desarrollo de resistencia, ponen en peligro la salud humana y originan problemas de contaminación ambiental.

El control biológico surge como una opción en el manejo integrado de la enfermedad. Anteriormente, se ha trabajado en control biológico con microorganismos antagonistas. Este trabajo propone la inducción de resistencia y promoción de crecimiento como mecanismos potenciales para el manejo de la enfermedad. El fenómeno de inducción de resistencia se basa en que las plantas susceptibles contienen la información genética para la resistencia y ésta puede ser estimulada por varios medios, incluyendo patógenos, microorganismos no patogénicos y sustancias químicas.

Esta investigación se realizó con el propósito de inducir la resistencia de *M. fijiensis* y promover el crecimiento en plantas de banano. Se desarrollaron experimentos en casa de mallas, utilizando plantas de banano sembradas en macetas. En el primer experimento se aplicaron suspensiones con cuatro bacterias y un hongo en la rizosfera de la plantas, y en el área foliar se aplicaron sales de fosfatos. En el segundo experimento se utilizaron cuatro bacterias y un hongo en tres sustratos (bagazo, cachaza y broza) los cuales se aplicaron a la rizosfera del banano para evaluar el efecto del sustrato sobre la promoción del crecimiento e inducción de resistencia. Los microorganismos utilizados fueron *Serratia marcescens* (R1), *Bacillus cereus* (A30), *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas cepacia* y *Trichoderma harzianum*. Las sales de los fosfatos usadas fueron KH_2PO_4 .

No se logró promover el crecimiento ni inducir resistencia con la aplicación de suspensiones bacteriales/fungales ni con las sales de fosfatos. En las pruebas con sustratos, los microorganismos lograron promover el crecimiento solamente en el área foliar. En general, los microorganismos con el sustrato bagazo no fueron eficientes en la promoción de crecimiento. Los microorganismos que mostraron mayor desempeño en promoción de crecimiento del área foliar fueron *P. cepacia*, *P. fluorescens*, *S. marcescens* y *T. harzianum*; los cuales también presentaron el mejor desempeño en la reducción del porcentaje de infección con respecto al testigo (agua y sustratos). Sin embargo, el porcentaje más bajo de infección correspondió al tratamiento con Tilt. Existe una correlación negativa significativa entre promoción de crecimiento y porcentaje de infección.

FUTUROS EVENTOS

10-12 Noviembre, 1997

XXXVII Congreso Anual de APS-División del Caribe

Información:

Ronald Romero
CORBANA
Fax: (506)253-9117
Tel: (506)224-4111 ext 1113
E-mail: roromero@corbana.lcr.co.cr

10-13 Noviembre, 1997

Simposio Interamericano sobre Banana en los subtrópicos

Información:

ICIA Apdo. 60, 38200 La Laguna
Tenerife, España
Tel: (+34-22)476322
FAX (+34-22)476303
E-mail: bansubtr@cia.rcanaria.es

10 - 14 Noviembre, 1997

Congreso de Manejo Integrado de Plagas-Guatemala

Información:

Víctor Salguero
AGMIP
E-mail: mata@uvg@edu.gt
Tel.: 592-502-4760496

17 - 21 Noviembre, 1997

IV Congreso Costarricense de Entomología

Información:

Apartado Postal 1330-2150
Moravia, Costa Rica
Fax: (506)240-6395
E-mail: franbad@sol.racsa.co.cr
5 - 9 Abril, 1998

International Symposium: The future of fungi in the control of pests, weeds & diseases.

Información:

C.W. Jackson
School of Biological of Sciences
University of Southampton
Basset Crescent East, Southampton
SO16 7PX, U.K.
E-mail: C.W.Jackson@soton.ac.uk
Tel.: 44-1703-59-3205

24 - 28 Mayo, 1998

6to Simpósio de Controle Biológico

Información:

Secretaria Executiva
PJ Eventos, Feiras e Congressos
Rua Jos, Risseto, 1023 Santa Felicidade
82015-010 Curitiba - Paraná, Brasil
E-mail: pj@compuserv.com.br

15 - 20 June, 1998

International Conference on Integrated Pest Management

Información:

G. Mingfang, Guangdong
Entomological Soc.
Xingang West Road 105, Guangzhou
510270, China
E-mail: gzgeii@public.guangzhou.gd.cn
Tel.: 86-20-841-99129

14 - 19 Octubre, 1998

7th International Working Conference on Stored - Product Protection
I.W.C.S.P.P.

Información:

Beijin, China
95 p. Huapatang Street
Chengdu, Sichuan 610031
People's Republic of China
P.R. China
Fax: 028 777 1523

Mayo 1999

5th International Conference on Plant Protection in the Tropics

Información:

Malaysian Plant Protection Society (MAPPS)
N.Z. Radziah
E-mail: svagam@marchi.my
Fax 60-3-656-5251

Esta investigación se realizó con el propósito de inducir la resistencia de *M. fijiensis* y promover el crecimiento en plantas de banano. Se desarrollaron experimentos en casa de mallas, utilizando plantas de banano sembradas en macetas. En el primer experimento se aplicaron suspensiones con cuatro bacterias y un hongo en la rizosfera de la plantas, y en el área foliar se aplicaron sales de fosfatos. En el segundo experimento se utilizaron cuatro bacterias y un hongo en tres sustratos (bagazo, cachaza y broza) los cuales se aplicaron a la rizosfera del banano para evaluar el efecto del sustrato sobre la promoción del crecimiento e inducción de resistencia. Los microorganismos utilizados fueron *Serratia marcescens* (R1), *Bacillus cereus* (A30), *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas cepacia* y *Trichoderma harzianum*. Las sales de los fosfatos usadas fueron KH_2PO_4 .

No se logró promover el crecimiento ni inducir resistencia con la aplicación de suspensiones bacteriales/fungales ni con las sales de fosfatos. En las pruebas con sustratos, los microorganismos lograron promover el crecimiento solamente en el área foliar. En general, los microorganismos con el sustrato bagazo no fueron eficientes en la promoción de crecimiento. Los microorganismos que mostraron mayor desempeño en promoción de crecimiento del área foliar fueron *P. cepacia*, *P. fluorescens*, *S. marcescens* y *T. harzianum*; los cuales también presentaron el mejor desempeño en la reducción del porcentaje de infección con respecto al testigo (agua y sustratos). Sin embargo, el porcentaje más bajo de infección correspondió al tratamiento con Tilt. Existe una correlación negativa significativa entre promoción de crecimiento y porcentaje de infección.

FUTUROS EVENTOS

10-12 Noviembre, 1997

XXXVII Congreso Anual de APS-División del Caribe

Información:

Ronald Romero
CORBANA
Fax: (506)253-9117
Tel: (506)224-4111 ext 1113
E-Mail: roromero@corbana.lcr.co.cr

10-13 Noviembre, 1997

Simposio Interamericano sobre Banana en los subtrópicos

Información:

ICIA Apdo. 60, 38200 La Laguna
Tenerife, España
Tel: (+34-22)476322
FAX (+34-22)476303
E-mail: bansubtr@cia.rcanaria.es

10 - 14 Noviembre, 1997

Congreso de Manejo Integrado de Plagas-Guatemala

Información:

Víctor Salguero
AGMIP
E-Mail: mata@uvg@edu.gt
Tel.: 592-502-4760496

17 - 21 Noviembre, 1997

IV Congreso Costarricense de Entomología

Información:

Apartado Postal 1330-2150
Moravia, Costa Rica
Fax: (506)240-6395
E-Mail: franbad@sol.racsa.co.cr
5 - 9 Abril, 1998

International Symposium: The future of fungi in the control of pests, weeds & diseases.

Información:

C.W. Jackson
School of Biological of Sciences
University of Southampton
Basset Crescent East, Southampton
SO16 7PX, U.K.
E-Mail: C.W.Jackson@soton.ac.uk
Tel.: 44-1703-59-3205

24 - 28 Mayo, 1998

6to Simpósio de Controle Biológico

Información:

Secretaria Executiva
PJ Eventos, Feiras e Congressos
Rua Jos, Risseto, 1023 Santa Felicidade
82015-010 Curitiba - Paraná, Brasil
E-Mail: pj@compuserv.com.br

15 - 20 June, 1998

International Conference on Integrated Pest Management

Información:

G. Mingfang, Guangdong
Entomological Soc.
Xingang West Road 105, Guangzhou
510270, China
E-Mail: gzgeii@public.guangzhou.gd.cn
Tel.: 86-20-841-99129

14 - 19 Octubre, 1998

7th International Working Conference on Stored - Product Protection I.W.C.S.P.P.

Información:

Beijin, China
95 p. Huapatang Street
Chengdu, Sichuan 610031
People's Republic of China
P.R. China
Fax: 028 777 1523

Mayo 1999

5th International Conference on Plant Protection in the Tropics

Información:

Malaysian Plant Protection Society (MAPPS)
N.Z. Radziah
E-Mail: svagam@marchi.my
Fax 60-3-656-5251



MOSCA BLANCA AL DIA

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



No. 20

Setiembre, 1997

NOTA EDITORIAL



Este número incluye información sobre notorios avances en la comprensión y manejo del complejo mosca blanca-virosis, concretados en reuniones y publicaciones. Invitamos a los lectores a nutrirse de ella, sintetizarla y llevarla al campo pronto, para validarla con los agricultores. Ese es el espíritu de nuestro **Plan de Acción**, a partir del **VI Taller**.

VI TALLER



En agosto se efectuó en República Dominicana el **VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus**, al que asistieron 130 personas. Agradecemos a su coordinador, **Ing. Porfirio Alvarez** y colaboradores, la calidad de la organización. También a **Dr. Sebastiao Barbosa** (Oficina de Protección Vegetal, FAO), quien financió la asistencia de varios representantes nacionales. Se acordó que el **VII Taller** se realice en Nicaragua, junto con el **VII Congreso Latinoamericano de Manejo Integrado de Plagas**, posiblemente en el segundo semestre de 1998.

LOGROS PLAN DE ACCION



A continuación se sintetizan los avances del **Plan de Acción para el Manejo de las Moscas Blancas y Geminivirus en América Latina y el Caribe**, entre 1996-1997, con base en las discusiones del **VI Taller**.

- **Cobertura.** Este año Brasil y Cuba por primera vez participaron con exposiciones orales. Concurrieron colegas de 15 de países que integran el Plan: México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Brasil, República Dominicana, Cuba, Haití y Puerto Rico. No se pudo contar con representantes de Belice, Perú ni Argentina. Además, participaron el Dr. Sebastiao Barbosa (FAO) y los Dres. Pamela Anderson y Francisco Morales (CIAT).

- **Centros de diagnóstico.** Las actividades de diagnóstico para especies de Aleyrodidae y blotipos de *Bemisia tabaci*, así como de geminivirus, han continuado en la EAP (Zamorano, Honduras) y el CIBCM (Universidad de Costa Rica), respectivamente.

- **Fuentes de información.** Se han publicado 19 números del boletín trimestral *Mosca Blanca al Día*, como una sección de la revista *Manejo Integrado de Plagas* (CATIE), a la cual se tiene acceso por Internet. Además, se ha divulgado ampliamente el nuevo libro *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus*.

- **Transferencia de tecnología.** En casi todos los países se han continuado estas actividades, mediante parcelas demostrativas en campos de agricultores, para validar y/o transferir algunos métodos para manejar el complejo mosca blanca-virosis. Además de días de campo, se dan charlas y publican materiales divulgativos. En general, los resultados son satisfactorios, especialmente con enfoques de manejo integrado de plagas (MIP) que combinan prácticas agrícolas con nuevos insecticidas, utilizados en forma racional. Esto ha permitido a muchos agricultores volver a sembrar en áreas críticas, previamente abandonadas.

- **Aportes técnicos.** Hubo 21 ponencias, distribuidas así:

Validación y transferencia de tecnología (3), Taxonomía, biología y ecología de moscas blancas (2), Diagnóstico y epidemiología de virus (3) y Manejo (13). Para subsanar deficiencias detectadas en el V Taller, se incluyeron tres charlas magistrales: **Biología, cría y uso de enemigos naturales para el control de Bemisia tabaci (Biotipo B)** (Dr. Matthew Ciomperlink, USDA), **Epidemiología de los geminivirus** (Dra. Pamela Anderson, CIAT) y **Proceso de investigación y transferencia participativa en comunidades de productores hortícolas** (M.Sc. Julio Monterrey, CATIE). Al final del Taller, se realizaron síntesis sobre el estado del conocimiento y manejo del problema, dentro de cada una de las cuatro secciones del Plan, y se identificaron líneas de trabajo prioritarias.

- **Reestructuración.** El énfasis y eje del VII Taller será la validación y transferencia de tecnologías de MIP mediante metodologías participativas. Como complemento, habrá presentaciones técnicas a través de afiches, así como informes nacionales breves, y discusiones en mesas de trabajo específicas.

- **Financiamiento.** Se mantiene la tendencia de que cada país consiga sus propios recursos financieros, pequeños, para ejecutar las actividades de investigación, diagnóstico, capacitación, validación o transferencia estipuladas en el Plan. En la actualidad se están gestionando algunos fondos de la Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas (REDCAHOR) y la FAO para financiar en parte el VII Taller, así como el sobretiro y distribución del boletín **Mosca Blanca al Día**. Además, como un esfuerzo complementario de nuestro Plan, algunos países se favorecerán con el proyecto **Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics (Phase I)**, coordinado por el CIAT (Colombia).

PUBLICACIONES



Disponemos de las siguientes publicaciones nuevas, podríamos informarle dónde comprarlas, o fotocopiarlas a precio de costo:

- **Memoria. VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus.** Agosto, 1997. JAD, República Dominicana.

- **Informe sobre la problemática mosca blanca-geminivirus en Cuba.** Carlos Murguido *et al.* Boletín Técnico No.5 Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Cuba.

- **Silverleaf Whitefly. 1997 Supplement to the Five-Year National Research and Action Plan: Progress Review, Technology Transfer, and New Research and Action Plan (1997-2001).** USDA. Memoria de la Quinta Reunión Anual sobre el Plan Quinquenal de Moscas Blancas para los EE.UU., realizada en California, en enero.

- **Proceedings of the 1st International Conference on the Processing Tomato, and the 1st International Symposium on Tropical Tomato Diseases.** Noviembre, 1996. IPA y ASHS, Pernambuco, Brasil.



REUNIONES

- Como se informó con detalle en **MBDía No. 18 y 19**, del 7 al 12 de junio de 1998 se efectuará el **2nd International Workshop on Bemisia and Geminiviral Diseases** (San Juan, Puerto Rico). Contacto: **Dr. Richard T. Mayer**, USDA, ARS. Tel. (407) 897-7337, Fax (407) 897-7309, rmayer@x.netcom.com. Además, del 24 al 29 de noviembre de 1997 se realizará en La Habana, Cuba, el **1 International Workshop on Geminivirus in the Caribbean**. Contacto: **Dr. Roberto Caballero**, Tel. (53) (66) 8-2600. Fax (53) (66) 8-2601, larenee@cenai.inf.cu

- **Encuentro en Brasil.** Del 4-6 de noviembre se realizará en Brasilia el **Encontro Internacional sobre a Mosca Branca, Bemisia argentifolii**. Contacto: **Dra. Maria Regina Vilarinho de Oliveira**, EMBRAPA-CENARGEN. Caixa Postal 02372, 70849-970 Brasilia-DF, Brasil. Tel (081) 55-61-340-3530, Fax (081) 55-61-340-3524, vllarin@cenargen.embrapa.br

- **Plan de Acción EE.UU.** Del 3-5 de febrero de 1998 se efectuará en Charleston, South Carolina, la **Sexta Reunión Anual** sobre mosca blanca. Contacto: **Dr. Nick C. Toscano**, College of Natural and Agricultural Sciences. University of California. Riverside, CA. 92521. Fax (909) 787-4190, ntoscano@ucracl.ucr.edu

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



MANEJO ECOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFETO (*Hypothenemus hampei*) EN AMÉRICA CENTRAL

Falguni Guharay*
Julio Monterrey*

¿Qué es el manejo ecológico de la broca del café?

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, Ferr es un coleóptero de la familia Scolytidae. Este pequeño insecto, del tamaño de la cabeza de un alfiler, se ha convertido en la principal plaga del café en Centroamérica y en otras partes del mundo.

Las características biológicas de esta plaga y la ausencia de enemigos naturales de importancia en las áreas de introducción, le han permitido adaptarse rápidamente a varias zonas agroecológicas e incrementar aceleradamente su población. En algunas zonas, la broca causa pérdidas hasta del 50% de la cosecha, y por consiguiente ha provocado alarma entre los caficultores. Por el contrario, en otras zonas el insecto se ha comportado como un habitante más del cafetal sin causar mayores estragos.

Afortunadamente, muchos científicos, técnicos y productores han dedicado esfuerzos al estudio de este insecto. El resultado es el conocimiento de muchos de los factores que pueden ocasionar que la broca se convierta en una plaga importante.

Utilizar los conocimientos ecológicos que permiten la toma de decisiones tendientes a reducir las pérdidas, sin causar daños mayores a la salud humana y al ambiente, constituyen el camino para el manejo ecológico de la broca del café.

En esta hoja técnica se presenta información que ayudará a implementar el manejo ecológico de la broca del café, en las condiciones agroecológicas de Centro América y México, debido a que en éstos países la cosecha de café se concentra en un período del año. Para otras condiciones, tales como las que imperan en Colombia, se dan varias floraciones, y por tanto, varias cosechas en el año. Para estas condiciones existe amplia información del manejo ecológico de la plaga (Salazar *et al.* 1993, Benavides y Cárdenas 1994, Bustillo y Posada 1996).

¿Dónde se originó la broca y cómo llegó a América?

El café y la broca son originarios de África. La especie "arábica" (*Coffea arabica*) en su forma nativa se encuentra en los sotobosques de mayor altura (más de 1500 m.s.n.m) de Etiopía, mientras que el "robusta" (*Coffea canephora*) se encuentra a altitudes más bajas, hacia el centro y oeste del continente Africano. Probablemente, *C. canephora* sea su hospedante original y no las especies *C. arabica*; debido a que alturas mayores a 1500 m.s.n.m. no son óptimas para el desarrollo de esta plaga (Baker 1984).

Actualmente, la broca se encuentra en todas las regiones del mundo donde se cultiva el café. Esta plaga ha pasado de un país a otro mediante semillas infestadas, en sacos, contenedores y barcos. En América este insecto se ha reportado en todos los países, excepto Costa Rica (Brasil en 1913, Perú en 1962, Guatemala en 1971, Honduras en 1977, México y Jamaica en 1978, El Salvador y Ecuador en 1981, Nicaragua y Colombia en 1988, y República Dominicana en 1995, Com. pers. PROMECAFE, OIRSA 1997).

¿Cómo es la broca del café?

Este insecto tiene una apariencia similar a los gorgojos (Foto 1). Las hembras adultas miden aproximadamente 1,8 mm de largo y 0,8 mm de ancho. Los machos son más pequeños miden aproximadamente 1,2 mm de largo y 0,6 mm de ancho. Este insecto cuando emerge es castaño claro y cambia a pardo oscuro, hasta tornarse negro.

La cabeza de los adultos tiene forma globular, escondida en la parte anterior del tórax, que en su parte frontal posee de 4 a 7 dientes. Las antenas tienen forma de codo y los ojos son planos y no convexos. Los élitros (par de alas endurecidas) están cubiertos con setas o espinas que crecen hacia atrás. El segundo par de alas membranosas está presente en las hembras; en los machos son muy reducidas; por tanto estos no pueden volar (Alonzo 1983).

*Proyecto CATIE-INTA/MIP(NORAD). Apartado Postal P-116, Managua, Nicaragua. EMail: catienic@ibw.com.ni



Foto 1. Adultos de broca (PROCAFE, El Salvador).

Muchas veces se confunde *H. hampei* ("broca verdadera") con *H. seriatus* (broca falsa) que también infesta frutos del café. Sin embargo, hay algunas características que distinguen estas especies.

<i>H. hampei</i> (broca verdadera)	<i>H. seriatus</i> (broca falsa)
Originario de África, fue introducido en América	Nativo de América, se encuentra desde el sur de EE.UU. hasta Brasil
Se alimenta solamente de endosperma de los frutos del café	Se alimenta de pulpa de varios frutos incluyendo los frutos de café
Penetra los frutos verdes y maduros, cavando un orificio circular perfecto	Normalmente no penetran los frutos y cuando lo hace, el orificio no es circular
Las setas sobre los élitros son alargadas y cilíndricas	Las setas son en forma de espátula y presenta cinco o seis estrías longitudinales

¿En qué plantas se alimenta, desarrolla y hospeda la broca?

Muchos investigadores afirman que este insecto se alimenta, desarrolla y reproduce en las **cerezas** de las especies del género *Coffea*. Sin embargo, se ha señalado que la broca puede alimentarse y desarrollar su ciclo de vida en las cerezas de *Oxyanthus* spp., y los granos y vainas de *Dalium lacourtiana* y *Cajanus cajan* (Quezada y Urbina 1987).

Este insecto también se refugia temporalmente en cápsulas, vainas, granos o frutos de varias especies de plantas (*Phaseolus lunatus*, *Rubus* sp., *Vitis lanceolaria*, *Crotolaria* sp., *Centrosema plumierii*, *Cesalpinia* sp., *Leucaena glauca*, *Acacia decurrens*, *Eriobothryajaponica*, *Pisum sativum*, *Zea mays*, *Arachis hypogaea*, *Ricinus* sp., *Hibiscus* sp.); sin embargo, en estas no se alimenta ni desarrolla.

¿Cómo es la vida de la broca?

Los adultos de la broca nacen dentro de los granos del café. La proporción entre sexos (hembras:machos) puede variar desde 6:1 hasta 59:1 según las condiciones de los diferentes sitios, aunque normalmente se encuentra una proporción de 10:1 (Quezada y Urbina 1987). Las hembras son fecundadas por los machos dentro de los propios granos del café. Después de la fecundación, si hay suficiente humedad en el ambiente, las hembras salen de los frutos y comienzan a buscar sitios para la oviposición (Baker 1984). El período de preoviposición normalmente puede durar entre 5 y 20 días; esto depende de la disponibilidad de frutos aptos para la perforación y oviposición.

Generalmente, la hembra perfora el fruto por la corona o disco (Foto 2). Es difícil encontrar frutos con perforaciones a los lados o en la base. Si los frutos tienen 20% o más de materia seca (estado semilechoso, lechoso o maduro), la hembra perfora durante 6-7 horas para llegar al endospermo, donde excava galerías y deposita sus huevos. Si los frutos no son aptos (menos de 20% de materia seca) la hembra abandona el fruto o permanece en el canal de perforación sin penetrar en el endospermo (Baker 1985).

Las hembras ponen entre 10 y 120 huevos durante su vida, que dura entre 35-190 días (Quezada y Urbina 1987). Los huevos miden de 0,5-0,8 mm de largo y 0,2 mm de diámetro, son de color blanco lechoso recién depositados, y a medida que el período de incubación progresa, se tornan amarillentos. Los huevos eclosionan entre los 5-15 días, dependiendo de las condiciones climáticas. El aumento de la temperatura influye en forma inversa sobre el período efectivo de oviposición (82 días a 23,0°C y 68

días 24,1°C), (Prates 1971) y el período de incubación de los huevos (9,2 días a 24,2°C y 13,7 días a 20,5°C), (PROCAFE 1995).

De los huevos nacen larvas ápodas (sin patas) de color blanco lechoso que miden entre 0,7 y 2,2 mm de largo y 0,2 a 0,6 mm de diámetro. En el cuerpo tienen setas o pelillos blancos esparcidos. El estadio larval dura de 10 a 26 días, durante este tiempo la larva se alimenta del endospermo. Las larvas que serán hembras sufren dos mudas mientras que los machos sólo una (Quezada y Urbina 1987).

Posterior al estado larval sigue una fase de quietud denominada prepupa, la cual dura aproximadamente 2 días. En la fase siguiente denominada pupa, el insecto es blanco y corresponden al tipo de pupa libre o exalada. A medida que se desarrolla la pupa, se van diferenciando cada uno de los apéndices de la cabeza, las alas y las patas. Próximos a transformarse en adultos, las pupas tienen todas las partes del cuerpo bien diferenciadas y su coloración es amarilla pálido hasta pardo claro.

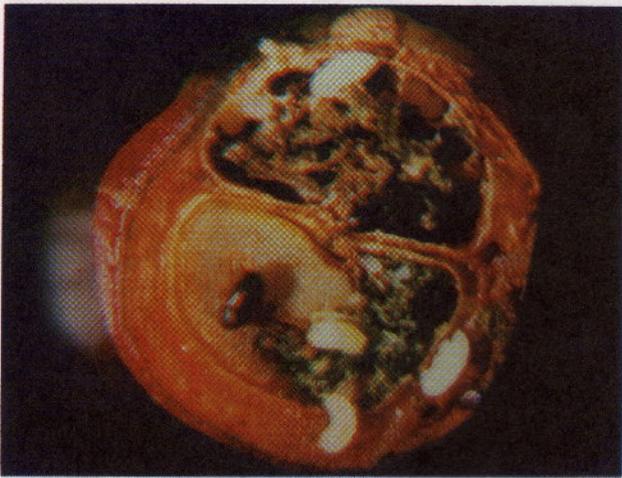


Foto 2. Frutos brocados con galerías (PROCAFE, El Salvador).

El ciclo de vida (de huevo a adulto) de este insecto dura entre 24 y 45 días, mientras el tiempo entre una generación y la siguiente es de 35 a 65 días. El aumento de temperatura causa una reducción del período de desarrollo de la broca (Prates 1971, PROCAFE 1995).

¿Cómo sobrevive y se multiplica la broca en condiciones de campo?

La broca se reproduce y multiplica solamente en frutos de diferentes especies de cafeto (*C. arabica*, *C. liberica*, *C. canephora*). Por tanto, la abundancia de la población está determinada por la disponibilidad de frutos de cafeto aptos para la oviposición, alimentación y desarrollo del insecto.

En muchas zonas cafetaleras de Centroamérica ocurre una floración principal (abril-mayo) que contribuye con el 80%-90% del rendimiento y una o dos floraciones secundarias o "locas" (erráticas), que ocurren antes de la floración principal (febrero-marzo). Los frutos de estas floraciones se desarrollan y maduran durante la estación lluviosa (mayo-noviembre) y la cosecha se concentra entre noviembre y febrero. Durante los meses de verano (marzo-abril) las plantas de cafeto se quedan con pocos frutos.

Sin embargo, en la mayoría de los cafetales, aún después de la cosecha quedan frutos, tanto en las plantas como en el suelo. Comúnmente estos frutos se encuentran en las zonas de goteo o las áreas bajo las plantas del cafeto. Durante el período de post-cosecha (febrero-mayo) la broca sobrevive y se multiplica bien en estos frutos. Durante estos meses dos generaciones de broca cumplen su ciclo y la población aumenta entre 5 y 6 veces. Al final de la época seca, la población de broca que vive en los frutos del suelo, está constituida principalmente por adultos; por lo general, las hembras jóvenes recién fecundadas y listas para infestar nuevos frutos. La sobrevivencia de esta plaga en los frutos caídos no

está influenciada por la presencia o ausencia de malezas o coberturas muertas en las calles durante el período de postcosecha (Monterrey 1994).

Las hembras son capaces de realizar vuelos sostenidos (Baker 1984). Con la llegada de las primeras lluvias fuertes del año (mayo-junio) los insectos salen de los frutos (debido al aumento de la humedad relativa) y vuelan hasta encontrar frutos nuevos, resultantes de las floraciones secundarias. Las brocas sobrevivientes colonizan esos primeros granos, donde se multiplican durante los meses siguientes (junio-agosto) (Quintero y Morales 1996). Posteriormente, afectan los frutos resultantes de la floración principal; alcanzando el crecimiento máximo de la población. Las poblaciones de broca aumentan significativamente a partir de los 90 y hasta los 140 días después de la floración principal, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, o sea el período en que los frutos sazonan y maduran (Sequeira y Barrios 1990). A partir de este momento y hasta el inicio de la cosecha (agosto-noviembre) la broca se multiplica en los granos que se encuentran en condiciones óptimas, lo que acelera el crecimiento poblacional para alcanzar el mayor nivel de población y daño antes del inicio de la cosecha principal.

Este patrón de comportamiento del insecto se presenta en las diferentes zonas cafetaleras de Centroamérica. Sin embargo, los meses cuando ocurren los eventos pueden variar de una zona a otra dependiendo de los cambios de clima.

¿Cuáles condiciones afectan el desarrollo de la broca en las plantaciones?

Las variedades del cafeto en las plantaciones

Se supone que la broca se originó en la especie *C. canephora* y no en *C. arabica* (Baker 1984). Sin embargo, en pruebas de laboratorio, se ha observado que las hembras muestran mayor atracción por las especies de *C. arabica* que por *C. canephora* o *C. liberica*.

En condiciones de campo se ha determinado que la broca infesta todas las variedades del cafeto (*C. arabica*, *C. robusta* o *C. liberica*). Sin embargo, las variedades del cafeto de las especies *C. robusta* o *C. liberica* que presentan floraciones múltiples durante el año, son colonizadas con mayor facilidad por la broca, pasando de los frutos de una floración a los de la siguiente floración, en la misma rama o planta. También algunas variedades de las especies de *C. arabica* como el Borbón o Paca, que normalmente florecen antes que los Caturras, Catuais o Catimores son colonizados primero por las poblaciones sobrevivientes de la broca; y generalmente presentan mayor daño en la cosecha. Cuando existe mezcla de variedades o especies del cafeto en la misma plantación, la broca aprovecha las floraciones sucesivas para sobrevivir y desarrollarse con más facilidad.

Altura y Sombra

El ámbito óptimo de altura para el desarrollo de la broca es de 800 a 1000 m.s.n.m; generalmente, a más de 1500 m.s.n.m esta plaga no ocasiona problemas económicos (Quezada y Urbina 1984). Sin embargo, en muchas zonas cafetaleras de Nicaragua con altitudes menores a 800 m.s.n.m y mayores a 1000 m.s.n.m esta plaga se ha adaptado muy bien; por consiguiente se ha convertido en un serio problema (Monterrey 1994). Para cada altura es importante el factor temperatura.

Frecuentemente, se ha mencionado que las poblaciones de broca son mayores en cafetales con sombra densa, y más bajas en cafetales al sol (Quezada y Urbina 1987). Sin embargo, una investigación realizada en Honduras mostró que la mayor incidencia de broca ocurre en plantaciones con sombra media, en comparación con las plantaciones de sombra densa y sin sombra. En otro experimento realizado en Nicaragua no se encontró diferencias significativas entre las infestaciones de este insecto en plantaciones con sombra y sin ésta (Monterrey 1994).

Es necesario analizar el efecto de la altura y de la sombra sobre las poblaciones de broca en un contexto local, relacionado con el efecto sobre el cultivo del café, su fenología, rendimiento y factores de control natural. Desafortunadamente, no existen muchos estudios de este tipo que permitan hacer conclusiones generales sobre este aspecto.

Poblaciones sobrevivientes en período de postcosecha

En zonas donde las plantaciones permanecen sin frutos durante algunos meses del período de postcosecha, la mayor cantidad de los frutos han caído al suelo y la población de broca sobrevive en esos frutos, causando una infestación inicial alta, así como una alta tasa de incremento de la población en la cosecha siguiente (Morales y Guharay 1995, Quintero y Morales 1996).

La secuencia de las floraciones y disponibilidad de los frutos

La secuencia de las floraciones y la disponibilidad de frutos durante todo el año, es el factor fundamental para el desarrollo de la broca en una zona. Normalmente, las floraciones tempranas son afectadas por las brocas sobrevivientes de la cosecha anterior; y en éstas se desarrollan las primeras generaciones del insecto que afectarán los frutos resultantes de las floraciones siguientes (Baker 1984 y Muñoz 1988). En zonas donde hay poca disponibilidad de frutos, resultantes de las floraciones tempranas (menos de 5% de la cosecha total) el desarrollo de la población de broca en los frutos de la floración principal es más retardado y con una tasa de incremento baja. Por el contrario, en zonas donde ocurren varias floraciones tempranas que producen una cantidad sustancial de frutos (más de 20% de la cosecha total) antes de la cosecha principal, las poblaciones sobrevivientes

de broca logran multiplicarse y posteriormente colonizar los frutos de la cosecha principal mucho antes. Esto les permite desarrollarse y alcanzar una tasa de crecimiento mayor de la población.

Condiciones climatológicas

El patrón de lluvias de una zona influye sobre la secuencia de las floraciones, y por tanto, en el desarrollo de las poblaciones de esta plaga. En los años donde ocurre mayor precipitación durante el período de sazónamiento y maduración de los frutos, la tasa de incremento de la población de la broca es menor que la registrada en años con menor precipitación, durante esta etapa fenológica. Las hembras fecundadas pasan por un período de preoviposición entre las generaciones, desplazándose dentro de las plantaciones en busca de frutos aptos para la reproducción. La presencia de lluvias abundantes en este período pueden causar alta mortalidad de las hembras fecundadas, y por consiguiente una reducción notable en la tasa de incremento de la población.

En los lugares con temperaturas altas, el ciclo de vida de la broca es más corto; por tanto, en zonas calientes, se puede presentar mayor número de generaciones del insecto y por ende mayores daños en la cosecha. Posiblemente, ésta es la causa de que en las zonas bajas (400-800 m.s.n.m) de América Central, donde la temperatura es mayor, la broca causa mayores daños que en las zonas más altas (1000-1200 m.s.n.m) donde la temperatura es más baja.

Acción de los enemigos naturales

La broca como insecto exótico no tiene muchos enemigos naturales nativos en el continente Americano. Sin embargo, en su lugar de origen y en otros países se han identificado varios enemigos naturales de este insecto. Algunos de éstos se han introducido en América. Entre ellos están las avispas ectoparásitas de los estados inmaduros y depredadores de los adultos, como *Cephalonomia stephanoderis* (Foto 3), *Prorops nasuta* de la familia Bethyilidae, la avispa que es endoparásita de los adultos *Phymasticus coffea* familia Braconidae y entomopatógenos nativos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

En muchos lugares de Centro América y otros países de América se han criado y liberado con éxito algunos parasitoides de la broca. Los hongos entomopatógenos presentes naturalmente, han sido aislados, reproducidos en forma masiva, formulados y aplicados en las plantaciones de café. Sin embargo, la eficacia de la acción de los enemigos naturales depende de muchos factores, entre ellos, de las condiciones microclimáticas de las plantaciones, el uso de plaguicidas sintéticos y condiciones apropiadas del ambiente que favorezcan la sobrevivencia y desarrollo de esos organismos. Por ejemplo, disponibilidad de flores para alimentación de las avispas y calidad de suelo que permita la permanencia y viabilidad de los hongos entomopatógenos.



Foto 3. *Cephalonomia stephanoderis* entrando a un fruto brocado (PROCAFE, El Salvador).

¿Qué daños causa la broca?

Si las hembras perforan los frutos pequeños (estado lechoso), el daño principal consiste en la caída prematura de los frutos, con la consecuente reducción en la producción de granos maduros. Sin embargo, el daño mayor es causado cuando las hembras colonizan frutos en estado semi-lechoso o maduro. En este momento, la hembra perfora el grano, excava las galerías y oviposita. Las larvas se alimentan y desarrollan en el endospermo, causando mayores pérdidas. En plantaciones con porcentajes de infestación altos durante la cosecha, el índice de rendimiento o la relación uva-oro disminuye. En plantaciones sin broca, 227 kg de uva producen 45 kg oro, por el contrario; con uvas infestadas por broca, necesitan de 272 a 454 kg para producir 45 kg oro (PROCAFE 1995). También la broca afecta la calidad de los granos, y por consiguiente reduce el valor del grano en el mercado. En Nicaragua se ha determinado que por cada 1% de uvas brocadas en la cosecha, se pierde aproximadamente el monto equivalente al precio de 9,1 kg oro/ha en las plantaciones con rendimiento de 324-518 kg oro/ha y 14 kg oro en plantaciones con rendimientos de 974-1300 kg oro/ha, Guharay *et al.* 1994).

La broca aumenta los costos de producción debido a las prácticas adicionales necesarias para el manejo de esta plaga. Estas labores no aumentan el rendimiento del café, por el contrario, en el mejor de los casos, únicamente se recuperan los niveles de rendimiento obtenidos antes de la llegada de la broca.

En muchas ocasiones el temor a las cuantiosas pérdidas causadas por las infestaciones de este insecto inducen a los caficultores a utilizar plaguicidas sintéticos. El uso inadecuado de estos productos afecta la salud humana, contamina el ambiente, provoca el resurgimiento de plagas secundarias y deja residuos en la cosecha, los cuales perjudican la salud de los consumidores. Es difícil estimar el monto de estos daños, pero sin duda son altos.

¿Cómo estimar la incidencia de broca y el nivel de daño en los cafetales?

En el suelo después de la cosecha

Para estimar la cantidad de frutos caídos y la infestación de la broca en plantaciones de 3 ha o menos, se deben identificar cinco puntos distribuidos en el cafetal. En cada punto se escogen dos hileras del café, una al lado derecho otra al lado izquierdo del punto seleccionado. En cada hilera se escoge una planta; bajo esta planta se coloca un marco de 25 x 25 cm. Para obtener una estimación confiable se realiza un conteo de los frutos caídos y los frutos infestados por la broca en los 10 sitios muestreados (CATIE 1997).

En los frutos de la cosecha

Para determinar la incidencia de la broca y el daño en los frutos que permanecen en la planta, se puede utilizar el método de recuento integral. Este permite determinar la incidencia de varias plagas en un solo recuento (CATIE 1997). En plantaciones de 3 ha o menos se seleccionan cinco puntos distribuidos; en cada punto se escogen dos hileras (las hileras consisten de cinco plantas). En cada planta se revisa una rama o bandola entera, contando los frutos, los frutos perforados por broca y los frutos brocados con presencia de algún hongo entomopatógeno. En la primera planta se revisa una rama ubicada entre la parte media y superior y en la siguiente planta se evalúa una rama ubicada entre la parte media e inferior. En total se revisan 50 bandolas que normalmente contienen entre 1500 y 2000 frutos. Con base en estas observaciones se determina el porcentaje de infestación y de incidencia de hongos entomopatógenos. La precisión de la estimación obtenida con este método es comparable a la obtenida con otros métodos promovidos anteriormente en Centroamérica (PROCAFE 1995). Además, este método tiene la ventaja de que en las mismas bandolas se puede evaluar la incidencia de otras plagas (Monterroso *et al.* 1996).

¿Cómo reducir el daño causado por la broca?

Para reducir el daño provocado por la broca se deben emplear todos los conocimientos existentes sobre la biología y ecología de esta plaga, con el fin de decidir las acciones que deben realizarse en las diferentes etapas del ciclo del cultivo.

Al final de la cosecha

Por el hábito monófago de la broca del café, el período en el cual las plantas no tienen granos es la más crítica para su sobrevivencia y desarrollo. Por tanto, para manejar esta plaga se debe hacer énfasis en las acciones tendientes a reducir las poblaciones sobrevivientes y su alimento, durante el período de postcosecha.

Sin embargo, antes de realizar algunas acciones es importante conocer la cantidad de frutos disponibles para la multiplicación de esta plaga y la cantidad de frutos infestados. Esto se puede determinar mediante un recuento de frutos en el suelo, utilizando el método de marcos en 10 sitios. En esta etapa no es tan importante considerar el porcentaje de frutos infestados, sino la cantidad de frutos en el suelo, porque aún con una infestación inicial reducida, los insectos sobrevivientes logran afectar la mayoría de los frutos disponibles al final del período de post-cosecha. En algunas empresas cafetaleras de Nicaragua, un resultado de 50 a 70 frutos (en los marcos en 10 sitios), por plantación es considerado alto e indica la necesidad de realizar prácticas de remoción del grano. Si el resultado es de 0-20 frutos (en los 10 sitios muestreados) el nivel de infestación es considerado aceptable.

Existe varias opciones para reducir las poblaciones de broca sobrevivientes y su alimento durante esta etapa. Uno de los métodos más prácticos es mediante la labor conocida como "pepena" (remoción de los granos caídos debajo de la planta y de los granos que permanecen en la planta después de la cosecha). Debido a que muchos frutos recolectados durante la "pepena" están infestados con broca, es necesario sumergirlos en agua hirviendo durante 5 minutos para eliminar los adultos. Algunos productores y técnicos señalan que las malezas o cobertura en el suelo de los cafetales pueden incidir en la eficiencia de la remoción de granos. Sin embargo, la labor de "pepena" se realiza principalmente en las zonas de goteo, las cuales comúnmente permanecen libres de coberturas o malezas y donde se recoge el 80% de los granos y brocas sobrevivientes. Por tanto, la presencia de cobertura en las calles, no interfiere mucho con la labor de "pepena". Algunos estudios realizados en plantaciones comerciales en el norte de Nicaragua, demuestran que mediante la pepena es posible reducir la cantidad de frutos, pasando de 80 a 20 frutos en los 10 marcos, con una eficiencia de hasta 75% y utilizando entre 6 y 11 días hombre/ha. Sin embargo, cuando la cantidad de frutos presentes es baja (alrededor de 20 frutos/10 sitios muestreados) con la "pepena" no se logra una reducción significativa. Esta práctica es muy efectiva para reducir la población de broca sobreviviente y su alimento; y por consiguiente reducir la infestación inicial y la tasa del incremento de la población en la siguiente cosecha (Morales y Guharay 1995).

Algunos productores han señalado que la "pepena" requiere mucha mano de obra, la cual no siempre está disponible. Como respuesta a esta problemática, se han buscado alternativas que utilicen menos mano de obra. Una de éstas alternativas es el uso de trampas semioquímicas. En investigaciones realizadas se determinó que con extractos etanólicos o metanólicos de los frutos maduros (0,46 kg de frutos/l de alcohol) se captura una cantidad significativa de adultos, pero únicamente en el período cuando no hay frutos disponibles en las plantas. En Nicaragua, utilizando 15 trampas en parcelas de 0,50 ha se logró capturar hasta 3500 adultos por planta por semana durante estos meses. Las trampas

lograron reducir la población sobreviviente de la broca de 400,000 a 200,000 adultos/ha (tanto por captura así como por la muerte natural de las brocas que salieron de los frutos en el suelo debido al efecto del extracto); y la infestación de la plaga pasó de 16% a 10% en la siguiente cosecha (Quintero y Morales 1996).

Otra alternativa es la liberación de parasitoides; por ejemplo la avispa *Cephalonomia stephanoderis* a razón de un adulto/cuatro adultos de broca, redujo significativamente la población de la plaga y por ende la infestación inicial en la siguiente cosecha (Barrios 1995).

Después de realizar algunos de estos manejos, es necesario evaluar su eficacia, para esto se debe realizar un recuento de broca en el suelo utilizando el método de marcos en 10 sitios.

Etapa de floración principal

Durante los meses siguientes es necesario mantener un registro de las lluvias con el objetivo de identificar con mayor exactitud las épocas de floración. Cuando se inicia la estación lluviosa se puede utilizar el método integral de muestreo para determinar la cantidad de frutos de la cosecha adelantada y el porcentaje de frutos infestados de esa cosecha. Con estas cifras se puede estimar si la contribución de las floraciones secundarias es significativa y si el grado de infestación requiere la realización de algunas prácticas de control. Si la contribución de la cosecha adelantada es menor al 10% del rendimiento total, es suficiente realizar una práctica conocida como "graniteo" (remoción de los frutos verdes y maduros afectados por la broca). Sin embargo, si la producción estimada para la cosecha adelantada es significativa (>20%) y la infestación es alta, se deben considerar otras opciones como la aplicación de *B. bassiana* o endosulfán, dirigidos a los frutos resultantes de las floraciones "erráticas".

Etapa de formación de frutos de la cosecha principal:

Los frutos de la cosecha principal logran su estado de consistencia de 90 a 120 días después de la floración, dependiendo de la altitud y las condiciones climáticas. En esta etapa, es necesario realizar un recuento para conocer la cantidad de frutos en formación y el nivel de infestación de la broca. En plantaciones de cafeto que han sido manejadas adecuadamente, específicamente con prácticas de manejo de la broca durante el período de post-cosecha, no se debe esperar una incidencia alta (menos de 1-2%). Es importante realizar un recuento un mes después para determinar el incremento en la infestación; el aumento de la infestación durante ese tiempo es conocido como "tasa de crecimiento de la broca".

Generalmente, no se espera un crecimiento lineal de la incidencia de un insecto en un ambiente sin limitaciones de alimento. Sin embargo, en las zonas cafetaleras del norte de Nicaragua, las curvas de crecimiento de la incidencia de esta plaga se ajustan adecuadamente a una recta lineal en aquellas

plantaciones donde no se realizó un manejo de la broca, durante el período de maduración del grano (julio-noviembre). Con base en esto, se ha logrado estimar la tasa lineal de crecimiento de la incidencia de la broca en esta zona. Los resultados han mostrado la existencia de tasas bajas (alrededor de 0,4%), tasas intermedias (aproximadamente de 1%) y tasas altas ($\geq 2\%$). Las tasas difieren de una plantación a otra en el mismo año, y en la misma plantación de un año a otro. Por tal razón, es necesario determinar la tasa para cada plantación, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones sobre el manejo de este insecto en el momento adecuado.

Con la tasa de crecimiento de la zona, es posible estimar el nivel de incidencia del daño en el momento de la cosecha si se conoce el intervalo del tiempo entre el último muestreo y la iniciación de la cosecha. Con este resultado es posible calcular la pérdida de rendimiento esperada (equivalente a 9 kg oro/ha por cada uno por ciento de uvas brocadas en plantaciones de menor rendimiento, y 21 kg oro/ha por cada uno por ciento de uvas brocadas en plantaciones de mayor rendimiento). Si las pérdidas esperadas superan los costos de las prácticas de manejo (en Nicaragua varía entre US\$143-\$200/ha, dependiendo de las prácticas y costo de mano de obra) es necesario realizar algunas acciones para reducir la tasa del crecimiento de la broca durante el período de maduración del grano.

La primera alternativa para lograr esto es el "graniteo". Esto da como resultado la supresión directa de las poblaciones de broca y no permite el aumento en la multiplicación de las siguientes generaciones. En algunas zonas el "graniteo" se realiza recolectando solamente los granos maduros (esta práctica es conocida como "cosechas oportunas"). Sin embargo, esto tiene menos impacto en la reducción de la población de la broca en comparación al "graniteo" donde se recolectan todos los granos afectados, maduros y verdes. Algunas empresas cafetaleras de Nicaragua han manejado plantaciones grandes con broca solamente con "pepena" y dos "graniteos", realizados durante el período de precorte, y los resultados han sido buenos con costos de manejo aceptables.

Cuando la cosecha es buena y la infestación comienza a incrementarse rápidamente, las prácticas culturales pueden complementarse con alternativas de control biológico aumentativo. Se pueden realizar liberaciones de parasitoides en forma inoculativa durante el período de maduración de los granos. Sin embargo, durante estos meses la disponibilidad de frutos brocados para ser utilizados como sustrato para la cría de los parasitoides, no es suficiente para criar la cantidad necesaria para las liberaciones, para resolver esto es necesario mejorar los métodos de crianza de los parasitoides.

En muchos países se han utilizado los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* como alternativas de manejo (Foto 4). Se ha determinado que algunos aislamientos de estos hongos son virulentos y poseen características adecuadas para la producción masiva. Existen formulaciones de estos hongos en aceite y en polvo que permiten la aplica-

ción de las conidias utilizando fumigadoras comunes. Los estudios sobre las epizootias naturales e inducidas (en el campo) han generado las pautas para determinar los momentos más adecuados para la aplicación de las conidias (Barrios *et al.* 1994). Los resultados mostraron que en condiciones climáticas del norte del Nicaragua, dos aplicaciones de formulaciones de *B. bassiana* (10^{12} conidias por ha en 100 l de agua) al inicio de la estación lluviosa (junio) y a la salida de la canícula (septiembre), logran reducir la tasa de crecimiento de las poblaciones y reducir el daño en la cosecha con una rentabilidad comparable a la alcanzada con el manejo convencional de la broca utilizando endosulfán (Morales y Guharay 1995). Las conidias de *B. bassiana* permanecen sobre los frutos únicamente de 4 a 5 días después de cada aplicación, lo que hace suponer que las aplicaciones de los fungicidas realizadas 8-10 días después de las aplicaciones de *B. bassiana* no afectarían considerablemente el hongo. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones sobre este aspecto.



Foto 4. Frutos brocados con la presencia de *Beauveria bassiana*.

En plantaciones donde la incidencia de broca es muy alta y no es posible reducir la población mediante prácticas culturales o control biológico, se puede considerar el uso del insecticida endosulfán en dosis de 350-500ml ia/ha en 200-350 l de agua. Los resultados con el uso de esta dosis es de 70-90% de mortalidad en poblaciones de broca. Este producto es eficaz para reducir la población y el daño causado por la broca. Sin embargo, es muy tóxico para los mamíferos (Clase toxicológica: I; DL₅₀ oral en ratas machos 160 mg/kg (Técnico); Peces: LC₅₀ (96 h) e Golden orfe 0,002 mg/l de agua) y es sumamente tóxico para los peces.

Etapa de inicio de la cosecha:

En este momento debe realizarse un recuento para conocer la incidencia de la broca y el grado de daño en la cosecha, con el fin de evaluar la eficacia

del manejo realizado durante el ciclo. Para evaluar la eficacia de los hongos entomopatógenos no es suficiente comparar la cantidad de los frutos perforados, sino que es necesario determinar el daño a nivel del pergamino u oro. Muchas brocas infectadas con el hongo logran perforar el grano, pero mueren en el canal que actúa como cámara de incubación para los hongos. Por tanto, el conteo de frutos perforados no revela la eficacia real de los hongos.

El uso de estos conocimientos, la observación sistemática mediante los recuentos, la toma de decisiones racionales, la ejecución óptima de las prácticas y la evaluación del impacto del manejo sobre la producción y la calidad son elementos claves para lograr el éxito en el manejo de la broca. Actualmente, en Centroamérica y otras partes del mundo hay muchos caficultores realizando un manejo ecológico de la broca del café.

¿A quiénes se puede contactar para obtener más información sobre la broca y su manejo?

México:	Dr. Juan Francisco Barrera, Colegio ECOSUR, Tapachula
Guatemala:	Dr. Armando García, ANACAFE, Guatemala, Guatemala
Honduras:	Ing. Raúl Muñoz, M.Sc. IHCAFE, San Pedro Sula, Honduras
El Salvador:	Ing. Manuel Vega Rosales, PROCAFE, Santa Tecla, El Salvador
Nicaragua:	Ing. Rafael Ubeda, M.Sc. UNICAFE, Matagalpa, Nicaragua Ing. Mirna Barrios, M.Sc. ADHS, Matagalpa, Nicaragua Ing. Julio Monterrey, M.Sc. CATIE, Managua
Colombia:	Dr. Alex Bustillo, CENICAFE, Chinchina, Colombia

LITERATURA CITADA

ALONZO, F. 1983. Biología de la Broca del fruto del café. *In* La Broca y su control. IICA-PROMECAFE. p. 42-47.

BAKER, P.S. 1984. Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera, Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 61:9-24.

BAKER, P.S. 1985. Biología e historia natural de la Broca del café. *In* Curso sobre manejo integrado de plagas del café con énfasis en broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr) (1985, Guatemala). Memoria. IICA-PROMECAFE. p. 105-143.

BARRIOS, M. 1995. *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera, Bethyllidae) parasitoide de la broca del café: Tres años de trabajo 1992-1995. Informe Técnico, Matagalpa, Nicaragua. UNICAFE, Unión Nicaraguense de Cafetaleros. s.p.

BARRIOS, M.; JIMENEZ, C.; GUHARAY, F. 1994. Ecología de la interacción de *Beauveria bassiana* con la broca del café. *In* Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. (5, 1994, San José, Costa Rica) Resúmenes. San José, Costa Rica. p. 54.

BENAVIDES, P.; CARDENAS, R.C. 1994. Experiencias de campo en manejo integrado de broca de caféto *Hypothenemus hampei* (Ferray 1867). Coleótera, colytidae, CENICAFE, p. 74-78.

BUSTILLO, A.; POSADA, F.J. 1996. El uso de entomopatógenos en el control de la broca del café en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 42-1-13.

CATIE. 1997. Guías y herramientas para la implementación de manejo integrado de plagas con caficultores. Proyecto CATIE-INTA/MIP, Managua, Nicaragua. s.p.

GUHARAY, F.; MONTERREY, J.; BARRIOS, M. 1994. Apuntes sobre manejo integrado de broca del café. *In* Cómo Implementar MIP en Café con Productores y Técnicos. Managua, Nicaragua. Proyecto CATIE-INTA/MIP. s.p.

MONTERREY, J. 1994. Avances de los estudios bioecológicos de la broca de café *Hypothenemus hampei* en Nicaragua. *In* Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. (5, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 161.

MONTERROSO, D.; MEDOZA, R.; MONTERREY, J. 1996. Método integrado de cuantificación de plagas en el sistema café. *In* Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, (6, 1996, Acapulco México). Resúmenes. p. 21.

MORALES, R.; GUHARAY, F. 1995. Manejo Integrado de broca en la zona cafetalera norte de Nicaragua. *In* Simposio de Caficultura Latinoamericana, (16, 1995, San Salvador, El Salvador). Resúmenes. p. 23.

MUÑOZ, R. 1988. Infestación de broca en frutos provenientes de las diferentes floraciones ocurridas en los cultivos Caturra y Catimor. *In* Taller Internacional sobre la broca del fruto del caféto (*Hypothenemus hampei* Ferr). (3, 1988, Guatemala). Memoria IICA-PROMECAFE.

PRATES, H.S. 1971. Resultados preliminares de um estudio bioecologico da broca do café. *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). *In* Reunión Anual de Sociedad Brasilenia para Progreso de Ciencia. (22, 1970, Salvador-Bahia, Brasil). Resumen. s.p.

PROCAFE. 1995. Manejo Integrado de la Broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1864) en El Salvador. Boletín Técnico. Santa Tecla, El Salvador. Fundación Salvadoreña para Investigaciones del café. s.p.

QUEZADA, J.R.; URBINA, N.E. 1987. La Broca del fruto del caféto, *Hypothenemus hampei* y su control. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico. No. 110. CATIE.

QUINTERO, N.; MORALES, S. 1996. Manejo de la Broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr 1867 durante el año agrícola 1994, en San Dionisio, San Marcos, Carazo. Tesis Lic. Managua, Nicaragua. Universidad Centroamericana. s.p.

SALAZAR, M.; ARCILA, J.P.; RIAÑO, N.; BUSTILLO, A. 1993. Crecimiento y desarrollo de fruto del café y su relación con la broca. *In* Avances Técnicos CENICAFE, Chinchiná, Colombia. No. 194. p. 4.

SEQUEIRA, A.; BARRIOS, M. 1990. Dinámica poblacional de la broca del fruto del caféto *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae) en tres localidades de la VI región, Nicaragua. *In* Congreso Internacional MIP, (3, 1990, Managua, Nicaragua). Memorias. s.p.



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

PATROCINADORES

La Revista Manejo Integrado de Plagas se complace en anunciar que como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, ha iniciado la vinculación de "Patrocinadores" los cuales serán anunciados en este espacio. (Mayor información para interesados en el patrocinio de la Revista MIP en p. 62).



**Autoridad Sueca
para el Desarrollo
Internacional (ASDI)**
(Contribución vía Presupuesto
Básico de CATIE)

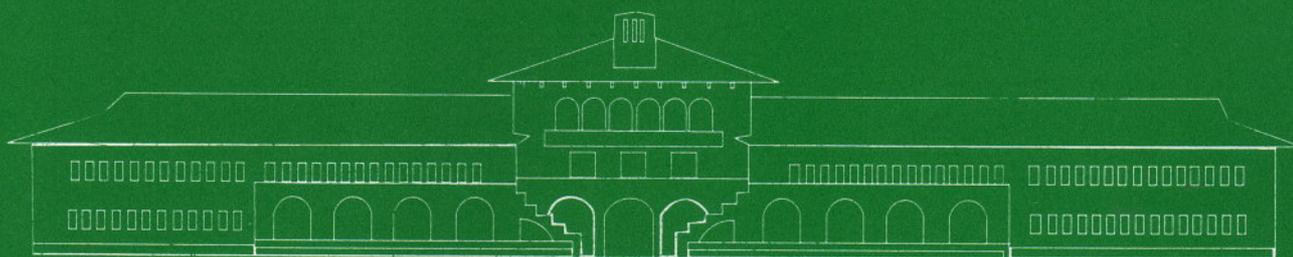


PLATANERA RIO SIXAOLA
Apartado 10905-1000
San José, Costa Rica
Tel/Fax (506)258-22-16

CATIE

ESCUELA DE POSTGRADO

Turrialba, Costa Rica



Doctorados (Ph.D) en:

- I. Forestería Tropical**
(Conjuntamente con Colorado State University)
- II. Sistemas Agroforestales**
(Conjuntamente con University of Florida)

Maestría (M.Sc.) en:

- I. Agricultura Ecológica**, con énfasis en:
 - Recursos Fitogenéticos y Biotecnología
 - Agricultura Tropical Sostenible
- II. Sistemas Agroforestales**
- III. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad**, con énfasis en:
 - Manejo de Sistemas de Producción Forestal Diversificado
 - Conservación de la Biodiversidad
- IV. Economía Ambiental**, con énfasis en:
 - Administración y Gerencia Ambiental
 - Socioeconomía Ambiental

Solicite información a:

Escuela de Postgrado
CATIE
Apartado Postal 7170 Turrialba, Costa Rica
Fax: (506) 556-0914/556-1533
Tel.: (506) 556-1016/556-6431
EMail: posgrado@catie.ac.cr
Web-page: <http://www.catie.ac.cr>