ISSN 1016-0469

Manejo Integrado de Plagas

No. 43

Marzo 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, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

CENTRO AGRONOMICO 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

Elkin Bustamante
Gustavo Calvo
Manuel Carballo
Fernando Ferrán
Israel Garita
Diego Gómez
Galileo Rivas
Vera Sánchez
Bernal Valverde

UCR

Helga Blanco

Dirección: Elkin Bustamante

Edición: Laura Rodríguez

Diseño Gráfico y Textos: Yorlene Pérez y Guiselle Brenes

Foto: Cultivos asociados: una estrategia para el manejo integrado de malezas.

Manejo Integrado de Plagas

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

No.43 **Marzo 1997**

CONTENIDO

Pág.

INFORMES DE INVESTIGACION

La dinámica del banco de semillas de malezas en sistemas de producción de granos básicos 1-8
Helmut Eiszner, Dennis Salazar, Jurgen Pohlan

Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control de salivazo (*Aeneolamia postica*) (Hom: Cercopidae) en caña de azúcar en la región de San Carlos, Costa Rica 9-18
José Daniel Salazar Blanco, Francisco Badilla Fernández

Potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de manejo integrado de plagas (MIP), aplicando tres técnicas de extensión con productores de tomate en el Valle Central Occidental, Costa Rica 19-30
Osvaldo Pérez, Octavio Ramírez, Luko Hilje, Jan Karremans

FOROS

Supresión de enfermedades mediante el uso de compost 31-39
H.A.J. Hoitink, A.G. Stone, D.Y. Han

Los Geminivirus 40-54
Pilar Ramírez

HOJA TECNICA

Micorrizas ..... i-iv
Gonzalo Galileo Rivas Platero

SECCION INFORMATIVA

Reseñas de Publicaciones 55
Tesis Posgrado CATIE 57
Futuros Eventos 58
Mosca Blanca al Día 60

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

CATIE

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 1-8, 1997.

LA DINAMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DE MALEZAS EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE GRANOS BASICOS

Helmut Eiszner*
Dennis Salazar**
Jürgen Pohlan*

RESUMEN

Se estudiaron los cambios cuantitativos y cualitativos de la comunidad de malezas y del banco de semillas de maleza; en el suelo, como efecto de la rotación de cultivos y del control de malezas; el experimento se realizó en la Estación Experimental «Las Mercedes» UNA, Managua, Nicaragua de 1987 hasta 1990. Un modelo bifactorial permanente en campo combinó cinco rotaciones de granos básicos y tres manejos de malezas. Para determinar el banco de semillas de malezas en el suelo se utilizó un método modificado de cultivo. Los resultados muestran diferencias significativas entre las rotaciones y diferentes manejos de malezas después del primer período experimental de tres años. El nivel del enmalezamiento actual varió de 88 hasta 440 ind./m², mientras en el enmalezamiento potencial se determinó 3125 hasta 12969 semillas/m², se obtuvo tasas de emergencia de semillas de 0,5% a 14,2%. Los valores más altos se registraron en la rotación pepino-soya con 330 ind./m² y 6771 semillas/m². El control químico con 227 ind./m² y 6062 semillas/m² tenía una baja eficacia debido a la predominancia de la especie tolerante *Rottboellia cochinchinensis*, alcanzando hasta 405 ind./m². El menor enmalezamiento actual se registró en la rotación maíz-sorgo con 101 ind./m² y el menor potencial en la rotación maíz-soya con 4010 semillas/m². El control por limpias periódicas redujo la infestación de malezas a 109 ind./m² y 3531 semillas/m².

Palabras claves: Banco de semillas, Malezas, Control.

WEED SEED BANK DYNAMICS IN BASIC GRAIN PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT

Quantitative and qualitative changes in weed community and weed seed bank in the soil due to crop rotation and weed control practices were studied by the UNA Managua at «Las Mercedes» Experimental Station from 1987 to 1990. A bifactorial permanent field trial combined five grain crop rotations and three weed management systems. To determine the weed seed bank in the soil a modified cultivation method was used. There were significant differences between crop rotations and weed control systems after the first three year period. The level of weed infestation in the field (actual) varied from 88 to 440 ind./m², while the weed seed bank in the soil (potential) was 3125 to 12969 seeds/m², giving emergence rates from 0,5% to 14,2%. The highest values were registered in the cucumber-soya rotation with 330 ind./m² and 6771 seeds/m². The chemical weed control with 227 ind./m² and 6062 seeds/m² had a low efficiency due to predominance of tolerant species *Rottboellia cochinchinensis*, with up to 405 ind./m². The lowest actual infestation occurred in the corn-sorghum rotation with 101 ind./m² and the lowest potential in the corn-soybean rotation with 4010 seeds/m². Periodic weed control reduced weed infestation to 109 ind./m² and 3531 seeds/m².

Key Words: Seed-banks, Weeds, Control.

INTRODUCCION

El control de malezas en los cultivos anuales consume del 40%-60% de la mano de obra en sistemas de producción pequeños (Alemán 1991; FAO 1987). Este control se basa en el enmalezamiento actual o sea el presente en la etapa crítica del cultivo (De la Cruz 1988); y representa entre 5% y 10% del potencial de semillas en el suelo (Pareja 1988). Este potencial refleja el efecto acumulado de los manejos de cultivos realizados anteriormente, dirigidos a lograr una reducción permanente del enmalezamiento. Por otro lado, el banco de semillas en el suelo garantiza el recubrimiento y la protección contra la erosión de áreas agrícolas en barbecho. Para lograr ésto, se requiere una comunidad de malezas con una estructura

Recibido: 14/02/96. Aprobado: 21/03/97.
*Universidad de Leipzig, Sección Ciencias Agrarias, Dpto. Agricultura Tropical Fichtestr. 28, D-04275 Leipzig, **Alemania**.
Universidad Nacional Agraria (UNA) Km. 12½ Carretera Norte - Apartado 453. Managua, **Nicaragua.

diversa y equilibrada entre diferentes clases botánicas y formas de vida.

Factores antropogénicos como la rotación de cultivos y los métodos directos de manejo de malezas, influyen sobre la composición florística y la producción de semillas de la comunidad (Barralis 1972; Vecchio *et al.* 1992). La aparición real de las malezas en los ecosistemas agrícolas, exige la comprensión de las relaciones entre el suelo, su reserva de semillas y la vegetación, además de los factores que provocan la germinación bajo diferentes manejos agronómicos y las condiciones atmosféricas (Post 1986).

La rotación de cultivos es un componente eficaz del manejo integrado de malezas. Este puede modificar la distribución modelo de una comunidad de malezas, a través de siembras repetidas con sus prácticas culturales típicas, p.e. sistema de labranza, preparación de suelo y uso de insumos externos. Este impacto antropogénico puede dar como resultado diferentes composiciones de las comunidades de malezas (Post 1986, Alemán 1991).

Existe poca información sobre el efecto de factores antropogénicos referentes a la relación entre el enmalezamiento actual y el potencial. Si se analiza la forma en que estos factores alteran las poblaciones de malezas, es posible que en ciclos posteriores, se puedan realizar predicciones, sobre el enmalezamiento actual. De esta manera también se esperan beneficios ambientales (Malespin 1993).

En este trabajo se analizó un experimento permanente, localizado en la finca «Las Mercedes» de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua. Los objetivos fueron:

- Cuantificar el efecto de diferentes rotaciones de cultivos y métodos directos de control de malezas, sobre el banco de semillas existente en el suelo
- Determinar la relación entre el enmalezamiento actual y potencial

MATERIALES Y METODOS

La finca experimental «Las Mercedes» UNA está localizada a una altura de 56 m.s.n.m., situada entre las coordenadas 12°08' latitud norte y 88°10' longitud oeste. El clima se caracteriza por una temperatura promedio anual de 26,8°C y 1092 mm de precipitación pluvial anual, con un período lluvioso entre mayo y noviembre. De acuerdo a Holdridge (1960), esta localidad pertenece a la zona de vida Bosque Tropical Seco. El suelo de la serie La Calera (Catastro 1971) es fértil, pero tiene un drenaje pobre y baja permeabilidad, clasificado como Mollic Gleysol según FAO-UNESCO (1974). Este suelo contiene 41,3% de arcilla, 38,2% de limo, 20,5% de arena y 2% de materia orgánica. El perfil es ligeramente húmedo a partir de los 20 cm (Villanueva 1990). Las propiedades físicas y químicas del suelo se presenta en el Cuadro 1.

El experimento utilizado fue establecido en agosto de 1987; se empleó un diseño bifactorial con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. En las parcelas principales (72 m²) se estudiaron diferentes rotaciones de cultivos con dos siembras anuales, combinando granos básicos, oleaginosas y hortalizas aptos para la zona. En las subparcelas (24 m²) se establecieron tres métodos diferentes de control de malezas. Los factores de prueba y sus niveles se detallan en el Cuadro 2.

En el campo experimental utilizado se había realizado una siembra anual en barbecho - monocultivo maíz, durante los siete años previos a este experimento; anteriormente, esta área estaba sembrada de frutales. El sistema de preparación del suelo fue convencional, con arado de disco y dos pases de grada. La información sobre la siembra se describe en el Cuadro 3. Se efectuó una fertilización completa a los tres años de establecido el experimento, en ésta se utilizó la fórmula 12-30-10, en dosis de 130 kg/ha. En todos los ciclos de cultivo se aplicó fertilizante nitrogenado (urea) en dos fracciones; en maíz, sorgo y pepino se usó una dosis de 60 kg/ha. La soya se inoculó con un producto comercial, usando una dosis de 600 g/50 kg de semilla, sin fertilización nitrogenada. La baja intensidad de cultivo evitó la aplicación programada de plaguicidas. La cosecha de los cultivos se realizó manualmente.

CUADRO 1. Propiedades físicas y químicas del suelo en "Las Mercedes", Managua, Nicaragua, 1994.

pH	Materia Orgánica	Arcilla	Limo	Arena	Capacidad de campo	P	K	Ca	Mg
(H_2O)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	µg/m	meq/ 100 ml suelo		
7,1	2,0	41	38	21	46	20	2,45	>25,0	>6,5

Fuente: (EISZNER 1994).

CUADRO 2. Factores de prueba y sus niveles en el experimento permanente de 1987-1990, "Las Mercedes", Managua, Nicaragua.

Factor A	Rotación de cultivos	
	Primera	Postrera
a1	Sorgo	Sorgo
a2	Maíz	Sorgo
a3	Maíz	Soya
a4	Pepino	Soya
a5	Pepino	Sorgo
Factor B	**Control de malezas**	
b1	**Control Químico**	
	Sorgo	Atrazina
	Maíz	Fluometuron o Acifluorfen
	Soya	Fomesafen, Bentazon
	Pepino	Dalapon + Mecoprop
b2	**Control por Período Crítico**	
	(1 pase de azadón en el período crítico de competencia)	
	Sorgo	4a/5a hoja
	Maíz	3a/4a hoja
	Soya	V3/V4
	Pepino	3a hoja/1a guia
b3	**Control por Limpias (Corte de Malezas) Periódicas**	
	Sorgo	
	Maíz	3 pases de azadón
	Soya	entre 15 - 45 dds
	Pepino	

CUADRO 3. Siembra en el experimento permanente «Las Mercedes», Managua, Nicaragua, 1990.

Cultivo	Variedad	Cantidad de semillas (kg/ha)	Distancia de siembra (cm)	Profundidad de siembra (cm)
Maíz	NB - 6	50	60 * 20	4-5
Sorgo	D - 55	17	30 * 12	2-3
Soya	Cristalina	83	60 * 4	3-4
Pepino	Poinset H-76	4	80 * 40	2-3

Los cambios de la estructura y dinámica de la comunidad de las malezas, se evaluaron tres años después de iniciado el experimento, en la siembra postrera de 1990. En esta evaluación se utilizaron los siguientes lineamientos:

Enmalezamiento actual: Para cada cultivo se realizaron cinco recuentos de malezas a los 15, 30, 45, 60 dds y durante el período de cultivo, en una área fija de 1 m² por subparcela, en las cuatro repeticiones (Eiszner y Pohlan 1992). Las variables evaluadas fueron:

- Abundancia (número de individuos por especie y m²).
- Diversidad (número de especies por m²).

La comparación con el enmalezamiento potencial fue hecho con base en los valores máximos para cada especie y la época de siembra, alcanzados generalmente a los 30 dds.

Enmalezamiento potencial: Previo a la labranza para la siembra de postrera, se realizo un muestreo de suelo; para cada subparcela y repetición se obtuvo una muestra de 962 cm³ mediante un barreno cilíndrico de 7 cm de diámetro con una profundidad de 25 cm. El suelo fue tamizado para separar las partículas orgánicas e inorgánicas mayores de 5 mm; posteriormente se homogenizó y secó al aire.

Para la determinación del banco de semillas, éstas se cultivaron bajo condiciones controladas de invernadero. En macetas plásticas de 12 cm de altura y 23 cm de diámetro se colocaron 400 cm³ de suelo, las macetas se ubicaron sobre almacenadores de agua, los cuales suministraron este líquido mediante una mecha de fibra de vidrio de 25 cm de longitud. La muestra de suelo fue distribuida de manera uniforme, con un grosor menor a 1 cm sobre una capa de arena fina de 7 cm de grosor.

Una vez germinadas y emergidas las plántulas, se cuantificó la abundancia por especie. Esta se registró a los 7, 10, 17 y 35 dds, empleando el método destructivo con el objetivo de evitar posibles alteraciones por mortalidad causada por la densidad. Los valores acumulados por especie y muestra fueron transformados para áreas de 1 m², para su comparación con los valores del enmalezamiento actual. Los resultados de la abundancia actual y potencial fueron sometidos a un análisis de varianza y a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de tres años de establecido el experimento se observaron diferencias cuantitativas y cualitativas en el enmalezamiento actual y potencial, causados tanto por el efecto de las rotaciones de cultivo como por los métodos de control de malezas.

Al comparar las rotaciones, es evidente que con una mayor incorporación de cultivos de monocotiledóneas (maíz, sorgo) aumenta el poder competitivo contra las malezas (Figs. 1, 2). Esto explica los valores obtenidos con la rotación pepino-soya (dos cultivos de dicotiledóneas) con

CUADRO 3. Siembra en el experimento permanente «Las Mercedes», Managua, Nicaragua, 1990.

Cultivo	Variedad	Cantidad de semillas (kg/ha)	Distancia de siembra (cm)	Profundidad de siembra (cm)
Maíz	NB - 6	50	60 * 20	4-5
Sorgo	D - 55	17	30 * 12	2-3
Soya	Cristalina	83	60 * 4	3-4
Pepino	Poinset H-76	4	80 * 40	2-3

Los cambios de la estructura y dinámica de la comunidad de las malezas, se evaluaron tres años después de iniciado el experimento, en la siembra postrera de 1990. En esta evaluación se utilizaron los siguientes lineamientos:

Enmalezamiento actual: Para cada cultivo se realizaron cinco recuentos de malezas a los 15, 30, 45, 60 dds y durante el período de cultivo, en una área fija de 1 m² por subparcela, en las cuatro repeticiones (Eiszner y Pohlan 1992). Las variables evaluadas fueron:

- Abundancia (número de individuos por especie y m²).
- Diversidad (número de especies por m²).

La comparación con el enmalezamiento potencial fue hecho con base en los valores máximos para cada especie y la época de siembra, alcanzados generalmente a los 30 dds.

Enmalezamiento potencial: Previo a la labranza para la siembra de postrera, se realizo un muestreo de suelo; para cada subparcela y repetición se obtuvo una muestra de 962 cm³ mediante un barreno cilíndrico de 7 cm de diámetro con una profundidad de 25 cm. El suelo fue tamizado para separar las partículas orgánicas e inorgánicas mayores de 5 mm; posteriormente se homogenizó y secó al aire.

Para la determinación del banco de semillas, éstas se cultivaron bajo condiciones controladas de invernadero. En macetas plásticas de 12 cm de altura y 23 cm de diámetro se colocaron 400 cm³ de suelo, las macetas se ubicaron sobre almacenadores de agua, los cuales suministraron este líquido mediante una mecha de fibra de vidrio de 25 cm de longitud. La muestra de suelo fue distribuida de manera uniforme, con un grosor menor a 1 cm sobre una capa de arena fina de 7 cm de grosor.

Una vez germinadas y emergidas las plántulas, se cuantificó la abundancia por especie. Esta se registró a los 7, 10, 17 y 35 dds, empleando el método destructivo con el objetivo de evitar posibles alteraciones por mortalidad causada por la densidad. Los valores acumulados por especie y muestra fueron transformados para áreas de 1 m², para su comparación con los valores del enmalezamiento actual. Los resultados de la abundancia actual y potencial fueron sometidos a un análisis de varianza y a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de tres años de establecido el experimento se observaron diferencias cuantitativas y cualitativas en el enmalezamiento actual y potencial, causados tanto por el efecto de las rotaciones de cultivo como por los métodos de control de malezas.

Al comparar las rotaciones, es evidente que con una mayor incorporación de cultivos de monocotiledóneas (maíz, sorgo) aumenta el poder competitivo contra las malezas (Figs. 1, 2). Esto explica los valores obtenidos con la rotación pepino-soya (dos cultivos de dicotiledóneas) con

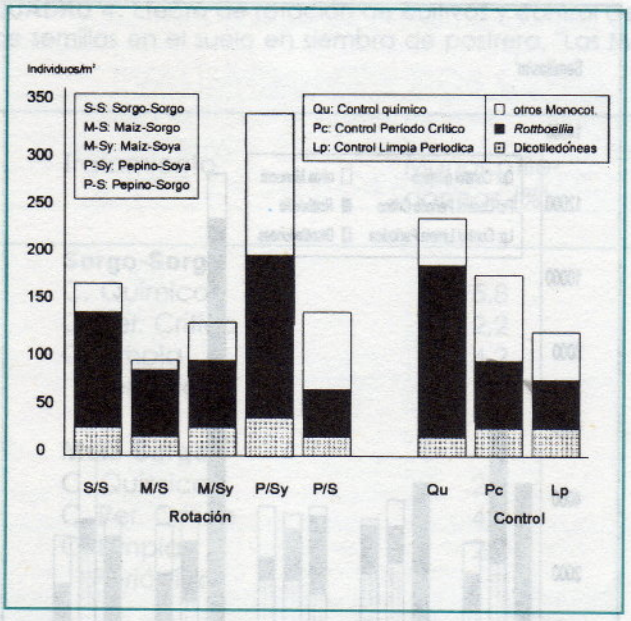


Fig. 1. Efecto de rotación y control sobre la abundancia actual, Las Mercedes, Managua, Nicaraga, 1990.

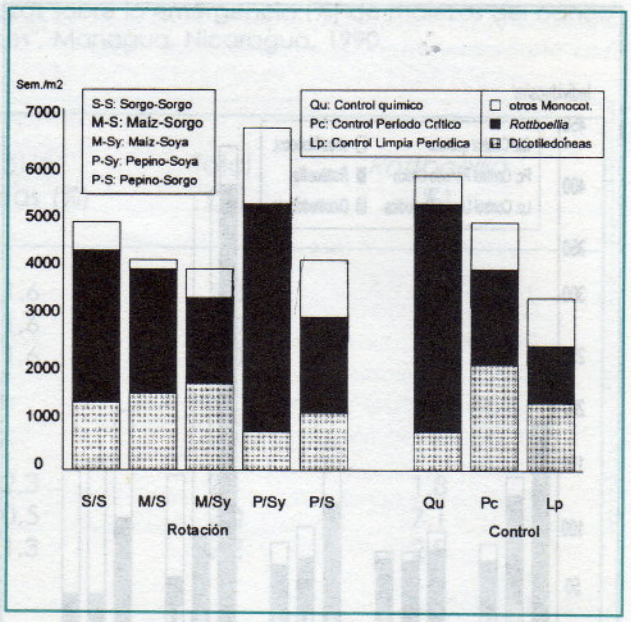


Fig. 2. Efecto de rotación y control sobre el banco de semillas, Las Mercedes, Managua, Nicaragua, 1990.

el cual se alcanzó el mayor enmalezamiento actual, 330 ind./m², reduciéndose a 141 ind./m² cuando se alternó pepino-sorgo, 124 ind./m² con la rotación maíz-soya y 101 ind./m² con maíz-sorgo (dos cultivos de monocotiledóneos). Reemplazar la rotación por el monocultivo aumenta el enmalezamiento actual, como lo demuestra el sorgo, cultivo de monocotiledónea de alta competividad, que en monocultivo registró valores de hasta 163 ind. de /m²; ésto confirma lo observado por Salazar (1994) en zonas aledañas al experimento.

La evaluación de los efectos sobre el enmalezamiento potencial (Fig. 2), muestra una alta concordancia con el enmalezamiento actual, con la excepción de que a largo plazo, la competitividad de las rotaciones alternas entre cultivos de mono y dicotiledóneas mejora, mostrando la rotación maíz-soya (4010 ind./m²) valores similares a la rotación maíz-sorgo (4375 ind./m²). Además con las rotaciones alternas se produce mayor equilibrio entre malezas dicotiledóneas, otras monocotiledóneas y *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton. No obstante, en todas las rotaciones evaluadas predominaron las malezas monocotiledóneas sobre las especies dicotiledóneas. Esto se debe a su alta plasticidad y rápido crecimiento como plantas del ciclo C_4.

Al comparar los efectos del control de malezas (Figs. 1, 2) sobre el enmalezamiento actual y potencial es evidente que los herbicidas atrazina, metolachlor, alachlor, fomesafen y dalapon + mecoprop no controlaron eficientemente a *R. cochinchinensis*, alcanzando en el control químico valores de 227 ind./m² y 6062 sem./m², que son superiores a los obtenidos con los otros dos métodos de control. El control por limpias o chapeas (corte con cuchillo) periódicas estimula la germinación de las malezas, las remueve continuamente, reduce la producción de semillas y disminuye el banco de semillas en el suelo. Por esta razón, con este método de control, se obtiene la menor abundancia actual (109 ind./m²) y potencial (3531 sem./m²). El control por período crítico no mostró ser muy exitoso, de acuerdo a los valores obtenidos (180 ind./ m² y 5031 sem./m²), pero fue el único método que no polarizó la comunidad de malezas hacia las monocotiledóneas. En el análisis del control por rotación (Figs. 3, 4) se observó, que en rotaciones con alta competividad, como maíz-sorgo y maíz-soya, su efecto es igual al control por limpia periódica, pero con un costo menor. Esto demuestra que el control por período crítico bajo condiciones tropicales es viable, pero requiere cultivos y rotaciones muy competitivos.

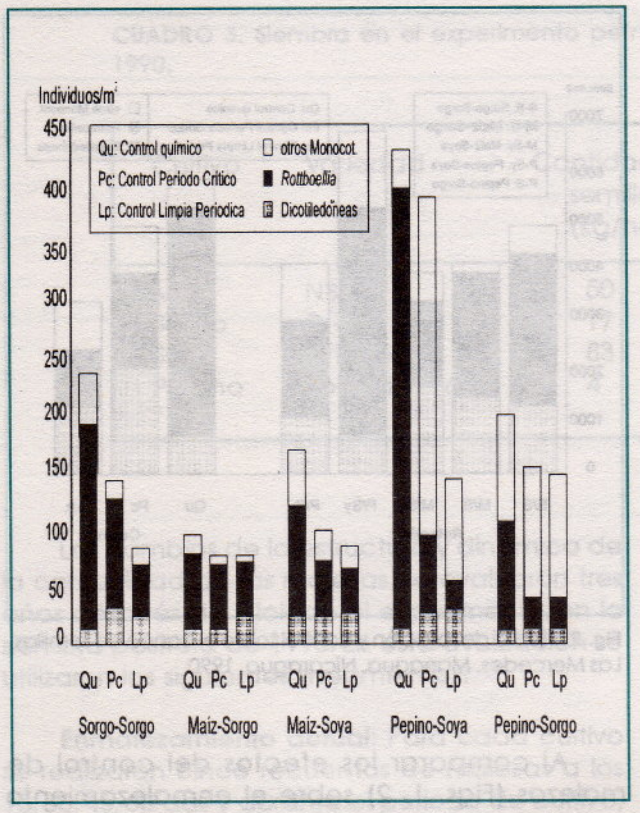


Fig. 3. Efecto del control de malezas por rotación sobre el enmalezamiento actual, Las Mercedes, Managua, Nicaragua, 1990.

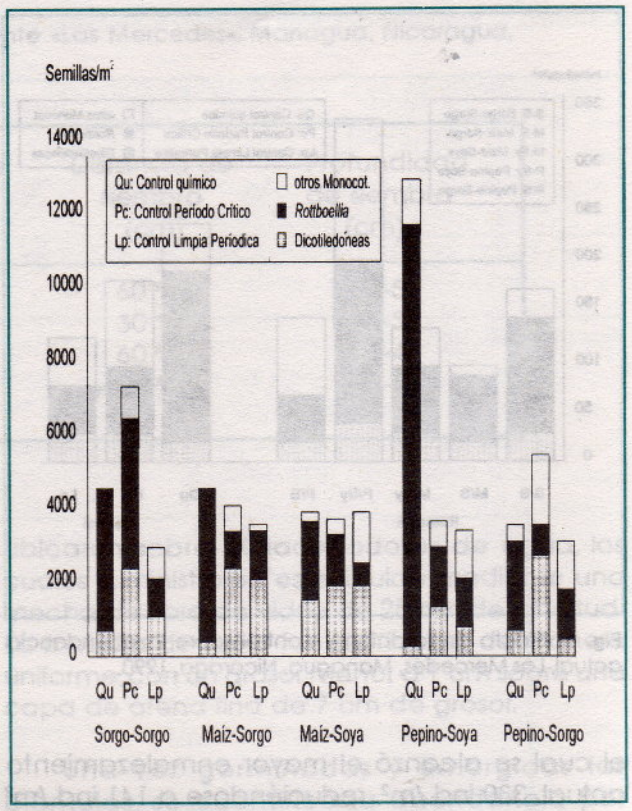


Fig. 4. Efecto del control de malezas por rotación sobre el enmalezamiento potencial, Las Mercedes, Managua, Nicaragua, 1990.

El banco de semillas de malezas en el suelo mostró ser muy dinámico, con un porcentaje de emergencia que osciló entre 0,5% y 14,2% según la clase botánica y el tratamiento (Cuadro 4). La amplitud de este ámbito no permite realizar una prognosis del enmalezamiento, y por tanto las conclusiones de esta fase del estudio, serán preliminares. Sin embargo, se demuestra, que la rotación de cultivos y el control de malezas son factores importantes para la emergencia de estas en el campo. Las monocotiledóneas presentaron una emergencia promedio que varió entre 2,8% y 5,1%; para las dicotiledóneas osciló entre 0,9%-3,4%. El valor de emergencia más alto se obtuvo con la rotación pepino-soya, con un enmalezamiento total de 4,9%. En la evaluación de los métodos de control, el tratamiento por período crítico que presentó la mayor abundancia de malezas monocotiledóneas, mostró la mayor tasa de emergencia 5,3%. Tales efectos dependientes de la densidad pueden manifestarse a través de la vitalidad y dormancia de las semillas.

La tasa de emergencia fue un parámetro característico para cada especie de malezas, causando una variación aún mayor que los factores agronómicos. *Cleome viscosa* L. presentó el mayor porcentaje máximo de emergencia (29,2%) (Cuadro 5). La especie predominante en el ensayo, *R. cochinchinensis*, alcanzó 2,3% de emergencia de un potencial germinable de 2781 sem/m². Las especies *Cenchrus* spp., *Kallstroemia maxima* (L.) Torr. et A. Gray, *Melanthera aspera* (Jacq.) Rich. et Spreng y *Phyllanthus amarus* Schum. et Th. Kongt. mostraron una tasa de emergencia muy baja, ésto se debió, excepto para *K. maxima*, a que el banco de semillas era reducido. En el caso de malezas perennes, como *Cyperus rotundus* L. y *Cynodon dactylon* (L.) Pers., es muy difícil determinar su tasa de emergencia, ya que la abundancia en el campo resulta de individuos propagados tanto por semillas como por órganos vegetativos.

CUADRO 4. Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la emergencia (%) de malezas del banco de semillas en el suelo en siembra de postrera. "Las Mercedes", Managua, Nicaragua, 1990.

Tratamiento	Monocotile-dóneas (%)	Dicotile-dóneas (%)	Total (%)	*Rottboellia* (%)
Sorgo-Sorgo				
C. Químico	5,8	1,6	5,3	4,6
C. Per. Crítico	2,2	1,6	2,0	2,2
C. Limpia Periódica	4,2	1,6	3,0	5,5
Maíz-Sorgo				
C. Químico	2,1	2,3	2,1	1,8
C. Per. Crítico	4,1	0,5	2,0	7,1
C. Limpia Periódica	2,9	1,3	2,2	2,8
Maíz-Soya				
C. Químico	5,8	1,3	4,2	4,2
C. Per. Crítico	4,8	0,9	2,7	4,1
C. Limpia Periódica	2,9	1,7	2,3	6,7
Pepino-Soya				
C. Químico	3,3	8,3	3,4	3,4
C. Per. Crítico	14,2	2,3	10,4	4,2
C. Limpia Periódica	4,1	4,2	4,2	2,4
Pepino-Sorgo				
C. Químico	5,2	1,9	4,6	3,5
C. Per. Crítico	4,2	0,6	2,3	2,4
C. Limpia Periódica	4,0	3,4	3,9	1,8
Rotación				
Sorgo-Sorgo	3,8	1,6	3,2	3,6
Maíz-Sorgo	2,8	0,9	2,3	2,8
Maíz-Soya	4,4	1,3	3,1	4,5
Pepino-Soya	5,1	3,4	4,9	3,5
Pepino-Soya	4,3	1,1	3,4	2,8
Control				
C. Químico	4,0	2,0	3,7	3,4
C. Per. Crítico	5,3	1,1	3,6	3,4
C. Limpia Periódica	3,6	2,1	3,1	3,4

CUADRO 5. Comparación entre la abundancia potencial y abundancia actual por especie de maleza, "Las Mercedes", Managua, Nicaragua, 1990.

Especie	Abundancia potencial (ind./m²)	Abundancia actual (ind./m²)	Tasa de Emergencia (%)
Cyperus rotundus	20	59,0	-
Cenchrus spp.	21	0,1	0,6
Cynodon dactylon	125	0,1	0,06
Rottboellia cochinchinensis	2781	65,0	2,3
Cleome viscosa	21	6,1	29,2
Chamaesyce spp.	62	1,6	2,6
Kallstroemia máxima	863	5,4	0,6
Melanthera aspera	73	0,2	0,3
Phyllantus amarus	146	0,4	0,3

CONCLUSIONES

- La rotación alterna con cultivos de monocotiledóneas, altamente competitivos, y cultivos de dicotiledóneas de menor competitividad, disminuyó a largo plazo el banco de semillas en el suelo, estabilizando una comunidad equilibrada de malezas.
- Cultivos de monocotiledóneas en rotación (maíz-sorgo) redujeron el banco de semillas más que en monocultivo (sorgo-sorgo).
- El control químico polarizó la comunidad de malezas hacia la especie predominante *R. cochinchinensis*, debido a que los herbicidas como atrazina, metolachlor, alachlor, fomesafen y dalapon + mecoprop no afectaron severamente la abundancia de *R. cochinchinensis*.
- El concepto de control de malezas por período crítico demostró su viabilidad en rotaciones con cultivos altamente competitivos, como maíz y sorgo. Su efecto principal fue el equilibrio entre malezas mono y dicotiledóneas.

LITERATURA CITADA

ALEMAN, F. 1991. Manejo de malezas. 1 ed. Managua, Nicaragua, 164 p.

BARRALIS, G. 1972. Evolution comparative de la flore adventice avec ou sans désherbage chimique. Weed Research. 12:115-127.

CATASTRO. 1971. Inventario de recursos naturales de Nicaragua. Levantamiento de suelos de la región del Pacífico de Nicaragua. Descripción del suelo. vol.1, p. 350-360.

DE LA CRUZ, R. 1986. Las malezas en el contexto del manejo integrado de plagas en áreas tropicales. Sem. Manejo Integrado de Plagas. San José (CR). 1987. Memorias CATIE-MIP. Serie Técnica. Informe Técnico. no 81. p. 89-103.

EISZNER, H. 1994. Base de datos experimentales. Managua, FAGRO - EPV. UNA. 146 p.

EISZNER, H.; POHLAN, J. 1992. Struktur und Dynamik der Unkrautzönose unter dem Einfluss von Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.XIII, Ed. Ulmer, Stuttgart, p. 253-261.

FAO, 1987. Manual del instructor. Centro International de Protección Vegetal. Roma, FAO, 160 p.

FAO - UNESCO. 1974. Soil map of the world. vol. 1. Legend. Paris, UNESCO.

HOLDRIDGE, L. 1960. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por S.H. Jiménez. 1 ed. San José, Costa Rica, IICA, 216 p.

MALESPIN R., A. O. 1993. Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la dinámica del banco de semilla de malezas en el suelo de la Hacienda Las Mercedes. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, UNA. 48 p.

PAREJA, R.M. 1988. Dinámica de las semillas de malezas en el suelo. Boletín informativo MIP. 8:30-49.

POST, B.J. 1986. Factors of influence on the development of an arable weed vegetation. *In* EWRS Symp. Economic Weed Control. Proceedings. Holanda, Wageningen. p. 317-325.

SALAZAR, D. 1994. Standort- und fruchtfolgespezifische Einflüsse bei variierter Unkrautbekämpfung im Gemüsemais-, Sorghum- und Sojaanbau Nikaraguas. Diss., Univ. Leipzig, 142 p.

VECCHIO, V., CASINI, P.; y CALAMIA, P. 1992. Dynamique des mauvaises herbes en relation avec la rotation des cultures et les techniques de lutte. IX. Col. Intern. sur la Biol. des Mauv. Herbes. Dijon, Francia. p. 299-312.

VILLANUEVA, E. 1990. Los suelos de la finca Las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo. Tesis Ing. Agr., Managua, Nicaragua, ISCA. 51 p.

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 9-18, 1997.

EVALUACION DE DOS CEPAS DEL HONGO ENTOMOPATOGENO *Metarhizium anisopliae* Y SEIS INSECTICIDAS GRANULADOS EN EL CONTROL DE SALIVAZO (*Aeneolamia postica*) (HOM:CERCOPIDAE) EN CAÑA DE AZUCAR EN LA REGION DE SAN CARLOS, COSTA RICA*

Jose Daniel Salazar Blanco**
Francisco Badilla Fernández***

RESUMEN

Se evaluó el efecto de seis insecticidas químicos y dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre ninfas de *Aeneolamia postica* en el cultivo de la caña de azúcar, en Muelle de San Carlos, Costa Rica. Se estudió el comportamiento de la plaga durante el periodo lluvioso y su efecto sobre la producción. Se utilizaron los insecticidas carbaril, cartap, clorpirifos, benfuracarb, carbofuran y terbufos (los tres últimos con acción nematicida) en una dosis de 2,5 kg de i.a./ha y las cepas PL 43 y DIECA 0391 del hongo *Metarhizium anisopliae* a razón de 5,0 * 10^{12} conidios/ha. Se presenta la abundancia poblacional del insecto en su estadio ninfal y adulto para cada tratamiento durante dieciseis semanas de muestreo, su efecto sobre los rendimientos agroindustriales así como un estudio de relación beneficio:costo por tratamiento.

Palabras Claves: *Aeneolamia postica, Metarhizium anisopliae*, Control biológico, Control químico.

EVALUATION OF TWO ISOLATES OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *Metarhizium anisopliae* AND SIX GRANULATED INSECTICIDES IN THE CONTROL OF SPITTLEBUG (*Aeneolamia postica*) (HOM: CERCOPIDAE) IN SUGAR CANE FROM SAN CARLOS, COSTA RICA

ABSTRACT

Six chemical insecticides and two isolates of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* were evaluated for control of *Aeneolamia postica* nimphs in the sugar cane at Muelle, San Carlos, Costa Rica. Behavior of the insect effects over production were studied during the rainy season. Carbaril, cartap, chlorpyrifos, benfuracarb, carbofuran, and terbufos (the last three with a nematicida action) insecticides were used at 2,5 kg a.i./ha. The isolate PL 43 and DIECA 0391 of *M. anisopliae* were used at the rate of 5,0 * 10^{12} conidia for hectare. Population densities of nymphs and adults and the effects on agricultural yields and treatment costs are presented for each treatment during sixteen weeks.

Key Words: *Aeneolamia postica, Metarhizium anisopliae*, Biological control, Chemical control.

INTRODUCCION

Aeneolamia postica (Hom:Cercopidae) es considerada una de las plagas más importantes en el cultivo de la caña de azúcar en varios países del continente americano.

Desde 1988, se informó de la presencia de altas poblaciones del «salivazo» en las regiones cañeras del cantón de San Carlos, Costa Rica; y en 1991 se observaron los mayores daños en el cultivo, con niveles superiores a 3 adultos y 5 ninfas por tallo. Ello provocó una disminución en el rendimiento de aproximadamente 30%.

En las zonas bajas (65-80 msnm) es donde se presenta mayor incidencia de la plaga, la cual es influenciada por factores climáticos y de manejo del cultivo. Los daños que ocasiona este insecto, se inician en junio, cuando aparece la primera generación y continuan hasta noviembre, completando cuatro o cinco generaciones. El adulto de las diferentes especies de «salivazo» se alimenta de las láminas foliares de la caña de azúcar, y provoca una fitotoxemia por la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes,

Recibido: 24/10/96. Aprobado: 21/03/97.

*Parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía del primer autor. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, **Costa Rica**.

Dirección de Investigación y Extensión de Costa Rica (DIECA). Apartado 2330-1000, San José, **Costa Rica.

***Bioasesoría Internacional. Apartado 1330-2150, San José, **Costa Rica**.

así como de aminoácidos. Este estado patológico se presenta pocos días después de la alimentación, con la aparición de manchas lineales cloróticas, las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas. Esto disminuye la capacidad fotosintética de la planta, y en consecuencia se reduce la tasa de crecimiento, disminuye el proceso acumulativo de sacarosa en el tallo y los azúcares en el jugo, este último dificulta la recuperación en el ingenio, y causa perjuicios económicos a la agroindustria de la caña de azúcar (Badilla *et al.* 1990; Castro 1981; Díaz 1981; Esquivel 1984; Nakano *et al.* 1981; Ramírez 1981; Vreugdenhil 1981).

Las alternativas de manejo de este insecto se orientan hacia el control integrado, mediante estrategias y actividades como el uso de muestreos para determinar el nivel crítico de la plaga, prácticas culturales, uso de trampas adhesivas, control biológico mediante hongos entomopatógenos y control químico de ninfas. Badilla *et al.* (1990) determinaron que el nivel crítico de la plaga, para Costa Rica, es de 0,2 adultos y 0,4 ninfas por tallo.

En Costa Rica, se está evaluando el potencial de los insecticidas biológicos a base de hongos entomopatógenos de la caña de azúcar para el control de plagas del cultivo. El uso de agroquímicos para el control de plagas en este cultivo, es considerado como el último recurso a utilizar debido a los riesgos que representa la aplicación de los mismos.

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficacia de seis insecticidas y la patogenicidad de dos cepas del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* en el control de ninfas de *A. postica*.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó entre marzo de 1992 y abril de 1993, en el lote No.37 de la finca «La Sapera» del Ingenio Quebrada Azul, en una plantación de 10,75 hectáreas de caña de azúcar, variedad SP 70-1284 en sexta soca La finca está ubicada en Muelle de San Carlos, Costa Rica, a una altura de 83 msnm; con una precipitación anual de 3372 mm y temperatura promedio de 25°C. Este lote se seleccionó porque es representativo de la finca y porque ha presentado ataques de «salivazo» anteriormente.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en parcelas divididas, con tres repeticiones y nueve tratamientos (seis insecticidas granulados, dos aislamientos de *M. anisopliae* en formulación granulada y un testigo).

La aplicación de los tratamientos se realizó manualmente y en forma localizada sobre la cepa de caña de azúcar, a los tres meses del corte y después de la fertilización.

Los insecticidas evaluados se utilizaron a una dosis de 2,5 kg ia/ha. El Cuadro 1 presenta los nombres genéricos y la concentración utilizada. El hongo *M. anisopliae* se utilizó en una concentración de 5,0 x 10^{12} conidios/ha. Las parcelas estaban constituidas por 12 surcos de 20 m de largo cada uno, con una distancia entre surcos de 1,5 m. El área total de la parcela fue de 360 m², siendo el área útil de 240 m². El área total del experimento fue de 10800 m², para un área útil de 7200 m².

CUADRO 1. Tratamientos y dosis de seis insecticidas y dos cepas del hongo entomopatógeno *M. anisopliae*. San Carlos, Costa Rica. 1992.

Tratamientos	Dosis (kg/ha) i.a.	Dosis (kg/ha) P.C.	Nombre Comercial
Benfuracarb	2,5	50,0	Oncol 5%G
Carbaril	2,5	50,0	Sevin 5%G
Carbofuran	2,5	50,0	Furadan 10%G
Cartap	2,5	62,5	Padan 4%G
Clorpirifos	2,5	50,0	Lorsban 5%G
Terbufos	2,5	25,0	Counter 10%G
M. anisopliae PL 43	5,0*10^{12}	18,6	—
M. anisopliae DIECA 0391	5,0*10^{12}	12,4	—
Testigo	—	—	

Se realizaron evaluaciones en el campo y en el ingenio. También se hizo un estudio económico (relación costo:beneficio) por tratamiento. Las variables evaluadas fueron:

CAMPO

Ninfas/tallo/semana.
Adultos/tallo/semana.
Parasitoides, depredadores y entomopatógenos/tratamiento.
Altura de la caña.
Grosor de la caña.
Porcentaje de área foliar dañada.
Producción de caña/hectárea (t).

INDUSTRIAL

Grados Brix.
Porcentaje de fibra en la caña.
Pureza.
Sacarosa.
Producción de azúcar(kg)/caña (t) (RTR).

AGROINDUSTRIAL

Producción de azúcar/ha (t)

ECONOMICO

Relación costo-beneficio por tratamiento

El número de ninfas y de adultos por tallo (evaluados semanalmente), así como el número de parasitoides, depredadores y entomopatógenos (por tratamiento), se muestrearon en cinco metros lineales en los cuatro surcos centrales (surcos 5, 6, 7 y 8), a una distancia de 7,5 metros del borde. Con estas evaluaciones se determinó la abundancia poblacional del insecto, realizando un muestreo previo a la aplicación.

La altura y grosor de la caña se evaluaron a los 30, 60 y 90 días después de aplicados los tratamientos (dda). Para la altura se consideró la longitud del tallo desde la base hasta la última lígula visible (ULV). El grosor se midió en el 5° entrenudo, de la base hacia arriba. Ambas evaluaciones se realizaron en 10 cañas (marcadas con cinta) en los dos surcos centrales de cada parcela.

El porcentaje del área foliar dañada se evaluó a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación, utilizando la siguiente escala propuesta para esta investigación:

1= 1% - 25% daño;
2= 26% - 50% daño;
3= 51% - 75% daño;
4= > 75% daño.

Durante el experimento se registraron las condiciones climatológicas con el objetivo de establecer la relación con la dinámica poblacional de la plaga.

En los tratamientos donde el producto químico tiene acción nematicida, se realizó un muestreo de nematodos antes del inicio del experimento y a los cuatro meses.

Las variables restantes se evaluaron en la cosecha. El rendimiento agrícola se obtuvo pesando la caña producida en los diez surcos que componían la parcela. Para la determinación de las variables industriales y el rendimiento se evaluaron ocho cañas por parcela, utilizando el método de prensa hidráulica empleado por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) para el pago por sacarosa. Con base en los rendimientos anteriores se determinó el rendimiento agroindustrial (t de azúcar/ha). En el análisis económico se consideraron los costos por tratamiento así como los ingresos obtenidos.

La abundancia poblacional de la plaga durante los muestreos, se estimó mediante análisis de varianza (ANDEVA), utilizando un diseño de parcelas divididas. Las variables altura, grosor y rendimientos fueron analizados usando un diseño de bloques al azar, también se usaron las pruebas de Tukey o de Duncan y análisis de regresión y de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Abundancia poblacional de ninfas. La interacción de semana de muestreo por tratamiento mostró ser altamente significativa ($P<0,01$) (Cuadro 2) lo que indica mayores poblaciones de ninfas en unos tratamientos, respecto a otros, en diferentes semanas de evaluación.

Promedio de ninfas/tallo. El tratamiento testigo, *M. anisopliae* (DIECA 0391), carbaril y *M. anisopliae* (PL 43) presentaron los mayores índices de la plaga (Cuadro 2), solo se determinó diferencia estadística entre la cepa DIECA 391 y

CUADRO 2. Número de ninfas por tallo y por tratamiento según semana de muestreo. Finca La Sapera, Muelle, San Carlos. Agosto - Noviembre de 1992.

Semanas de Muestreo	Número de Ninfas/Tallo/Semana								
	Tratamientos								
	Terbufos	Cartap	Clorpirifos	Carbofuran	Benfuracarb	*M. anisopliae* PL 43	Carbaril	*M. anisopliae* DIECA 0391	Testigo
1	0,13 a	0,10 a	0,06 ab	0,10 a	0,15 abc	0,10 bc	0,15 def	0,10 de	0,14 ef
2	0,03 a	0,05 a	0,09 ab	0,08 a	0,10 abc	0,19 bc	0,27 cdef	0,25 cde	0,41 bcdef
3	0,17 a	0,07 a	0,17 ab	0,09 a	0,11 abc	0,29 bc	0,32 bcdef	0,35 cde	0,52 bcde
4	0,17 a	0,11 a	0,08 ab	0,11 a	0,12 abc	0,30 bc	0,36 abcdef	0,32 cde	0,66 bcd
5	0,17 a	0,23 a	0,10 ab	0,20 a	0,24 abc	0,45 ab	0,72 a	0,55 abcd	1,03 a
6	0,09 a	0,13 a	0,08 ab	0,10 a	0,10 abc	0,41 bc	0,44 abcde	0,46 bcd	0,45 bcde
7	0,04 a	0,11 a	0,07 ab	0,05 a	0,06 bc	0,32 bc	0,49 abcd	0,53 abcd	0,52 bcde
8	0,03 a	0,09 a	0,06 ab	0,05 a	0,06 bc	0,20 bc	0,31 bcdef	0,28 cde	0,37 cdef
9	0,03 a	0,10 a	0,11 ab	0,14 a	0,11 abc	0,28 bc	0,31 bcdef	0,40 cde	0,38 cdef
10	0,06 a	0,16 a	0,17 ab	0,17 a	0,21 abc	0,47 ab	0,32 bcdef	0,56 abcd	0,40 bcdef
11	0,14 a	0,32 a	0,41 a	0,35 a	0,43 ab	0,79 a	0,65 ab	0,88 a	0,77 ab
12	0,10 a	0,23 a	0,40 ab	0,28 a	0,44 a	0,45 ab	0,59 abc	0,80 ab	0,72 abc
13	0,13 a	0,20 a	0,18 ab	0,25 a	0,40 abc	0,34 bc	0,41 abcdef	0,59 abc	0,38 cdef
14	0,07 a	0,14 a	0,08 ab	0,11 a	0,19 abc	0,17 bc	0,25 cdef	0,28 cde	0,24 def
15	0,06 a	0,06 a	0,05 ab	0,05 a	0,04 c	0,07 c	0,09 ef	0,08 e	0,06 f
16	0,01 a	0,04 a	0,03 b	0,04 a	0,05 c	0,05 c	0,05 f	0,05 e	0,05 f
Promedio	0,0890	0,1329	0,1348	0,1369	0,1751	0,3048	0,3577	0,4050	0,4440
I.C.(±)	0,05	0,06	0,08	0,07	0,11	0,14	0,14	0,19	0,20

Valores con igual letra en una misma columna no lleven entre sí según Tukey al 5%.

los restantes productos químicos. Esto demuestra que efectivamente algunos productos químicos controlan la plaga en la fase ninfal, posiblemente relacionado con las propiedades fumigantes de contacto o sistémicos, de estos insecticidas.

Población semanal de ninfas. En los tratamientos *M. anisopliae* DIECA 0391 y PL43, carbaril y el testigo, no se detectó efecto del tratamiento sobre la plaga, a través del tiempo (Cuadro 2), coincidiendo la dinámica poblacional determinada con lo informado por Badilla *et al.* (1990). Esto también se refleja en el intervalo de confianza (IC) de los valores medios, el cual osciló entre 0,14 y 0,20 lo que significa gran variabilidad de la plaga en el tiempo, presentando picos poblacionales de ninfas entre la 5º y 14º semana.

Estos cuatro tratamientos presentaron niveles de población, en estadio ninfal, que han sido señalados por algunos investigadores como críticos, debido a que pueden ocasionar daños económicos, si no se controlan en el momento oportuno.

Tampoco se determinaron diferencias estadísticas con terbufos, cartap y carbofuran, y los niveles de la plaga se mantienen bajos. Ello podría ser indicio del efecto directo de estos productos sobre las ninfas, así como por su efecto residual en el suelo, cortando así el ciclo biológico de la plaga (Cuadro 2). Un comportamiento similar se determinó con clorpirifos y benfuracarb, aunque éstos presentaron un pico al final del período de evaluación.

Abundancia poblacional de adultos

Promedio de adultos/tallo. Se detectaron diferencias estadísticas ($P<0,05$) entre tratamientos, (Cuadro 3); los mayores niveles de adultos aunque similares entre sí, se determinaron con *M. anisopliae*, cepa DIECA 0391 y cepa PL 43, carbaril y el testigo.

CUADRO 3. Número de adultos por tallo según tratamiento, promedio de 16 semanas de muestreo. Finca La Sapera, Muelle de San Carlos, 1992.

Tratamientos	Ninfas/Tallo	
	Originales	Transformadas[1/]
M. anisopliae DIECA 0391	0,13	0,79 a
M. anisopliae PL 43	0,12	0,78 ab
Carbaril	0,10	0,78 ab
Testigo	0,10	0,77 ab
Clorpirifos	0,06	0,75 b
Benfuracarb	0,05	0,74 b
Terbufos	0,05	0,74 b
Cartap	0,04	0,74 b
Carbofuran	0,04	0,73 b
Promedio	0,0778 ± 0,12	0,7583 ± 0,07
C.V. (%)	73,911	4,355

1/ Datos transformados en arcoseno $\sqrt{x+0,5}$
Valores seguidos de la misma letra dentro de columna no difieren entre sí según Tukey al 5%.

Población semanal de adultos. Se observaron fluctuaciones de la población entre semanas de muestreo (P<0.05) (Cuadro 4). La aplicación de clorpiritos mantuvo bajo el nivel de la plaga, los tratamientos testigo, carbaril y *M. anisopliae* cepa PL43 y DIECA cepa 391 presentaron un comportamiento similar, la de mayor población se presentó en la 7º semana.

Los productos carbofuran, cartap, terbufos y benfuracarb no presentaron diferencias, ello sugiere un efecto de choque inicial sobre las ninfas emergidas de los huevos acumulados durante el período de lluvias anterior, manteniendo un control en el tiempo, sin aumentos en la densidad poblacional de adultos.

Algunos investigadores (Alves 1984; Badilla *et al.* 1990 y Vreugdenhil 1981), señalan que valores superiores a 0,5 adultos por tallo provocan pérdidas entre 10% y 20% en el rendimiento agrícola e industrial; por tanto, se consideró que los tratamientos que mantuvieron las poblaciones de la plaga en un nivel bajo, debían producir mayores rendimientos que el tratamiento testigo.

Relación entre dinámica poblacional y precipitación. Durante los cuatro meses que se evaluó la abundancia poblacional, la precipitación acumulada fue de 1567 mm, con un mínimo semanal de 14,9 mm y un máximo semanal de 201,5 mm. Durante este experimento, se determinó la dependencia de las ninfas a la precipitación pluvial, porque después de períodos contínuos de lluvias, la población de la plaga se incrementaba, presentándose picos poblacionales en setiembre y octubre (Fig. 1). Posteriormente, ésta decrece (dos últimas semanas de noviembre), debido a la disminución natural de la población, relacionada con un período de baja precipitación pluvial, lo cual supone la inducción de los huevos al período de diapausa, al reducirse considerablemente la humedad del suelo. Un comportamiento similar fue informado por Badilla *et al.* (1990) y Ramírez (1981), quienes señalan que al final del período de lluvias las poblaciones de la plaga disminuyen considerablemente.

También se observaron dos picos poblacionales de adultos de *A. postica* (inferiores a los del estadio ninfal), mostrando que cuando la precipitación acumulada es alta, las poblaciones tienden a disminuir. Cuando la intensidad de lluvias es baja, se observan las mayores poblaciones (semanas 6º, 7º y 8º) (Fig. 1). Esta dinámica refleja el comportamiento normal de la plaga durante la estación lluviosa en esta región. La población de adultos pueden mantenerse,

CUADRO 4. Número de adultos por tallo por tratamiento según semana de muestreo. Finca La Sapera, Muelle, San Carlos. Agosto-Noviembre de 1992.

Semanas de Muestreo	Número de Adultos/Tallo/Semana — Tratamientos								
	Terbufos	Cartap	Clorpirifos	Carbofuran	Benfuracarb	*M. anisopliae* PL 43	Carbaril	*M. anisopliae* DIECA 0391	Testigo
1	0,05 a	0,05 a	0,12 a	0,08 a	0,08 ab	0,06 b	0,09 bc	0,05 cd	0,06 cd
2	0,01 a	0,04 a	0,04 a	0,02 a	0,04 ab	0,09 b	0,12 bc	0,10 cd	0,07 cd
3	0,02 a	0,03 a	0,02 a	0,02 a	0,04 ab	0,08 b	0,10 bc	0,09 cd	0,07 cd
4	0,02 a	0,01 a	0,03 a	0,02 a	0,05 ab	0,06 b	0,05 bc	0,06 cd	0,08 bcd
5	0,05 a	0,04 a	0,06 a	0,06 a	0,09 ab	0,17 ab	0,15 bc	0,15 bc	0,14 bcd
6	0,08 a	0,09 a	0,17 a	0,08 a	0,15 ab	0,26 ab	0,21 ab	0,30 ab	0,24 abc
7	0,10 a	0,10 a	0,09 a	0,13 a	0,20 a	0,28 a	0,31 a	0,40 a	0,38 a
8	0,05 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a	0,08 ab	0,17 ab	0,17 ab	0,21 bc	0,18 bcd
9	0,02 a	0,02 a	0,01 a	0,04 a	0,03 b	0,06 b	0,08 bc	0,09 cd	0,07 cd
10	0,01 a	0,02 a	0,02 a	0,01 a	0,01 b	0,02 b	0,03 c	0,03 d	0,04 d
11	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,02 a	0,02 b	0,02 b	0,01 c	0,03 d	0,04 d
12	0,02 a	0,02 a	0,03 a	0,05 a	0,03 b	0,07 b	0,06 bc	0,08 cd	0,09 bcd
13	0,04 a	0,06 a	0,05 a	0,08 a	0,09 ab	0,09 b	0,11 bc	0,17 bc	0,25 ab
14	0,04 a	0,04 a	0,04 a	0,14 a	0,07 ab	0,09 b	0,09 bc	0,11 cd	0,21 bc
15	0,02 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,04 ab	0,04 b	0,06 bc	0,06 c	0,07 cd
16	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,02 b	0,03 b	0,03 c	0,03 d	0,07 cd
Promedio	0,0365	0,0414	0,0498	0,0534	0,0642	0,0992	0,1048	0,1219	0,1296
I.C.(±)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08

Valores con igual letra dentro de columna no difieren entre sí según Tukey al 5%.

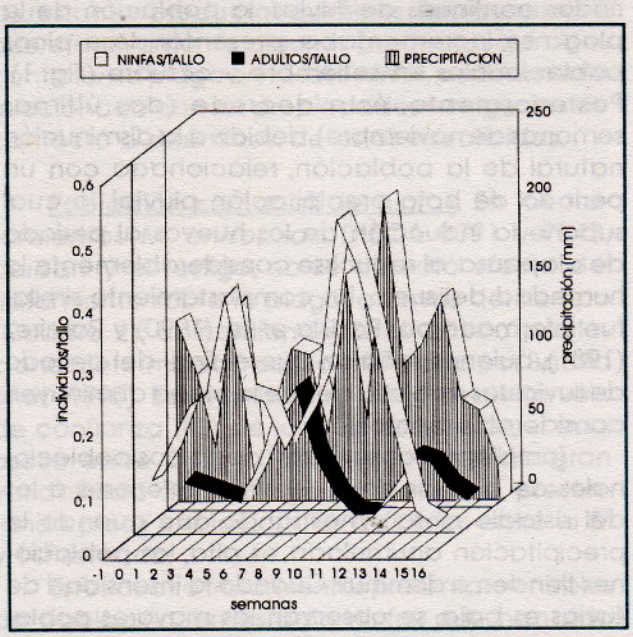


Fig. 1. Dinámica poblacional de ninfas y adultos/tallo y precipitación acumulada (mm) durante dieciseis semanas de muestreo. Lote #37, Finca La Sapera, Muelle de San Carlos. 1992.

dependiendo de las condiciones climáticas, durante 2, 3 ó 4 semanas debido a la existencia de estadios ninfales escalonados.

Parasitismo por *Metarhizium anisopliae*. El comportamiento de las dos cepas del hongo fue deficiente, debido a que no se encontró parasitismo, en las ninfas o en adultos de *A. postica*, en ningún tratamiento, durante las 16 semanas posteriores a la aplicación.

El arroz molido utilizado como sustrato, se aplicó en las condiciones imperantes en la finca (alta humedad en el suelo y en el ambiente, y temperaturas altas), lo que podría haber acelerado el proceso de descomposición del mismo, sin permitir al hongo estabilizarse y así colonizar y parasitar los insectos.

Otras variables evaluadas. La altura de la caña, grosor del tallo, y porcentaje de área foliar dañada, así como las evaluaciones de *Diatraea* spp y nematodos, no presentaron valores significativos entre los diferentes tratamientos.

Cosecha. Se observaron diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos para las variables industriales brix, pol, pureza y el rendimiento teórico recuperable (RTR), no así para la producción de caña (t) y de azúcar/ha.

El cartap mostró tendencia a producir mejores parámetros industriales; sin embargo, no mostró diferencia estadística con el testigo (Cuadro 5). No se determinó correlación entre los niveles poblacionales de la plaga en cada uno de los tratamientos y los efectos sobre las variables industriales brix, pol y porcentaje de fibra en caña, en contraste con lo señalado por Alves (1986) quien indicó el efecto negativo de la plaga sobre la extracción de sacarosa y el incremento de fibra.

CUADRO 5. Resultados industriales del uso de seis insecticidas y dos cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de salivazo (*Aeneolamia postica*), La Sapera, San Carlos. Variedad SP 70-1284. Edad de cosecha 12 meses. Sexta soca. 1993.

Tratamientos	%				kg de Azúcar/ t de Caña (RTR)
	Brix	Pol Caña	Pureza	Fibra Caña	
Cartap	24,25 a	17,22 a	87,62 ab	14,82 a	152,33 a
M. anisopliae PL 43	23,57 ab	16,65 ab	88,24 ab	14,47 ab	150,12 ab
Testigo	23,63 ab	16,85 ab	87,29 ab	14,26 ab	149,50 ab
Carbaril	22,55 abc	16,37 ab	88,67 ab	14,09 ab	146,94 ab
Carbofuran	22,67 abc	16,32 ab	87,79 ab	14,07 ab	145,53 ab
Terbufos	22,87 abc	16,36 ab	87,70 ab	14,30 ab	145,45 ab
M. anisopliae DIECA 0391	21,71 c	16,13 ab	89,30 a	14,21 ab	143,74 ab
Clorpirifos	22,37 bc	16,03 b	87,91 ab	14,40 ab	142,77 b
Benfuracarb	22,77 abc	16,07 ab	85,97 b	13,91 b	141,41 b
Promedio	22,93	16,44	87,83	14,28	146,42
C.V. (%)	4,1151	3,5049	1,7541	3,1733	3,2176

Valores seguidos de la misma letra dentro de columna no difieren, según Duncan al 5%.

El rendimiento de azúcar kg/t caña (RTR) se obtuvo con el cartap. El testigo no fue estadísticamente diferente a ningún tratamiento, obteniendo 2,8 kg (1,9%) menos que el rendimiento máximo y 8,1 kg (5,4%) de azúcar más que el rendimiento mínimo (Fig. 2).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Vargas y Barquero (1986), en una investigación de diez productos nematicidas aplicados en caña de azúcar, quienes no detectaron diferencias estadísticas para ninguna variable industrial.

Además, todos los tratamientos a excepción del terbufos, disminuyeron el rendimiento en relación al tratamiento testigo.

Esto puede atribuirse a que los niveles poblacionales máximos de adultos y ninfas determinados en esta investigación (0,40 adultos/tallo con *M. anisopliae* cepa PL 43, y de 1,03 ninfas/tallo en el testigo), no afectaron la calidad de los jugos, ni el rendimiento de azúcar. Estos resultados contrastan con los informados por Díaz (1981), en un experimento con insecticida granulado, donde determinó incrementos en el rendimiento de 20,5 y 18,6 kg de azúcar con los tratamientos químicos con respecto al testigo.

Rendimiento agrícola. No se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, a pesar de existir entre carbofuran (82,36 t) y la cepa del hongo DIECA 0391 (65,00 t) una diferencia de 17,36 t./ha. Todos los tratamientos químicos superaron al testigo (Cuadro 6 y Fig. 3). La diferencia porcentual de los tratamientos con respecto al testigo, muestra que este fue superado por seis de los mismos hasta en 26%, lo que coincide con resultados publicados por otros investigadores (Allard 1990; Contreras 1984 y Vreugdenhil 1981).

No se detectó relación entre los niveles poblacionales de los diferentes estadíos de la plaga y rendimiento; por tanto, al igual que Contreras (1984), se considera que factores externos (manejo inadecuado de campo, operación incorrecta de cosecha, factores climáticos, enfermedades y otras plagas), influyen en el deterioro de las plantaciones y en la baja productividad.

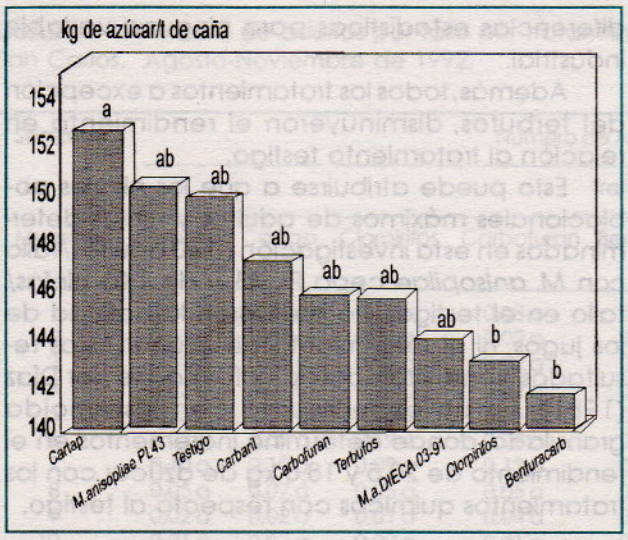


Fig. 2. Rendimiento de azúcar/t de caña para cada uno de los tratamientos. Finca La Sapera, Muelle de San Carlos. 1993.

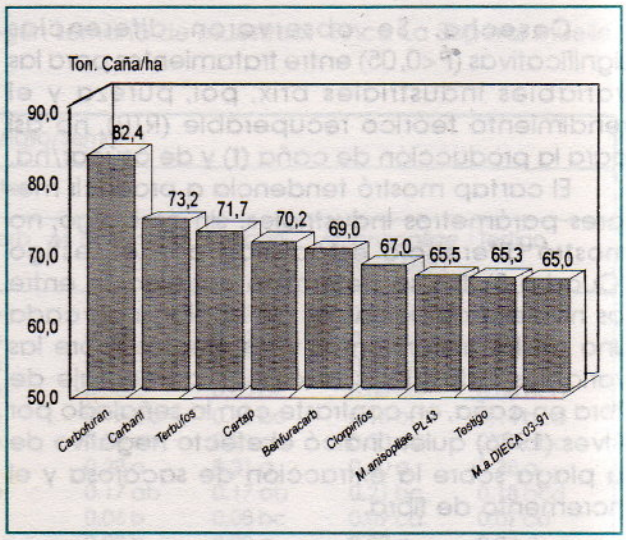


Fig. 3. Toneladas de caña por hectárea de cada uno de los tratamientos. Finca la Sapera, Muelle de San Carlos. 1993.

Rendimiento agroindustrial. No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque se observaron diferencias absolutas de 2.611 toneladas de azúcar del tratamiento más productivo (carbofuran) respecto a *Metarhizium anisopliae* DIECA 0391 (Cuadro 6 y Fig. 4).

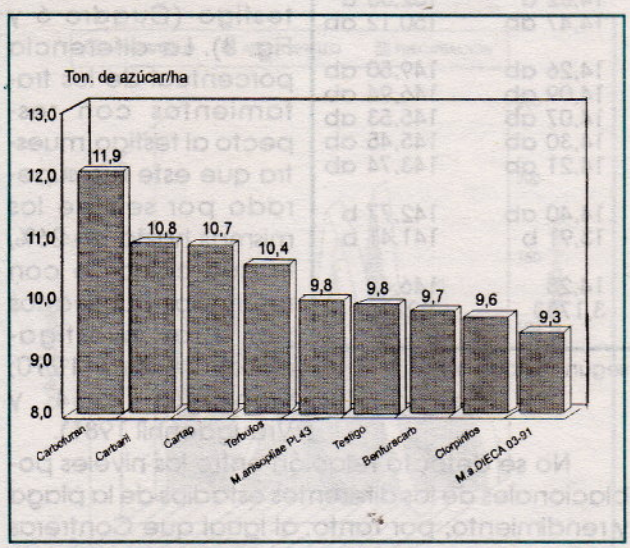


Fig. 4. Toneladas de azúcar por hectárea, según tratamientos. Finca la Sapera, Muelle de San Carlos. 1993.

Tampoco se encontró correlación entre la densidad poblacional de adultos y ninfas por tallo y los rendimientos agroindustriales. Los resultados sugieren que existe mayor dependencia de los rendimientos a la densidad de adultos por tallo.

No se puede señalar que un tratamiento es mejor que otro, porque aún cuando clorpirifos y el benfuracarb mantuvieron la plaga en niveles inferiores a los observados para las cepas de *M. anisopliae*, el testigo y el carbaril, con los primeros se obtuvieron rendimientos agroindustriales menores.

Relación beneficio costo. El tratamiento que generó mayores ingresos fue el carbofuran, por el contrario *M. anisopliae* DIECA 0391, produjo ingresos menores debido a los rendimientos de campo (Cuadro 7). El benfuracarb fue el tratamiento con los costos totales más elevados (similares a los del carbofuran), sin embargo, con este se obtuvo un beneficio neto menor y la relación beneficio/costo fue menor. El carbofuran presentó el mayor beneficio neto así como la relación beneficio/costo más alta, seguido del testigo. La diferencia entre los tratamientos mencionados es relativamente bajo, por lo que la aplicación del producto químico no es compensada con los beneficios, considerando los costos de oportunidad, el «flujo de caja» del productor, los riesgos de aplicación, los efectos sobre organismos benéficos y la contaminación del ambiente.

CUADRO 6. Toneladas métricas de caña y de azúcar, por hectárea, utilizando seis insecticidas y dos cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia postica*, La Sapera, San Carlos. Variedad SP 70-1284. Sexta soca. Edad de cosecha 12 meses. 1993.

Tratamiento	Toneladas Métricas /ha			
	Caña	PRT[1/]	Azúcar	PRT
Carbofuran	82,36a	126	11.945a	123
Carbaril	73,24a	112	10.758a	111
Cartap	70,19a	107	10.743a	111
Terbufos	71,71a	110	10.423a	107
M. anisopliae PL 43	65,51a	100	9.849a	101
Testigo	65,32a	100	9.762a	100
Benfuracarb	68,98a	106	9.661a	99
Clorpirifos	67,04a	103	9.574a	96
M. anisopliae DIECA 0391	65,00a	100	9.334a	96
Promedio	69,92		10.227	
C.V.(%)	15,467		14,296	

1/ PRT= Diferencia porcentual respecto al testigo
Valores con igual letra dentro de columna difieren según Duncan al 5%.

CUADRO 7. Beneficios y costos/ha al momento de la cosecha, de los diferentes tratamientos. Finca La Sapera, San Carlos. 1992.

Tratamiento	Ingresos[1/] (US$/ha)	Costos (US$/ha) Fijos	Variables[2/]	Producto[3/]	Totales	Beneficio Neto (US$/ha)	Relación Beneficio/ Costo
Carbofuran	2.480,58	633,33	658,88	89,33	1.381,54	1.099,04	1,80
Testigo	2.027,24	633,33	522,56		1.155,89	871,35	1,75
Terbufos	2.164,51	633,33	573,68	51,11	1.258,12	906,39	1,72
Carbaril	2.234,08	633,33	585,92	90,67	1.309,92	924,16	1,71
Cartap	2.230,96	633,33	561,52	166,67*	1.361,52	869,44	1,64
M. anisopliae PL 43	2.045,31	633,33	524,08	97,45	1.254,86	790,45	1,63
M. anisopliae DIECA 0391	1.938,36	633,33	520,00	64,97	1.218,30	720,06	1,59
Clorpirifos	1.988,20	633,33	536,32	102,69	1.272,34	715,86	1,56
Benfuracarb	2.006,95	633,33	551.84	200,00*	1.385,17	621,10	1,45
Promedio	2.123,95	633,33	559,42	107,86	1.288,63	835,32	1,65

1/ Precio de liquidación final 1993 = US$0,21/kg de azúcar
2/ Corta y carga = US$4,00/t.m. caña
Transporte = US$4,00/t.m. caña
3/ Costo/ha calculado con precios de costo de distribuidor o de productor
* Precio/kg estimado por no comercializarse en Costa Rica.

CONCLUSIONES

- Los productos benfuracarb, carbofuran, terbufos, cartap y clorpirifos muestran un buen control de ninfas durante un período de tiempo prolongado, provocando el rompimiento del ciclo biológico de la plaga, debido a su efecto de contacto, sistémico y residual, manteniendo este estadio por debajo de los niveles de control.

- El rompimiento del ciclo biológico de la plaga desde sus estadios iniciales (huevos y ninfas), permite disminuir las densidades de adultos de salivazo y por lo tanto las oviposiciones de los mismos.

- Poblaciones de hasta 0,40 adultos/tallo provocan daños en el follaje inferiores al 5%, valor que no se considera limitante para la producción de caña de azúcar.

- El uso de plaguicidas para el control de esta plaga debe realizarse únicamente en aquellas ocasiones en que las poblaciones de «salivazo» sobrepasen los niveles de control y una vez agotadas todas las alternativas de manejo integrado.

RECOMENDACIONES

- Los muestreos de adultos y ninfas por tallo son una técnica excelente para predecir y valorar el comportamiento de la plaga, por tanto, se debe implementar antes de proceder a realizar aplicaciones de productos biológicos o químicos.

- Es necesario una metodología más eficiente de aplicación y formulación del hongo en forma granulada, para prevenir el efecto de una rápida descomposición en el suelo a causa de microorganismos.

- El control temprano de malezas y la habilitación o creación de canales de drenaje, en las condiciones de la finca donde se realizó el experimento, deben ser ejecutadas eficientemente con la finalidad de ejercer un mejor manejo y control de la plaga.

- Las prácticas de labranza como la desaporca o la aporca, el uso de trampas y las aplicaciones de entomopatógenos para el control de la plaga, se presentan como alternativas viables para ser incorporadas en el plan de manejo del cultivo de caña de azúcar.

LITERATURA CITADA

ALLARD, G.B.; CHASE, C.A.; HEALE, J.B.; ISAAC, J.E.; PRIOR, C. 1990. Field evaluation of *M. anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia* saccharina (Hemiptera:Cercopidae). Journal of Invertebrate Pathology. 55:41-46.

ALVES, R. Z. 1984. Control integrado de la candelilla en Brasil. *In* Seminario Barquisimeto (2., 1984, Ven.). Problemas de la candelilla y el taladrador en caña de azúcar y pastos. Venezuela. p. 49-64.

BADILLA, F.; SAENZ, C.; VARGAS, J. 1990. Estrategias seguidas en el control biológico de «salivazo». San José, C.R. DIECA. 3 p.

CASTRO, R. 1981. Estudio y combate de la mosca pinta en la caña de azúcar. *In* Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. (2., 1981, Fla., EE.UU.). Plagas de insectos y roedores. Fla., EE.UU., Universidad de Florida. p. 229-235.

CONTRERAS, G. DE. 1984. Consideraciones sobre el control de candelilla (*Aeneolamia* spp) en Caña de Azúcar en haciendas del área de influencia del Central Azucarero Portugueza, C. A. *In* Seminario Barquisimeto (2., 1984, Ven.) Problemas de la candelilla y el taladrador en caña de azúcar y pastos. Venezuela, s.n. p. 193-219.

DIAZ, B. 1981. Control químico de «chinche salivoza» (*Aeneolamia* spp) en caña de azúcar. *In* Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. (2., 1981, Fla., EE.UU.) Plagas de insectos y roedores. Fla., EE.UU., Universidad de Florida. p. 236-241.

ESQUIVEL, C. 1984. Algunas plagas de la caña de azúcar; guía del participante, aplicación programas videocasete. México, GEPLACEA/UNCTAD. 15 p.

NAKANO, O.; NETO, S.; ZUCCHI, R. 1981. Entomologia econômica. São Paulo, Bra., ESALQ-USP. 314 p.

RAMIREZ, C. 1981. Daño producido en la caña de azúcar por la mosca pinta o salivazo. San José, C.R., Ministerio de Agricultura y Ganadería. 4 p.

SALAZAR, J. D. 1994. Evaluación de seis insecticidas granulados y dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el control del «salivazo» (*Aeneolamia postica*) en caña de azúcar en la región de San Carlos. Tesis Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Agronomía. 130 p.

VARGAS, N.; BARQUERO, E. 1988. Prueba comparativa de 10 productos nematicidas en caña de azúcar, Cutris, San Carlos. *In* Congreso D.I.E.C.A. (1., 1987, Grecia, C.R.). Memorias. San José, C.R., DIECA. p. 134-140.

VREUGDENHIL, A. 1981. La «candelilla» *Aeneolamia varia* (Cercopidae) en caña de azúcar en la zona centro occidental de Venezuela. *In* Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. (2., 1981, Fla., EE.UU.). Plagas de insectos y roedores. Fla., EE.UU., Universidad de Florida. p. 242-251.

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 19-30, 1997.

POTENCIAL DE ADOPCION DE DOS OPCIONES TECNOLOGICAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP), APLICANDO TRES TECNICAS DE EXTENSION CON PRODUCTORES DE TOMATE EN EL VALLE CENTRAL OCCIDENTAL, COSTA RICA*

Osvaldo Pérez*
Octavio Ramírez**
Luko Hilje***
Jan Karremans**

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica; empleando dos opciones tecnológicas o conjuntos de prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) validadas por el Proyecto Cooperativo MAG/GTZ/CATIE. Una de ellas facilita la producción de plántulas de tomate sin los geminivirus usualmente transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). La otra involucra el uso de un umbral de acción para el combate de los gusanos del fruto (*Heliothis zea*) en este cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de adopción de estas dos opciones tecnológicas y los factores socioeconómicos que pueden afectarlo. Agricultores organizados y no organizados fueron expuestos a los dos conjuntos de prácticas utilizando diferentes combinaciones de técnicas de extensión, tales como charlas, material escrito y una parcela demostrativa. Se trabajó con una muestra de 57 agricultores seleccionados al azar de los listados en la Agencia de Extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Grecia. El porcentaje promedio individual de adopción fue de 54,6% en el caso de la opción de manejo de *B. tabaci* y 36,9% en el caso de *H. zea*, seis meses después de las actividades de transferencia. En general, no pudo concluirse que la incorporación de técnicas de extensión adicionales a la charla típica, produjo un efecto sobre la adopción. Agricultores que pertenecían a alguna organización comunitaria importante, mostraron una mayor tendencia a aceptar las prácticas promovidas. Otros factores socioeconómicos que resultaron relevantes para la adopción incluyen el sistema de siembra originalmente utilizado, y la experiencia del agricultor con el uso de prácticas, su acceso a crédito, los recursos económicos, la cantidad de mano de obra disponibles y el tamaño de la finca.

Palabras claves: Adopción de tecnología, Manejo Integrado de Plagas, Extensión.

ADOPTION POTENTIAL OF TWO INTEGRATED PEST MANAGEMENT TECHNOLOGICAL OPTIONS BY TOMATO PRODUCERS OF WESTERN CENTRAL VALLEY OF COSTA RICA, APPLYING THREE EXTENSION TECHNIQUES

ABSTRACT

Two technological options of integrated pest management (IPM), previously validated by the cooperative MAG/GTZ/CATIE project were studied in Grecia and Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica. One technology is to facilitate the production of tomato seedlings free of the geminivirus, transmitted by the whitefly (*Bemisia tabaci*), and the other uses an action threshold for the fruit worm (*Heliothis zea*) control. The objective of the study was to evaluate the potential adoption of these two technological options, and the socioeconomic factors that can affect it. The technologies were transferred to both organized and non-organized groups of farmers, combining different extension techniques, such as field talks, written materials and demonstrative plots. A sample of 57 farmers was selected randomly from the lists of the Extension Agency of the Ministry of Agriculture ad livestock (MAG) in Grecia. Six months after the conclusion of the extension activities, individual average adoption rates were 54,6% with *Bemisia tabaci* management, and 36,9% with of the second technology for the *Heliothis zea*. In general it could not be concluded that the use of additional extension techniques beyond the typical talk had an effect on adoption. On the other hand, farmers that belonged to an important community organization showed a higher tendency to accept the proposed practices. Other socioeconomic factors that appeared relevant in terms of explaining adoption levels included the cropping system originally used, whether the farmer had previosly learned and adopted a new technology, access to credit, economic resources, hired labor availability and farm size.

Key words: Technology, Integrated pest management, Extension.

INTRODUCCION

En América Latina, la extensión agrícola ha sido muy criticada durante años, por el flujo unidireccional y lineal de información entre los servicios de investigación y los agricultores (Farrington 1994); incluso en algunos países ha sido eliminada (Elberg 1992). La transferencia de

Recibido: 29/07/96. Aprobado: 21/03/97.
*Parte de la Tesis de M.Sc. del primer autor. CATIE. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica.
**CATIE. Area de Socioeconomía. 7170 Turrialba, Costa Rica. EMail: oramirez@catie.ac.cr
***CATIE. Area de Fitoprotección. 7170 Turrialba, Costa Rica. EMail: lhilje@catie.ac.cr

tecnología que forma parte de esta actividad, se inició en el siglo XIX en Europa y América del Norte. Desde su inicio y durante el primer tercio del siglo XX, la meta social ha sido el incremento en la producción agrícola (Hruska 1994a).

Hasta inicios de la última década, el principal esquema de transferencia de tecnología conocido en América Central y el Caribe, fue el modelo de extensión agropecuaria fomentado por el gobierno de los Estados Unidos en los 50's (Rice 1971, Hruska 1994b). En este modelo, los servicios de extensión son los responsables de la difusión de tecnología a todos los productores y en todos los rubros (Kaimowitz 1990). Algunos opinan que los servicios públicos de extensión que surgieron bajo este esquema, han demostrado una capacidad insuficiente para enfrentar los retos tecnológicos actuales. En general, se considera que estos servicios de extensión no utilizan los enfoques más adecuados, además se caracterizan por la inestabilidad institucional, poca capacidad operativa y gozan de reducida credibilidad entre los productores (Kaimowitz 1990, Elberg 1992).

La extensión agrícola, sin embargo, no ha fracasado. Su filosofía actualizada y sus principios tienen validez. La extensión agrícola como estrategia para el desarrollo rural, está tomando vigencia en toda América Latina (Elberg 1992), aunque con un cambio en el enfoque. En la última década en países de América Latina, el Estado renuncia a su papel como agente principal de transferencia tecnológica a ciertos grupos de agricultores y ha buscado reducir su rol exclusivo en todos los sectores (Hruska 1994b).

Este cambio ha sido promovido por el Banco Mundial y otras agencias internacionales de desarrollo, disminuyendo el papel del Estado y abriendo las posibilidades de participación a organizaciones privadas y ONGs. Aún cuando el Estado sigue jugando un papel en la transferencia de tecnología, especialmente entre los productores pequeños que no pueden pagar por un programa privado, el servicio de transferencia en general está siendo removido de los Ministerios de Agricultura e incluido en un nuevo tipo de organización semi-gubernamental, que contempla la participación de varios sectores (Hruska 1994b).

La transferencia de tecnología a pequeños y medianos productores rurales en América tropical, se caracteriza por una serie de limitaciones. Entre éstas, destaca la ausencia de tecnologías de transferencia, que hayan demostrado ser beneficiosas y aceptables para los productores en un contexto real; además no hay una definición clara de los esfuerzos de extensión requeridos para realizar una transferencia eficiente, de manera que esas tecnologías sean adoptadas. En términos generales, es necesario especificar claramente los objetivos que se desean lograr (Radulovich y Karremans 1992). Finalmente, existe un evidente desconocimiento de los factores socioeconómicos que afectan e inciden sobre el éxito o fracaso de un esfuerzo de extensión.

Por otra parte, los retos y objetivos actuales del desarrollo, han propiciado cambios prominentes en las estrategias de producción agrícola que desean promoverse. El manejo integrado de plagas (MIP) tiene metas muy diferentes a las de las técnicas usadas como consecuencia de la revolución verde. El MIP pretende ayudar a los agricultores a manejar sus problemas de plagas de manera eficiente y sostenible. Los sistemas deben ser ecológica, económica y socialmente adecuados a corto, mediano y largo plazo (Hruska 1994a). El MIP se está fomentando en muchos países de América Latina en cultivos como el tomate (*Lycopersicon esculentum*).

En América Central, en una de las áreas donde existen grandes necesidades de análisis y definición, es en la etapa de difusión de las tecnologías de MIP. Son notorios los avances en investigación en MIP en la región, principalmente durante los últimos 10 años (Pareja 1994). El apoyo económico a la investigación en MIP, realizada en América Central durante los últimos años, se estima en unos US $20 millones. Actualmente, la reducción en el financiamiento global en esta área, exige mayor eficacia desde el punto de vista del costo/beneficio (Pareja 1994).

Una de las críticas más comunes, es que los resultados de la investigación en desarrollo de prácticas de MIP, no se han adoptado en gran escala (Pareja 1994). Sin embargo, se puede afirmar que en la región se ha trabajado muy poco en la difusión de estas tecnologías.

Con base en estos antecedentes se realizó este estudio, en el cual se evaluó el potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de MIP durante dos ciclos productivos del cultivo de tomate. Las opciones transferidas a los agricultores involucrados en esta investigación, fueron

validadas técnicamente por un proyecto cooperativo entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GTZ) y el CATIE y se habían implementado desde 1991, como parte de una etapa de preparación de la transferencia de tecnología (Calvo *et al.* 1992).

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de MIP durante dos ciclos de cultivo de tomate, mediante el uso de tres combinaciones de técnicas de extensión progresivamente más elaboradas y costosas, dentro del área de influencia de la agencia de extensión del MAG en Grecia, Alajuela. Los objetivos secundarios fueron: Estudiar las características socioeconómicas de los agricultores involucrados, y la relación con la adopción de tecnologías. Cuantificar los recursos invertidos en la transferencia de cada opción. Identificar un modelo econométrico apropiado para el análisis de la información.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de la zona. El estudio se realizó en el cantón de Grecia, Costa Rica y en una comunidad del cantón de Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, entre abril y diciembre de 1995. Grecia está situado en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano (Tosi 1969), aproximadamente a 1000 msnm, su temperatura media anual es de 23°C, y precipitación pluvial media anual de 2196 mm (IFAM 1987). Esta zona presenta una estación lluviosa de abril a noviembre y una seca de diciembre a marzo (Simán-Zablah 1989). Valverde Vega está en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano; a 970 msnm, con temperatura media anual de 24°C, y precipitación pluvial promedio anual de 3122 mm (IFAM 1987).

Opciones tecnológicas. En las actividades de extensión se promovieron dos opciones tecnológicas: El uso de semilleros protegidos mediante túneles cubiertos con maya agronet-S, cartuchos de papel periódico como recipiente y un sustrato específico de alta calidad (Cubillo *et al.* 1994), para producir plántulas de tomate sin los geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). La segunda opción consistió en el muestreo, uso de criterios de decisión y aplicación de una mezcla apropiada de insecticidas para el manejo de gusanos del fruto (*Heliothis zea*) CATIE 1991).

Opción A: Uso de semilleros protegidos, para la producción de plántulas de tomate de alta calidad sin geminivirus.

En las comunidades de Bodegas y Sabanillas se establecieron parcelas demostrativas (500 m²); también se elaboraron los cartuchos de papel periódico. Posteriormente, en un día demostrativo, se preparó la mezcla que se usaría como sustrato: tierra, granza de arroz, abono orgánico (Bocashi), en una proporción 10:2:1, fertilizante (10-30-10) en dosis de 20 g/kg de mezcla (Cubillo *et al.* 1994; Quirós *et al.* 1994). El Bocashi es un «compost» rápido, el cual incluye tierra de montaña, gallinaza, granza de arroz, carbón en polvo, semolina de arroz y concentrado para ganado (5:3:3:3:1:1), así como cal, levadura y melaza. Se fermenta a una temperatura de 45°C aproximadamente (Rodríguez y Paniagua 1994).

La tierra utilizada fue desinfectada mediante solarización, usando bolsas de plástico cerradas, expuestas al sol durante 15 días. Los cartuchos de papel se llenaron con la mezcla preparada y se colocaron en cajas de desecho (de uvas y aguacates). El tomate (var. Hayslip) se sembró en las dos comunidades, con un día de diferencia. Se usó de 2 a 3 semillas por cartucho, se aplicó riego y se cubrieron con hojas de caña (Bodegas) o sacos (Sabanillas).

Se construyeron túneles sobre el suelo (0,9 x 0,6 x 4,7 m) con arcos de bambú de 2 m de longitud, espaciados a 1,5 m y con los extremos sujetos con estacas enterradas a 20 cm. Estos se cubrieron con malla fina Agronet-S (Kayserberg S.A., Alemania), y se enterraron los bordes de la muestra. Dentro de los túneles se ubicaron las cajas con los cartuchos de papel periódico, con el tomate ya germinado. Una semana después de la germinación se hizo un raleo, dejando sólo una planta por cartucho en Bodegas, y dos plantas en Sabanillas, según el criterio del agricultor colaborador. Las plántulas se mantuvieron en los túneles por 20-26 dds, en Bodegas y Sabanillas, respectivamente. Las plantas se regaron dos veces por día, dependiendo de la lluvia. Al trasplantar, el agricultor eliminó el fondo de los cartuchos, para facilitar el enraizamiento de las plántulas.

En la parcela de Bodegas el tomate se

sembró asociado con caña de azúcar, a una planta por hoyo; mientras que en Sabanillas se hizo en monocultivo una semana después que en Bodegas, a dos plantas por hoyo.

Opción B: Uso de criterios de decisión y manejo del gusano del fruto *(Heliothis zea)*.

En esta opción se utilizó el sistema empleado en las parcelas de validación MIP del Proyecto MAG/GTZ/CATIE, realizando dos muestreos a la semana;como mínimo se seleccionaron 30 plantas al azar, a partir de un punto escogido arbitrariamente. Cada punto de muestreo estaba separado por un número fijo de pasos, según el tamaño de la parcela.

Se realizaron dos tipos de muestreo. El primero se hizo a partir del trasplante, tomando la hoja más alta totalmente desplegada (hoja «clave»). Cuando se encontraron cuatro o más huevos o larvas en los 30 sitios muestreados, se recomendó hacer una aplicación. El segundo tipo de muestreo se realizó a partir de la aparición de frutos, muestreando un fruto de más de 2,5 cm de diámetro por planta; si se encontraban dos frutos con daños recientes, se recomendaba realizar una aplicación (CATIE 1991).

Como medida de control se promovió el uso de una mezcla de *Bacillus thuringiensis* (Dipel) a la dosis comercial, con media dosis de un producto comercial (Orthene), se puede utilizar cualquiera otro de los usados por los agricultores para estos casos, Evisect (Thiocyclam) o el Padan (Cartap) (Calvo *et al.* 1992).

Aspectos organizativos. Antes del primer ciclo de cultivo mayo-agosto, 1995, se realizaron seis reuniones con cada grupo de agricultores, en éstas se explicó el objetivo y la importancia del estudio, y se conoció la anuencia de los mismos para participar en la investigación. También se exploraron las posibilidades de aceptación de las dos opciones.

Posteriormente, se realizó una encuesta formal de carácter individual, a una muestra de 57 agricultores distribuidos en todas las comunidades incluidas en el estudio. De estos agricultores 29 estaban organizados (Bodegas (9), Cataluña (9) y Prendas (11)) y 28 no organizados (Santa Gertrudis (9), Puente de Piedra (9) y Sabanillas (10)). La muestra de agricultores fue seleccionada al azar, a partir de las listas de la Agencia de Extensión del MAG en Grecia. La encuesta fue diseñada para permitir la caracterización de cada agricultor, según su perfil socioeconómico. Con la aplicación de ésta se recolectó información sobre variables claves como: nivel educativo, edad, acceso a crédito, recursos económicos, mano de obra disponible, tenencia de la tierra, tamaño de finca; así como también información relacionada al cultivo y a la actividad de extensión: sistemas de siembra, años de experiencia en el cultivo del tomate, tecnologías aprendidas y practicadas, y entidad a la que solicita apoyo para enfrentar los problemas agrícolas.

Durante el primer ciclo de la investigación se aplicaron varias técnicas (charlas, materiales escritos y parcelas demostrativas) para la presentación de las dos opciones tecnológicas, dependiendo de la comunidad: en Cataluña y Puente de Piedra, charla; en Prendas y Santa Gertrudis, charla y material escrito; en Bodegas y Sabanillas, charla, material escrito y una parcela demostrativa como complemento.

A cada agricultor se le entregó personalmente una invitación para las charlas (unos días antes de la fecha fijada para su realización). Además, se colocaron avisos en sitios estratégicos. Los lugares, fecha y hora fueron sugeridos por los técnicos de la Agencia de Extensión del MAG.

Las charlas sobre ambas tecnologías se realizaron en forma conjunta, con 10 minutos entre una y otra, según la disponibilidad de tiempo de los agricultores. Su duración fue de 30 minutos, y se dió espacio para preguntas durante el desarrollo de las mismas o al final de la exposición. En las localidades de Prendas, Santa Gertrudis, Bodegas y Sabanillas, se entregó el material escrito sobre el tema, al inicio de la sesión. En todas las comunidades se emplearon ayudas visuales, como rotafolios y diapositivas.

Para las dos comunidades en las cuales utilizaron parcelas demostrativas, se realizaron dos días demostrativos (un día para cada opción promovida). Finalizadas las labores de campo en estas parcelas, se realizaron dos reuniones en cada comunidad, con el fin de que el agricultor colaborador presentara a los otros agricultores sus experiencias y opiniones sobre las tecnologías utilizadas.

En total, las técnicas se aplicaron en 12 tratamientos a seis grupos de agricultores (organizados en la asociación de agricultores de Tacares y no organizados) de seis comunidades seleccionadas al azar, en la siguiente forma:

Organizados (opciones A y B):

Bodegas: Parcela demostrativa, charla y material escrito (P+CH+ME).
Prendas: Charla y material escrito (CH+ME).
Cataluña: Charla (CH).

No organizados (opciones A y B):

Sabanillas: Parcela demostrativa, charla y material escrito (P+CH+ME).
Santa Gertrudis: Charla y material escrito (CH+ME).
Puente de Piedra: Charla (CH).

Para cada uno de los tratamientos, se cuantificó el número de visitas, tiempo y recursos económicos invertidos en el proceso de transferencia.

El segundo ciclo de la investigación se inició seis meses después de finalizar las actividades anteriores. En esta fase se aplicó una encuesta «final» a los 43 agricultores que, del total de 57 incluidos originalmente en el estudio, sembraron tomate. El objetivo de la encuesta fue determinar el nivel de adopción de las dos opciones tecnológicas promovidas para los diferentes tratamientos.

Mediante un formulario adicional, aplicado a seis agricultores por comunidad (de los que sembraron tomate durante el segundo ciclo de la investigación), se realizó también un seguimiento dinámico (French *et al.* 1994) para complementar información sobre los flujos de insumos utilizados por los agricultores y las actividades realizadas, así como las estrategias y el proceso de toma de decisiones de los mismos.

Determinación del porcentaje de adopción. El porcentaje de adopción para cada oferta u opción tecnológica (A y B) se determinó considerando la adopción por parte de los agricultores de las prácticas que conformaban cada opción. El porcentaje de adopción se calculó dividiendo el número de prácticas adoptadas entre el total. En el caso del manejo de semilleros, las prácticas fueron el uso de:

1. Semillero
2. Cartucho
3. Algún tipo de protección
4. Protección recomendada
5. Sustrato indicado

Para esta opción se consideraron los siguientes niveles de adopción:

0 - Nula (no adoptaron prácticas nuevas)
1 - Baja (1 práctica)
2 - Media (2 prácticas)
3 - Media/alta (3 prácticas)
4 - Alta (4 prácticas)
5 - Total (Todas las prácticas)

Los agricultores que compraron plántulas de tomate sanas (cantón de San Ramón) se consideraron como adoptadores totales.

Para el manejo de los gusanos del fruto, las prácticas fueron uso de:

1. Algún tipo de muestreo
2. Muestreo recomendado
3. Criterio de decisión
4. Recomendación brindada para el control de *H. zea*.

El nivel de adopción en este caso se cuantificó con la siguiente tabla:

0 - Nula (no adoptaron prácticas nuevas)
1 - Baja (1 práctica)
2 - Media (2 prácticas)
3 - Media/alta (3 prácticas)
4 - Alta (4 prácticas)
5 - Total (Todas las prácticas)

Análisis estadístico. Se evaluaron cinco modelos: Regresión Lineal Estandar basada en los cuadrados mínimos del error, Probit binomial, Logit binomial, Logit ordenado y la Regresión Poisson de Conteo de Eventos. Sin embargo, la teoría indicada que probablemente el último daría los mejores resultados. Estos modelos multivariados denominados «count» o conteo de eventos («Event count regression») (ECDR) (King 1989), son aplicables a estudios de este tipo. En estos se asume que la variable dependiente resulta de un conteo de eventos (números reales positivos) que obviamente implica un orden determinado (p. ej., adoptar dos prácticas es más que aceptar solamente una, y así sucesivamente).

Estos modelos han sido usados con éxito en la predicción de la tasa de ocurrencia de guerras durante períodos de tiempo relativamente largos (décadas), en países o regiones específicas. Se basan en los valores de una serie de variables independientes o explicativas, de naturaleza

macroeconómica, política y social. Debido al buen acoplamiento de esta clase de modelos con la situación analizada en este estudio, se decidió utilizarla.

El nivel de adopción de cada opción tecnológica se considera como variable dependiente (y1 y y2). Las otras variables se consideran independientes o explicativas; y en la mayoría de los casos fueron expresadas en forma «dummy» (artificial) o binaria, con excepción del nivel educativo (NE = número de años de educación formal aprobados), edad (EDAD, en años), experiencia en la producción de tomate (AE, en años) y los recursos económicos invertidos mensualmente en asuntos domésticos y transporte (RE, en dólares).

En estos modelos existen varias posibilidades o formulaciones específicas, tales como la regresión de tipo Poisson, Binomial Negativa, etc. Debido a que no se detectaron lineamientos para determinar el tipo más apropiado para este estudio, se decidió *a priori* usar el tipo Poisson, que se basa en una función de densidad que ha sido ampliamente analizada y aplicada para modelar procesos similares (King 1989).

RESULTADOS

Recursos invertidos en el proceso de transferencia. Los recursos totales invertidos en la realización de las parcelas demostrativas (P) en las dos comunidades fueron de $1773,97, gastados en 87 horas de trabajo y 113 visitas. En Bodegas se invirtieron $830,23 (40,5 horas de trabajo y 55 visitas) y en Sabanillas $943,74 (46,5 horas de trabajo y 58 visitas) (Cuadro 1).

En la aplicación de charlas y materiales escritos (CH+ME) se invirtieron $2563,01 (86 visitas y 64 horas de trabajo). La aplicación de charlas (CH) requirió $882,42,97 (86 visitas y 46 horas de trabajo) (Cuadro 2). La elaboración de los materiales escritos (ME) requirió de una inversión total de $1653,59 y 18 horas de trabajo (Cuadro 3). En este caso los costos tan elevados se debieron principalmente a la elaboración y diseño de los guiones técnicos. La inversión total en la aplicación de parcelas demostrativas, charlas y materiales escritos (P+CH+ME) en Bodegas fue de $3366,24 (141 visitas y 95,5 horas de trabajo) y en Sabanillas de $3479,97 (144 visitas y 101,5 horas de trabajo).

Niveles de adopción. Para determinar el nivel de adopción de los agricultores participantes, se consideraron sólo aquellos que sembraron tomate durante el segundo ciclo de cultivo: 79,3% de los organizados y 71,4% de los no organizados. Todos los agricultores que participaron en parcelas demostrativas, charlas y materiales escritos (P+CH+ME) volvieron a sembrar tomate. De aquellos que recibieron charlas y materiales escritos (CH+ME) sólo el 50% sembraron nuevamente y 77,8% de aquellos que solo asistieron a charlas (CH).

En la opción (A) de protección de semilleros para el manejo de la mosca blanca, los agricultores organizados presentaron un porcentaje promedio de adopción de 54,6%, mayor que los no organizados (41,8%). Según las técnicas aplicadas, aquellos agricultores que recibieron sólo charlas (CH) presentaron una tendencia más alta a adoptar algunas de las prácticas que se promovieron (Cuadro 4), contrariamente a lo esperado.

Es importante mencionar que la incidencia de las lluvias, tanto en Grecia y en Valverde Vega, fue muy alta causando fuertes ataques de patógenos, especialmente del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en ambas parcelas demostrativas. Ello sucedió a

CUADRO 1. Recursos invertidos en la realización de parcelas demostrativas en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Actividad	No. de visitas	Tiempo (horas)*	Gastos ($)
Ubicación de la parcela	2	4	75,67
Materiales y mano de obra	-	-	128,03
Distribución de invitaciones a los días demostrativos	38	4	75,67
Días demostrativos	4	12	227,02
Seguimiento semanal (Bodegas)	13	26	491,89
Seguimiento semanal (Sabanillas)	16	32	605,40
Distribución de invitaciones a las reuniones finales	38	4	75,67
Reuniones finales	2	5	94,59
Total	113	87	1773,97

* $18,91/hora, establecido por el Colegio de Ingenieros Agrónomos, Costa Rica, 1995.

CUADRO 2. Recursos invertidos en la realización de charlas en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Actividad	No. de visitas	Tiempo (horas)*	Gastos ($)
Materiales para invitaciones, carteles y charla	-	-	12,15
Elaboración de invitaciones y carteles	-	8	151,35
Distribución de invitaciones y carteles	80	12	227,02
Preparación dos charlas	-	8	151,35
Presentación dos charlas	6	18	340,54
Total	86	46	882,42

* $18,91/hora, establecido por el Colegio de Ingenieros Agrónomos, Costa Rica, 1995.

CUADRO 3. Recursos invertidos en la elaboración de materiales escritos (opción A y opción B) distribuidos a los agricultores en estudio en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Opción A: Manejo de *B. tabaci*

Actividad	Tiempo (días)	Gastos ($)
Elaboración de guión técnico	7	540,54
Diseño	2	270,27
Fotocopias*	-	12,29
Total	9	823,1

* $0,03/copia.

Opción B: Manejo de *H. zea*

Actividad	Tiempo (días)	Gastos ($)
Elaboración de guión técnico	7	540,54
Diseño	2	270,27
Fotocopias*	-	19,67
Total	9	830,48

* $0,03/copia.

los 45 días después del trasplante (ddt) en Grecia y a los 52 ddt en Valverde Vega, llegando a afectar en gran medida la producción del cultivo. Esto debe considerarse en la evaluación del efecto de las parcelas demostrativas, en el nivel de adopción de las diferentes prácticas recomendadas.

CUADRO 4. Nivel de adopción de la opción tecnológica de semilleros según técnicas de extensión utilizadas con los agricultores que sembraron tomate en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Nivel de adopción	P+CH+ME No. (%)	CH+ME No. (%)	CH No. (%)
Nula	5 (26,3)	4 (40,0)	3 (21,4)
Baja	2 (10,5)	0 (0,0)	1 (7,1)
Media	6 (31,6)	1 (10,0)	1 (7,1)
Media/alta	3 (15,8)	2 (20,0)	4 (28,6)
Alta	0 (0,0)	1 (10,0)	2 (14,3)
Total	3 (15,8)	2 (20,0)	3 (21,4)

En cuanto a los criterios de decisión para el manejo de los gusanos del fruto (opción B), el nivel de adopción promedio por parte de los agricultores fue similar para los organizados (36,9%) y para los no organizados (35,3%). Los que participaron en parcelas demostrativas, charlas y materiales escritos (P+CH+ME) presentaron mayor tendencia hacia la adopción (Cuadro 5).

CUADRO 5. Nivel de adopción en el uso de la opción tecnológica de umbral de acción según técnicas de extensión utilizadas con los agricultores que sembraron tomate en Grecia y Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Nivel de Adopción	P+CH+ME(19) No. (%)	CH+ME(10) No. (%)	CH(14) No. (%)
Nula	5 (26,3)	5 (50,0)	4 (28,6)
Baja	4 (21,0)	0 (0,0)	5 (35,7)
Media	3 (15,8)	2 (20,0)	2 (14,3)
Media/alta	1 (5,3)	3 (30,0)	3 (21,4)
Alta	3 (15,8)	0 (0,0)	0 (0,0)
Total	3 (15,8)	0 (0,0)	0 (0,0)

Análisis multivariado del proceso de adopción. Las comparaciones realizadas son de carácter exclusivamente ilustrativo y exploratorio, y deben de considerarse con cautela, reconociendo que en estos casos lo más adecuado es utilizar un método de análisis multivariado, basándose en modelos tales como la regresión de conteo de eventos de tipo Poisson. Para la estimación de los coeficientes de dicho modelo, lo más sencillo y usual es realizarlo por separado con cada una de las variables dependientes o niveles de adopción. Existe sin embargo, un procedimiento estadístico de regresión de Poisson con múltiples ecuaciones («seemingly unrelated poisson regression») (King 1989) que resulta más eficiente si existe una correlación importante entre las variables dependientes; es decir, que permite estimar los parámetros de ambas ecuaciones con mayor precisión.

En esta investigación, las variables representan los niveles de adopción de las dos opciones tecnológicas por parte de un agricultor y por tanto, se utilizó este último método, estimando los 29 parámetros en forma conjunta, además de un coeficiente que mide el grado de correlación entre las dos variables endógenas (Cuadro 6).

Donde:

INT = el intercepto;
ORG = 1 si el agricultor está organizado, 0 si no;
ME = 1 si el agricultor, además de la charla, recibió los materiales educativos, 0 si no;
MEPD = 1 si el agricultor, además de la charla y los materiales educativos, participó en el proceso de parcela demostrativa, 0 si no;
SS = 1 si el agricultor había utilizado antes el transplante, 0 si siempre usaba siembra directa;
NE = número de años de educación formal aprobados por el agricultor;
TAA = 1 si el agricultor habrá aprendido o practicado alguna nueva opción tecnológica recientemente, 0 si no;
PAA = 1 si el agricultor usualmente acude a un técnico cuando tiene un problema agrícola, 0 si solo consulta a otro agricultor;
EDAD = edad del agricultor, en años;
AE = experiencia del agricultor con el cultivo del tomate, en años;
MO = 1 si el agricultor involucra a su familia en el cultivo de tomate;

AC = 1 si el agricultor tiene acceso a crédito, 0 si no;
TF = Area de tomate sembrada por el agricultor, en manzanas
RE = gasto mensual (en dólares) del agricultor en asuntos domésticos y transporte;
TT = 1 si el agricultor siembra tomate en terrenos propios, 0 si no;
COV = covarianza entre las dos ecuaciones de regresión.

El grado de significancia estadística de los coeficientes estimados se dividió en dos niveles: Alto (cuando Valor de P < 0,05 = ** = efecto demostrado), y medio (cuando 0,05 < Valor de P < 0,15 = * = efecto probable).

CUADRO 6. Resultados del análisis conjunto de regresión de conteo de eventos de tipo Poisson (n=86).

Opción A:		
Parámetro	Estimado	Valor de P
INT	-0,24275	0,422050
ORG	0,61397	0,044272**
ME	0,17846	0,383210
MEPD	-0,27556	0,305450
SS	-0,54751	0,032357**
NE	0,04247	0,217220
TAA	0,63614	0,047858**
PAA	0,00518	0,491530
EDAD	0,02496	0,166230
AE	-0,02496	0,131480*
AC	0,46582	0,020933**
RE	-0,00773	0,122230*
TT	0,13376	0,373720
MO	0,72419	0,012991**
TF	-0,24317	0,092881*
Opción B:		
Parámetro	Estimado	Valor de P
INT	-1,24020	0,341720
ORG	0,87763	0,036408**
ME	-0,59015	0,283290
MEPD	0,23103	0,389170
NE	-0,05267	0,329050
TAA	0,83641	0,087748*
PAA	0,28768	0,292880
EDAD	0,01310	0,392340
AE	0,01154	0,350560
AC	0,97202	0,010701**
RE	-0,00628	0,123380*
TT	0,08108	0,436130
MO	0,39352	0,310470
TF	0,07322	0,339650
COV	1,01610	0,000226**

Logaritmo de la función de máxima verosimilitud = -3,0077.

La organización, tuvo un efecto estadísticamente demostrable sobre el nivel de adopción de ambas opciones tecnológicas, después de segregar los datos mediante el análisis multivariado, y manteniendo constantes las influencias de todas las otras variables que estaban o que podrían estar correlacionadas con ese factor y que tienen o podrían tener un impacto sobre dicho nivel de adopción. Esto demuestra que la condición de que un agricultor pertenezca a una organización comunitaria, aumenta la factibilidad de que adopte nuevas tecnologías; al menos cuando las condiciones culturales y socioeconómicas son similares a las encontradas en las comunidades donde se realizó esta investigación.

Menos interesantes fueron los resultados concernientes al uso de charlas *vs* la utilización de instrumentos adicionales de extensión, como materiales escritos (en este caso de muy alta calidad) e incluso de parcelas demostrativas. Estos resultados también fueron muy congruentes para las dos opciones tecnológicas.

No se demostró probabilidad razonable de que alguno de los dos instrumentos adicionales de extensión utilizados en el estudio, tuviera efecto sobre los niveles de adopción. En este caso, debido al uso de un modelo multivariado, también se lograron segregar y mantener constantes las influencias de otras variables que estaban o que podrían estar correlacionadas con estos factores; y que podrían haber tenido un impacto sobre dichos niveles de adopción, causando un obvio sesgo en el análisis. Por tanto, no se puede tampoco afirmar que los materiales escritos y las parcelas demostrativas no sean instrumentos útiles para la transferencia de tecnologías MIP, bajo las condiciones de este trabajo, ni a nivel general.

La variable **sistema de siembra**, que solo se consideró de importancia en el caso de la opción A, mostró un efecto altamente significativo (i.e. demostrable) desde el punto de vista estadístico. El impacto negativo sobre los niveles de adopción en el caso de aquellos agricultores que ya utilizaban el trasplante, se puede explicar porque ésta era una de las prácticas más atractivas.

Obviamente, no se puede considerar que los agricultores que ya realizaban siembra por trasplante, habían adoptado este componente

como resultado de los esfuerzos de extensión realizados en este estudio; reduciéndose en forma significativa el número de prácticas que éstos podrían haber aceptado. Esta variable se incluye en el análisis para «corregir» el nivel de adopción observado de acuerdo a la presencia de dicho factor, evitando así sesgos potenciales en los resultados.

Con respecto al **nivel educativo**, a pesar de la gran variabilidad que se observó en este factor (desde agricultores que no habían aprobado el tercer grado de primaria hasta otros con alguna educación universitaria), no se pudo demostrar, ni siquiera establecer la posibilidad de que este factor afectara los niveles de adopción, incluso en el caso de la opción B que incluía el uso de prácticas relativamente complejas, como el muestreo y la implementación de criterios de decisión.

Por el contrario, el agricultor que había adoptado alguna práctica nueva o innovación agrícola, mostró tener un efecto altamente significativo en el caso de la opción A, y significativo (al 90%) para la opción B. Esto podría deberse a que los agricultores que han adoptado innovaciones tecnológicas en el pasado, tuvieron buenas experiencias con éstas, y por tanto, están más anuentes a intentarlo de nuevo. También, podría deberse a que existen recursos muy limitados para la transferencia de nuevas tecnologías, o se está trabajando en un proyecto muy específico con una visión de corto plazo, lo anterior podría sugerir que entonces se deberían enfocar los esfuerzos en los «adoptadores tradicionales». Por otra parte, se puede argumentar que la inversión de recursos «excepcionales» (i.e., superiores al beneficio económico esperado, como consecuencia de la adopción de una opción tecnológica individual) es válida para intentar que un agricultor adopte por primera vez, una innovación debido a que ésto parece facilitar esfuerzos posteriores.

Fue notable la insignificancia estadística de la variable PAA, (que el agricultor hubiera o no acudido anteriormente a un técnico para resolver cierto problema agrícola). Los productores que habían aceptado anteriormente la recomendación de un técnico con resultados buenos, deberían posteriormente estar más anuentes a adoptar las prácticas que en este caso fueron ofrecidas por un estudiante de maestría trabajando como extensionista, y viceversa. La situación intermedia (i.e. buenas experiencias en algunos casos y malas en otros) podría tener un efecto de «anulación mutua» en la muestra y explicar dicha insignificancia.

El factor **edad del agricultor** no mostró diferencia significativa en ambas opciones. Ello indica que no se puede concluir que dicha variable en general y por si misma, tenga un efecto sobre los niveles de adopción de las tecnologías MIP bajo las condiciones de este trabajo. Un aspecto relacionado, los **años de experiencia** cultivando tomate, tampoco tuvo efecto estadísticamente demostrable sobre los niveles de adopción, aunque en el caso de la opción A se podría rechazar la hipótesis nula de «no influencia» si se acepta una probabilidad de equivocación del 13%.

Estos resultados son interesantes, porque frecuentemente se ha considerado que los agricultores mas viejos y/o que llevan más tiempo sembrando un cultivo determinado, presentan más «resistencia al cambio» y no les interesa mucho probar y adoptar innovaciones tecnológicas.

La variable **acceso a crédito** fue altamente significativa (al 98%) sobre los niveles de adopción de ambas opciones tecnológicas. Su influencia fue positiva, es decir que los agricultores con acceso a crédito tienen una mayor tendencia a adoptar innovaciones tecnológicas, probablemente porque no enfrentan limitaciones tan severas de capital (específico para la producción), y pueden «arriesgar» recursos que no son necesariamente «familiares» ni estrictamente propios.

Al comparar esta observación con el impacto aparentemente negativo del factor **recursos económicos** familiares (i.e. propios) este solo puede considerarse como probable (P=0,12 en ambos casos). Sin embargo, la falta de influencia o incluso la posibilidad de que ésta sea negativa, contrasta con la noción común de que los agricultores que cuentan con recursos económicos reducidos estarán menos anuentes a invertir y/o arriesgarse a adoptar innovaciones tecnológicas.

No se demostró, ni se estableció alguna posibilidad de que el factor **tenencia de la tierra** tuviese algún efecto sobre los niveles de adopción. Esto podría deberse a que en estos dos casos, el mayor incentivo que tenían los agricultores para probar las nuevas prácticas, era el de mejorar sus ingresos económicos a corto plazo. Se esperaría que el aspecto de tenencia

de tierra mostrara mayor impacto cuando las ventajas «percibidas» de las tecnologías promovidas se relacionaran con la productividad y rentabilidad del uso de la tierra a mediano o largo plazo.

Los últimos dos factores analizados, **tipo de explotación** (familiar o comercial) y **área de tomate sembrada** afectaron únicamente el nivel de adopción en el caso de la opción A (a niveles estadísticos de significación del 98% y 90%, respectivamente). En ambos casos es posible que ésto se deba a los requerimientos tan altos de mano de obra asociado con la implementación de algunas de las prácticas que conforman dicha opción.

Un empresa organizada comercialmente (tenía acceso y utilizaba mano de obra adicional a la familiar) mostró mayor tendencia estadística hacia la adopción; mientras que dicha adopción posiblemente fue limitada en siembras de mayor tamaño, por la necesidad de utilizar grandes cantidades de mano de obra para llevar a cabo dichas prácticas.

Finalmente, es interesante mencionar el alto nivel de significancia estadística correspondiente al parámetro que mide la covarianza entre las dos variables dependientes y la magnitud estimada de la misma. Ello justifica plenamente la decisión de utilizar un modelo de Poisson con ecuaciones múltiples.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos se derivaron varias conclusiones sobre el proceso de adopción de las dos tecnologías, que tienen utilidad potencial para el diseño de políticas y programas de investigación y transferencia de tecnologías de MIP.

Las tecnologías evaluadas presentaron un nivel que varió desde «media adopción» (promedio de alrededor de 50%) en el caso de la opción A, hasta «media-baja adopción» (promedio de menos de 40%) en el caso de la opción B. Esto significa que los agricultores individuales aceptaron, en promedio, de dos a tres de las cinco prácticas recomendadas dentro de cada opción. Solo 12 (28%) agricultores no adoptaron ninguna práctica en el caso de la primera, y 14 (33%) en la segunda.

La condición de que un agricultor pertenezca a una organización comunitaria muestra ser por sí mismo un elemento determinante en la adopción de tecnologías de MIP, al menos cuando las condiciones culturales y socioeconómicas son similares a las encontradas en las comunidades donde se realizó este trabajo.

Debido al costo relativamente más elevado de preparar materiales educativos y de hacer parcelas demostrativas y organizar días de campo para complementar las charlas ($16,96 *vs.* $48,96 *vs.* $66,92 por agricultor), y el no detectar estadísticamente mayor efecto sobre los niveles de adopción como resultado de la utilización de estas herramientas adicionales de transferencia no se puede concluir que en esta situación particular se justifica su utilización. Es importante enfatizar que no se demuestra para esta situación específica, y en general, que el uso de materiales escritos complementarios, parcelas demostrativas y días de campo no son herramientas útiles para la transferencia de tecnologías MIP. Posiblemente, debido a las particularidades estadísticas de la muestra analizada en este estudio, no fue posible identificar su impacto.

Con respecto al nivel educativo del agricultor, dentro del ámbito observado en este trabajo y para el tipo de tecnologías que se estaban tratando de transferir relativamente sofisticadas, no se detectó un efecto estadístico probable sobre las tasas de adopción.

El hecho de que el agricultor hubiera adoptado alguna nueva práctica o innovación agrícola en el pasado mostró tener un efecto sobre los niveles de adopción, lo que permite derivar dos conclusiones. Si hay recursos muy limitados para la transferencia de nuevas tecnologías, o se está trabajando en un proyecto muy específico y con alcance a corto plazo, podría ser más útil enfocar los esfuerzos en los «adoptadores tradicionales». Por otra parte, vale la pena invertir recursos «excepcionales» en tratar de lograr que un agricultor adopte una innovación por primera vez, ya que esto parece abrir las puertas para introducir más fácilmente otras mejoras en el futuro.

Los resultados de este trabajo no apoyan la hipótesis comúnmente planteada de que los agricultores más viejos y/o que llevan una mayor cantidad de tiempo sembrando un cultivo determinado, presentan mayor «resistencia al cambio» y no les interesa mucho el probar y adoptar innovaciones tecnológicas. Dichos

factores no resultaron ser limitantes para la adopción de tecnologías MIP en este caso.

El factor acceso a crédito sí mostró un efecto estadístico altamente significativo y favorable sobre los niveles de adopción de ambas opciones tecnológicas, siendo este uno de los resultados más consistentes y confiables del presente estudio. En contraste, la variable recursos económicos familiares (e.j. propios), no pareció tener impacto alguno. Se concluye entonces que la disponibilidad de capital «prestado» que debe de destinarse a la producción del cultivo (e.j. no existe la posibilidad de un uso alternativo para mantener o mejorar los estándares de vida de la familia) fue más importante para fomentar la adopción de nuevas tecnologías en este caso. Entonces, este constituye un aspecto clave a considerar en el diseño de cualquier programa de extensión.

El método de análisis estadístico utilizado, puede recomendarse para su aplicación en el análisis de procesos de adopción similares al presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

A Overseas Development Administration (O.D.A.), por el financiamiento de los estudios de posgrado del primer autor. Al Programa de Proyección Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (M.A.G.) en Costa Rica, especialmente al Ing. Omar Amén, por su aporte en la fase de campo. Al Ing. Nelson Kopper (M.A.G. Grecia) por el apoyo logístico, así como también a Ana Azucena Rodríguez (Promotora Social), Ing. Ileana Ramírez y Rolando Barrantes (Asistente Técnico), por sus orientaciones. A los agricultores de Grecia y Valverde Vega, ejemplo de esfuerzo y trabajo.

LITERATURA CITADA

CALVO, G.; FRENCH, J.; SIMAN, J.; KOPPER, N. 1992. Un esquema comprensivo y funcional para el Manejo Integrado de Plagas del tomate en Costa Rica. *In* Lecturas sobre manejo integrado de plagas. L. Hilje (Comp.). Turrialba, C.R., CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 237. p. 58-73.

CATIE. 1991. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico No. 151.

CIMMYT. 1993. La adopción de tecnologías agrícolas: guía para el diseño de encuestas. México, 88 p.

CUBILLO, D.; CHACON, A.; HILJE, L. 1994. Producción de plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 34:23-27.

ELBERG, P. M. 1992. Extensión agrícola: bases conceptuales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 117 p.

FARRINGTON, J. 1994. Public sector agricultural extensión: is there life after structural adjustment?. Overseas Development Institute (ODI), London. 2: 4 p.

FRENCH, J.B.; CALVO, G.; RAMIREZ, O. 1994. Datos e información socioeconómica en programas de Manejo Integrado de Plagas. *In* Lecturas sobre ma°nejo integrado de plagas Colección Temas de Fitoprotección para Extensionistas. L Hilje (Comp.). CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 237 p. 24-42.

HRUSKA, A. J. 1994a. Transferencia de Tecnología y Mosca Blanca en América Central. *In* Memorias III Taller Centroamericano y del Caribe sobre Mosca Blanca. M. De Mata, D. Dardon, V. Salguero (Eds.). Antigua, Guatemala. p 257-265.

HRUSKA, A. J. 1994b. Nuevos temas en la transferencia de tecnologías de Manejo Integrado de Plagas para productores de bajos recursos. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 32:36-43.

INSTITUTO DE FOMENTO Y ASESORIA MUNICIPAL (IFAM). 1987 Atlas cantonal de Costa Rica. E. Chinchilla V. (Ed.). San José Costa Rica. 396 p.

KAIMOWITZ, D.; VARTANIAN, D. 1990. Nuevas Estrategias en la Transferencia de Tecnología para el Istmo Centroamericano San José, Costa Rica, IICA. Serie documentos de programas no. 20. 52 p.

KING, G. 1989. Event count and duration regression, USA Harvard University.

PAREJA, M. R. 1994. Hacia una nueva etapa en el MIP: la difusión. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 33:33-38.

QUIROS, C. A., RAMIREZ, O.A., HILJE, L. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en tomate. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 34:1-7.

RADULOVICH, R.; KARREMANS, J. 1992. Validación de tecnologías: puente entre generación y transferencia Turrialba (C.R.) 42(1):63-72.

RICE, E. B. 1971. Extension in the Andes: An evaluation of official U.S. assistance to agricultural extension services in Central and South America. EE.UU., Agency for International Development. AID Evaluation P.No. 3A. 552 p. Citado por: D. Kaimowitz y D. Vartanián. Estrategias en la Transferencia de Tecnología Agropecuaria para el Istmo Centroamericano. IICA. Serie documentos de programas No. 20. San José Costa Rica. p. 15.

RODRIGUEZ, G.; PANIAGUA, J. 1994. Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruíz. 1 ed. Fundación Güilombé. Costa Rica. 1(2):76.

SIMAN-ZABLAH, J. 1989. Derived demand for pesticides: tomato production in Alajuela, Costa Rica. Tesis MSc. North Carolina State University. USA. 125 p.

TOSI, J. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L. R. Holdridge. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical.

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 31-39, 1997.

SUPRESION DE ENFERMEDADES MEDIANTE EL USO DE COMPOST*

H. A. J. Hoitink**
A. G. Stone**
D. Y. Han**

RESUMEN

Los abonos orgánicos ofrecen oportunidades únicas para analizar las interacciones fundamentales entre los fitopatógenos, los agentes de control biológico, la materia orgánica del suelo y las raíces de las plantas. Estas enmiendas orgánicas tienen el potencial para controlar biológicamente muchas enfermedades de las plantas. Tanto los patógenos foliares y vasculares como los de las raíces, pueden ser afectados por los compost. Muchos factores influyen sobre estos efectos benéficos. Por ejemplo, la composición de la materia prima empleada para preparar el compost, afecta su potencial para el control biológico así como a la microflora activa en ese control. El calor generado durante la preparación del compost puede matar o inactivar a los patógenos, cuando este proceso es supervisado en forma adecuada. Desafortunadamente, también los agentes de control biológico, con excepción de *Bacillus* spp. son eliminados durante el proceso. Debido a ésto, la microflora benéfica debe volver a recolonizar los compost después de alcanzar el punto máximo de calor. Las condiciones prevalecientes en el ambiente durante el proceso de curación y utilización, también afectan el potencial que tienen los agentes de control biológico para recolonizar los composts así como el potencial para inducir la supresión de enfermedades. En la práctica, la inoculación controlada del compost con agentes de control biológico ha demostrado su eficacia para inducir niveles consistentes de supresión de enfermedades. La estabilidad de los composts debe considerarse en el control biológico. Los composts inmaduros constituyen un alimento para los patógenos, cuyas poblaciones aumentan en la materia orgánica fresca y causan enfermedades, aún cuando estén colonizados por agentes de control biológico. Los agentes de control biológico inhiben o matan a los pátogenos en composts maduros y, por tanto, inducen la eliminación de enfermedades. Los agentes de control biológico presentes en los composts pueden inducir la resistencia sistémica adquirida contra los patógenos foliares de las plantas. Finalmente, la materia orgánica excesivamente estabilizada, no favorece la actividad que realizan los agentes de control biológico. En este tipo de material predominan los microorganismos incapaces de suministrar control biológico. Las enfermedades se desarrollan en plantas cultivadas con materia orgánica altamente mineralizada. Las propiedades físico-químicas de los composts afectan el control biológico. La salinidad y la tasa de liberación de nutrientes de las plantas, en particular, la cantidad de nitrógeno, afectan el potencial supresivo. El pH del compost y el tiempo de aplicación, con relación a la siembra de los cultivos, son factores adicionales que requieren consideración.

Palabras claves: Compost, Control biológico, Enfermedades de las plantas.

SUPPRESSION OF PLANT DISEASES BY COMPOSTS

ABSTRACT

Composts offer unique opportunities to examine fundamental interactions between plant pathogens, biocontrol agents, soil organic matter, and plant roots. These organic amendments have the potential to provide consistent biological control of many plant diseases. Foliar, vascular as well as root pathogens may be affected by composts. Many factors influence these beneficial effects. For example, the composition of the feedstock used in the preparation of composts affects the potential for biological control as well as the microflora active in control. Heat generated during composting kills or inactivates pathogens if the process is monitored properly. Unfortunately, biocontrol agents with the exception of *Bacillus* spp. are also killed. Therefore this beneficial microflora must largely recolonize composts after peak heating. The composting environment and conditions during curing and utilization also affect the potential for recolonization of composts by biocontrol agents and the induction of disease suppression. In practice, controlled inoculation of compost with biocontrol agents has proved necessary to induce consistent levels of disease suppression. Stability of composts must be considered in biological control. Immature composts serve as food for pathogens. Their populations increase in fresh organic matter and cause disease even if colonized by biocontrol agents. On the other hand, biocontrol agents inhibit or kill pathogens in mature composts and thereby induce disease suppression. Biocontrol agents in composts may induce systemic acquired resistance to foliar plant pathogens. Finally, excessively stabilized organic matter does not support the activity of biocontrol agents. Microorganisms incapable of providing biological control predominate here. Disease develops on plants produced in such highly mineralized organic matter. Physical and chemical properties of composts affect biological control. Salinity and the rate of release of plant nutrients, particularly the amount of nitrogen released, affect suppressiveness. Compost pH and timing of compost application relative to planting of crops are other factors to be considered. In summary, the field is very complex.

Key words: Compost, Plant-disease, Biological-control.

Recibido: 23/01/97. Aprobado: 21/03/97.

*El autor aprobó también la publicación de este artículo en la Revista Agronomía Costarricense.

**Professor and Graduate Research Associates, Department of Plant Pathology, Ohio Agricultural Research and Development Center, The Ohio State University, Wooster, OH 44691; USA.

INTRODUCCION

Durante la década de los 60, los propietarios de viveros en los Estados Unidos, exploraron la posibilidad de utilizar el compost elaborado de la corteza de árboles, como sustituto de la turba, para reducir de esta manera, los costos de la mezcla utilizada en las macetas. Al poco tiempo de emplearlos, se observó un mejor crecimiento de las plantas y disminución en las pérdidas por pudrición de las raíces producida por *Phytophthora*. Estos beneficios se consideraron como ganancias asociadas al uso de los compost en la industria de los viveros. Actualmente, se reconoce que el control de la pudrición de las raíces mediante la aplicación de compost, puede ser tan efectivo como el que se obtiene por el empleo de fungicidas (Hardy y Sivasithamparam 1991; Hoitink *et al.* 1991; Ownley y Benson 1991); y han reemplazado al bromuro de metilo en esta industria (Quarles y Grossman 1995). Se han obtenido resultados similares al aplicar los compost en el campo (Hoitink y Fahy 1986; Lumsden *et al.* 1983, Schüler *et al.* 1993). Por esta razón, la industria de plantas ornamentales utiliza compost como apoyo al control de enfermedades producidas por patógenos del suelo.

La calidad del compost debe ser consistente para que su empleo resulte exitoso en el control biológico de las enfermedades de cultivos hortícolas, especialmente, si se emplean en recipientes con medios de cultivo (Inbar *et al.* 1993). La variabilidad en la estabilidad de los compost es uno de los principales factores que limitan su utilización; la tasa de respiración es uno de los procedimientos que se pueden emplear para verificar la estabilidad (Iannotti *et al.* 1994). El nivel de madurez del compost no es tan importante para los cultivos en eras o en el campo, siempre y cuando el compost se aplique con suficiente anticipación a la siembra, para permitir la estabilización adicional; sin embargo, la falta de madurez también ocasiona problemas.

Con frecuencia, la relación entre el efecto de las propiedades químicas de los compost y la severidad de las enfermedades del suelo son desestimados (Hoitink *et al.* 1991). Los compost altamente salinos, incrementan las enfermedades producidas por los patógenos *Pythium* y *Phytophthora*, a no ser que éstos sean aplicados con suficientes meses de anticipación a la siembra, para permitir el proceso de lixiviación. Los composts preparados con aguas negras presentan una baja relación carbono-nitrógeno. Estos liberan cantidades considerables de nitrógeno e incrementan el marchitamiento por *Fusarium* (Hoitink *et al.* 1987). Por el contrario, los compost preparados con materiales que poseen altos contenidos de carbono/nitrógeno (por ejemplo cortezas de árboles), inmobilizan al nitrógeno y suprimen las enfermedades producidas por *Fusarium*, siempre que éstos sean colonizados por la microflora apropiada (Trillas-Gay *et al.* 1986). Una nutrición alta en amonio y baja en nitrato incrementa el marchitamiento por *Fusarium* (Schneider 1985). Por esta razón, es probable que los composts elaborados con lodo, bajos en carbono-nitrógeno, que liberan especialmente amonio y nitrógeno, incrementen las enfermedades producidas por *Fusarium*.

FUNCION DE LOS AGENTES DE CONTROL BIOLOGICO DURANTE EL PROCESO DE PREPARACION DE COMPOST

El proceso de preparación de compost se divide generalmente en tres etapas. La etapa inicial ocurre durante las primeras 24-48 horas, a medida que la temperatura sube hasta alcanzar 40-50°C, destruyendo los azúcares y otras sustancias de fácil biodegradación. Durante la segunda etapa, prevalecen las temperaturas altas (entre 55-70°C), que destruyen sustancias celulósicas que son menos biodegradables. En esta parte del proceso predominan los organismos termofílicos. Los fitoparásitos y las semillas son eliminados por el calor generado durante esta etapa (Bollen 1993; Farrell 1993). El compost debe revolverse con frecuencia para exponer todo el material a las altas temperaturas y así obtener un producto homogéneo, libre de patógenos y de semillas de malas hierbas. Desafortunadamente, algunos microorganismos benéficos también son eliminados durante esta fase del proceso, debido a las altas temperaturas.

La curación se inicia a medida que baja la concentración de los componentes de fácil degradación biológica que se encuentran en los desechos. Como resultado, disminuyen las tasas de descomposición, la generación de calor y la temperatura. En esta etapa del proceso, los microorganismos mesofílicos que se desarrollan a temperaturas inferiores a 40°C, recolonizan la capa exterior del cúmulo de compost cuya

temperatura bajó. Por tanto, la supresión de patógenos y/o enfermedades es inducida durante el proceso de curación, pues la mayoría de agentes de control biológico recolonizan el compost, después de llegar al punto máximo de calor.

Algunos de los patógenos identificados como agentes de control biológico, y que se encuentran en los sustratos con enmiendas de compost son: *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium balustinum, Pseudomonas* spp, otros géneros de bacterias y *Streptomyces* spp., así como *Penicillium* spp., varias especies de *Trichoderma, Gliocladium virens* y otros hongos (Chung y Hoitink 1990; Hadar y Gorodecki,1991; Hardy y Sivasithamparam 1991; Hoitink y Fahy 1986; Nelson *et al.* 1983; Phae *et al.* 1990).

El contenido de humedad del compost afecta significativamente el potencial de los mesófilos bacteriales para colonizar el sustrato después de alcanzar el punto máximo de calor. Los composts secos (< de 34% de humedad, p/p) son colonizados por hongos y son conductores de enfermedades producidas por *Pythium*. Para inducir la supresión, el contenido de humedad debe ser suficientemente alto (al menos 40-50%, p/p), para que bacterias y hongos colonicen el sustrato, después de alcanzar el punto máximo de calor. Es necesario agregar agua a los compost durante el período de elaboración y curación para evitar que se sequen. El pH del compost también afecta el potencial de las bacterias benéficas para colonizarlos. Un pH menor de 5,0 inhibe los agentes bacteriales de control biológico (Hoitink *et al.* 1991).

La variabilidad en la capacidad de supresión de las enfermedades causadas por *Rhizoctonia* y *Fusarium*, detectada en los sustratos mejorados con compost maduros, se debe, parcialmente, a la recolonización del compost por agentes de control biológico eficaces, después de alcanzar el punto máximo de calor. El compost elaborado en el campo ofrece mejor control de las enfermedades producidas por *Rhizoctonia*, que los compost producidos en lugares parcialmente cerrados, donde son pocas la especies microbianas que sobreviven al tratamiento con calor (Kuter *et al.* 1983); por ejemplo, el compost elaborado en un lugar abierto, cerca de un bosque, en un ambiente que ofrezca alta diversidad de especies microbianas, es colonizado por gran variedad de agentes de control biológico, comparado al mismo material elaborado en un sistema cerrado (Kuter *et al.* 1983). Sin embargo, es frecuente encontrar *Rhizoctonia* y otras enfermedades, durante algún tiempo después de la primera aplicación de compost (Kuter *et al.* 1988; Lumsden *et al.* 1983). Este problema se puede resolver mediante el empleo de tres estrategias: a. Curar los compost durante cuatro meses o más, para obtener como resultado un compost con una función supresiva más consistente (Kuter *et al.* 1988). b. Incorporar el compost al suelo en el campo, varios meses antes de la siembra (Lumsden *et al.* 1983). c. Inocular los compost con agentes de control biológico específicos (Kwok *et al.* 1987).

Se ha determinado que una cepa específica de *Flavobacterium balustinum* así como un aislamiento de *Trichoderma hamatum* inducen niveles consistentes de supresión a enfermedades causadas por un amplio ámbito de fitopatógenos, pero el compost debe ser inoculado después de alcanzar el punto máximo de calor, y antes de que ocurran niveles significativos de recolonización. La Universidad de Ohio posee patentes para realizar este proceso (Hoitink 1990). En Japón, Phae *et al.* (1990), aislaron una cepa de *Bacillus* que induce un control biológico predecible en los composts. Por décadas, se ha considerado que las cepas individuales no son tan efectivas para el control biológicos en el campo, como las mezclas de microorganismos (Garrett 1955). Lo anterior también se aplica para los medios producidos en recipientes (Kwok *et al.* 1987).

MECANISMOS DE SUPRESION EN LOS COMPOST

Se han descrito dos clases de mecanismos para el control biológico, el general y el específico. Estos han sido usados para sustratos tratados con enmiendas de compost. Los mecanismos involucrados se basan en la competencia, la antibiosis, el hiperparasitismo y la inducción de resistencia sistémica adquirida en la planta huésped. Los propágulos de fitopatógenos tales como *Pythium* y *Phytophthora* spp. son suprimidos mediante el fenómeno de «supresión general» (Boehm *et al.* 1993; Chen *et al.* 1988a; Chen *et al.* 1988b; Cook and Baker 1983; Hardy y Sivasithamparam 1991; Madelbaum y Hadar 1990). Muchos tipos de microorganismos presentes en recipientes con

medios de cultivo que contienen enmiendas de compost, funcionan como agentes de control biológico contra enfermedades producidas por *Phytophthora* y *Pythium* spp. (Boehm *et al.* 1993; Hardy y Sivasithamparam 1991). Si los propágulos de estos patógenos son introducidos involuntariamente en los sustratos con enmiendas de compost, éstos no germinan como respuesta a los nutrimentos liberados en forma de exudados de semillas o raíces. La alta actividad microbiana y la biomasa producida por la «microflora general del suelo», en éstos sustratos, previene la germinación de las esporas de los patógenos y por consiguiente la infección del huésped (Chen *et al.* 1988a; Mandelbaum y Hadar 1990). Los propágulos de estos patógenos permanecen latentes y, por lo general, no mueren si se introducen a suelos con enmiendas de compost (Chen *et al.* 1988a; Mandelbaum y Hadar 1990). Un experimento efectuado con enzimas, mediante el cual se determina la actividad microbiana basada en la tasa de hidrólisis de diacetato de fluoresceína (DAF), predijo el potencial supresivo que tienen las mezclas para macetas contra las enfermedades ocasionadas por *Pythium* (Boehm y Hoitink 1992; Chen *et al.* 1988a; Mandelbaum y Hadar 1990; You y Sivasithamparam 1994). Se ha desarrollado información similar para suelos en «fincas orgánicas» donde las enfermedades originadas en el suelo son menos predominantes (Workneh *et al.* 1993). La duración del efecto supresivo también se puede determinar mediante la actividad DAF (Boehm y Hoitink 1992). Este efecto es conocido como la «capacidad de carga» del sustrato con relación al control biológico.

El mecanismo de control biológico para *Rhizoctonia solani* en sustratos con enmiendas de compost es diferente al de *Pythium* y *Phytophthora* spp., porque pocos microorganismos son capaces de erradicar a *R. solani*. Este tipo de supresión se conoce como «supresión específica» (Hoitink *et al.* 1991). *Trichoderma* spp, incluyendo *T. hamatum* y *T. harzianum*, son los hiperparásitos predominantes recuperados de compost elaborados con desechos lignocelulósicos (Kuter *et al.* 1983; Nelson *et al.* 1983). Los hiperparásitos son microorganismos capaces de colonizar fitopatógenos los cuales sufren lisis o mueren. Estos hongos interactúan con varias cepas bacterianas para el control biológico de la podredumbre de las plántulas, producida por *Rhizoctonia* (Kwok *et al.* 1987). Es interesante que los *Penicillium* spp son los hiperparásitos predominantes recuperados de esclerotes provenientes de *Sclerotium rolfsii*, en compost elaborados con pomos de uvas, el cual es un residuo con alto contenido de azúcar y bajo en celulosa (Hadar y Gorodecki 1991). No se recuperó *Trichoderma* spp. de este compost, ni éstos fueron efectivos después de introducirlos al mismo. Como se esperaba, la composición de la materia prima parece tener impacto en la microflora de compost activos para el control biológico.

DISPONIBILIDAD DE ENERGIA BIOLOGICA VERSUS SUPRESION

El nivel de descomposición de la materia orgánica, en los sustratos con enmiendas de compost, tiene un impacto importante en la supresión de enfermedades. Por ejemplo, *R. solani* es altamente competitivo, como cualquier saprófito (Garrett 1962), siendo capaz de utilizar la celulosa y colonizar desechos frescos, pero no así compost maduros bajos en celulosa (Chung *et al.* 1988). *Trichoderma* spp., es un efectivo agente biocontrolador de *R. solani*, que puede colonizar compost frescos y maduros, pero crece mejor en compost frescos (Chung *et al.* 1988; Nelson *et al.* 1983). En materia orgánica fresca no descompuesta no ocurre control biológico debido a que tanto el patógeno como el agente controlador se desarrollan como saprófitos. Por esta razón, *R. solani* aún es capaz de producir la enfermedad. Se presume que la síntesis de enzimas líticas involucradas en el hiperparasitismo de los patógenos, efectuado por *Trichoderma* es reprimido en la materia orgánica fresca, por las altas concentraciones de glucosa presentes en estos desechos (De la Cruz *et al.* 1993). Los mismos procesos pueden ocurrir en la producción de antibióticos, los cuales también desempeñan un papel importante en el control biológico.

En compost maduros, donde existen bajas concentraciones de nutrimentos libres (Chen *et al.* 1988a), los esclerotes de *R. solani* son eliminados por los hiperparásitos, prevaleciendo de esta manera el control biológico (Nelson *et al.* 1983). Esto revela que los compost deben ser estabilizados adecuadamente, para lograr el nivel de descomposición, necesario para que el control biológico sea factible. En la práctica,

esto ocurre en compost (corteza de árbol, desechos de huertas, etc.) que han sido estabilizados lo suficiente para evitar la fitotoxicidad y colonizados por microflora específica y apropiada. Aún no se han publicado guías prácticas que definan esta etapa crítica de descomposición en términos de control biológico. En las industrias, lo que se hace para controlar el nivel de descomposición, es mantener condiciones constantes durante todo el proceso y ajustarse al tiempo establecido. El compost de corteza de pino, elaborado mediante este proceso, ha sido utilizado con gran éxito en la floricultura, lo cual indica que esta estrategia es bastante aceptable para el control de calidad (Hoitink *et al.* 1991).

La materia orgánica excesivamente estabilizada (el extremo opuesto en la escala de la descomposición) no favorece la actividad adecuada de los agentes de control biológico. Como resultado, no hay supresión y las enfermedades del suelo son severas; lo mismo ocurre en suelos altamente mineralizados, donde las sustancias húmicas son las formas predominantes de materia orgánica (Workneh *et al.* 1993). Todavía no se ha determinado la cantidad de tiempo que los compost incorporados al suelo toleran niveles adecuados de actividad biocontroladora. Se presume que ésta varía de acuerdo con la temperatura y las características del suelo, y con el tipo de materia orgánica con la cual se elaboró el compost. La tasa de carga y las prácticas culturales también desempeñan una función en este proceso.

Se ha estudiado la «capacidad de carga» de la materia orgánica en las mezclas para macetas preparadas con turba de *Sphagnum* como una solución parcial a este problema (Boehm y Hoitink 1992; Boehm *et al.* 1993). Generalmente, la turba de *Sphagnum* compite con el compost como fuente de materia orgánica, para su empleo en la horticultura. Tanto la microflora, como la materia orgánica presente en la turba, pueden afectar el potencial de supresión de las enfermedades del suelo. En este estudio se realizó una breve revisión de la literatura disponible sobre este aspecto.

La turba de *Sphagnum* oscura y más descompuesta, que se encuentra en la mayoría de turberas a una profundidad de 1,21 m o más, tiene poca actividad microbiana y propicia en forma consistente la pudrición de las raíces producida por *Pythium* y por *Phytophthora* (Hoitink *et al.* 1991; Boehm y Hoitink 1992). Por el contrario, las fuentes más claras y menos descompuestas de turba de *Sphagnum*, que se encuentran en las partes cercanas a la superficie de las turberas, presentan mayor actividad microbiana (actividad DAF) y suprimen la pudrición de la raíz. Desafortunadamente, el efecto supresivo de la turba clara sobre la pudrición de la raíz producida por *Pythium* es de corta duración (Boehm y Hoitink 1992; Tahvonen 1982; Wolffhechel 1988). Las turbas claras son usadas con mayor eficacia en ciclos cortos de producción (6-10 semanas), como es el caso de las mezclas empleadas en la industria de producción de ornamentales. Los compost poseen efectos más duraderos (Boehm y Hoitink 1992; Boehm *et al.* 1993; You y Sivasithamparam 1994).

La tasa de hidrólisis de DAF predice el potencial supresivo de las mezclas de turba y de los sustratos con enmiendas de compost contra la pudrición de la raíz producida por *Pythium* (Boehm y Hoitink 1992). A medida que la actividad DAF declina en los sustratos con poder de supresión hasta llegar a menos de 3,2 = B5g de DAF hidrolizada min-1 g-1 de mezcla de peso seco, aumenta la población de *Pythium ultimum*, se produce la infección y se desarrolla la pudrición de la raíz. Durante este colapso de la supresión, la composición de las especies bacterianas también cambia (Boehm *et al.* 1993). La microflora típica de suelos con poder de supresión, la cual incluye *Pseudomonas* spp. y otras bacterias Gram negativas en forma de bastón que actúan como los colonizadores predominantes de la rizosfera, son reemplazados por bacterias pleomórficas Gram-positivas (ej. Artrobacter) y por oligótrofos putativos (Wu *et al.* 1993). La microflora del sustrato conductor se asemeja a la de los nichos altamente mineralizados de los suelos (Kanazawa y Filip 1986).

Un análisis no destructivo de la materia orgánica del suelo, empleando la espectroscopía Infrarroja de Transformación Fourier (FT-IR) y la Polarización Cruzada de Angulo Mágico de Rotación - Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear de Carbono 13 (CPMAS- 13 C NMR), permiten la caracterización de los componentes biodegradables de las fracciones orgánicas del suelo (Inbar *et al.* 1989; Chen e Inbar 1993). La CPMAS - 13 CNMR permite realizar un análisis cuantitativo de la materia orgánica del suelo para determinar las concentraciones de sustancias de fácil biodegradación, tales

como los «carbohidratos» (hemicelulosas, celulosas, etc.) versus las sustancias húmicas y las ligninas (Chen e Inbar 1993). En un informe preliminar, Wu *et al.* (1993) señalaron que los «carbohidratos» declinan a medida que se pierde la capacidad de supresión. Durante el mismo período de tiempo, los géneros de bacterias capaces de ejercer control biológico son reemplazados por otros que no pueden suministrar este tipo de control. Los agentes de control biológico inoculados en los sustratos más descompuestos, no pueden inducir ni mantener el control biológico contra la pudrición de la raíz producida por *Pythium*. Este mismo fenómeno se ha observado en el campo para la pudrición de la raíz producida por *Phytophthora* (You y Sivasithamparan 1994). Por tanto, el biocontrol de estas enfermedades es determinado por la «capacidad de carga» del sustrato, el cual regula la composición y la actividad de las especies y, en respuesta, el potencial para mantener el control biológico.

CONTROL DE ENFERMEDADES FOLIARES MEDIANTE EL EMPLEO DEL COMPOST

Durante la década pasada, se publicaron trabajos sobre el control de enfermedades que atacan la parte aérea de la planta, mediante extractos de agua, conocidos como «steepages», los cuales son preparados con compost (Weltzhien 1992; Yohalem *et al.* 1994). Por lo general, los «steepages» se preparan remojando en agua, compost maduros (cultivo estable; 1:1, p/p) por un período de 7-10 días. Posteriormente, se filtra el «steepage» y con el producto resultante se fumigan las plantas. Desafortunadamente, su eficacia varía de acuerdo con el compost, con las cantidades producidas de «steepage», con los cultivos y con la enfermedad. Sackenheim (1993), ha informado que mediante el empleo del procedimiento de «conteo de plato», se ha encontrado que en los «steepages» predominan los microorganismos aeróbicos. Su microflora incluye cepas de bacterias y aislamientos de hongos que tienen un potencial reconocido como agentes de control biológico. Este mismo autor, desarrolló varias estrategias de fertilización que incluyen nutrimentos así como microorganismos para mejorar la eficacia de los «steepages».

El control inducido por los compo «steepages», también ha sido atribuido a resistencia sistémica adquirida (RSA), la cual e inducida a las plantas por microbios que se encuentran en los extractos (Weltzhien 1992). Si embargo, una investigación reciente de Sackenheim (1993) realizada en uvas, no apoyo esta suposición. La condición de la materic orgánica del suelo y la microflora asociada a suelo donde se cultivan las plantas tratadas, son factores que no han sido evaluado, pero que podría tener una función en la eficacia de los «steepage». Los suelos que suprimen en forma natural a los fitopatógenos (ej. suelos con enmiendas de compost) hospedan poblaciones activas de agentes de control biológico (Boehm *et al.* 1993). Varias de estas rizobacterias y hongos pueden inducir protección contra patógenos foliares que atacan las hojas de las plantas (Maurhofer *et al.* 1994; Wei *et al.* 1991). Zhang e *al.* (1994) también informaron sobre la mismo patogenicidad - activación de proteínas en las raíces y en brotes de plantas de pepino producidas con compost. Investigaciones futuras podrían revelar que los compost afectan la resistencia de las raíces y del follaje contra las enfermedades. En la actualidad, el control de las enfermedades foliares mediante el empleo de composts y «steepages» es muy variable.

SUPRESION DE ENFERMEDADES - PERSPECTIVAS FUTURAS

El éxito del control biológico de enfermedades mediante el empleo de composts, es posible solo si se definen y mantienen, en forma constante, todos los factores involucrados en la producción y utilización de los compost. La mayoría de los compost difieren en la calidad. Por esta razón, el compost elaborado con corteza de pino es el más utilizado para la preparación de mezclas para macetas o para suelos que suprimen en forma natural a los fitopatógenos. Los compost elaborados con estiércol, desechos de huertas y de alimentos están incrementando su popularidad y ofrecen el mismo potencial (Gorodecki y Hadar 1990; Grevus *et al.* 1994; Inbar *et al.* 1993; Marugg *et al.* 1993; Schüler *et al.* 1993).

La inoculación controlada de los compost, utilizando agentes de control biológico, es un procedimiento que se debe desarrollar a escala

comercial, con el objetivo de inducir niveles consistentes de supresión de patógenos tales como *R. solani* (Hoitink *et al.* 1991; Pahe *et al.* 1990; Grebus *et al.* 1993). Recientemente, se propuso utilizar la corteza de árboles como nutrimento base para el cultivo de agentes de control biológico y como transportadores de estos agentes para su empleo en aplicaciones agrícolas (Steinmetz y Schönbeck 1994). Sin embargo, este nuevo campo de la biotecnología todavía se encuentra en su fase inicial. Se requieren mayores esfuerzos de desarrollo e investigación dirigidos hacia esta área del control de enfermedades. El compost ha sido escogido como la alternativa preferida para reciclar desechos, ésto también se aplica para el estiércol en las fincas. Por esta razón, es posible adquirir compost en grandes cantidades. La turba, por otro lado, es un recurso limitado que no se puede reciclar. Las oportunidades futuras para la supresión tanto natural como inducida y controlada de los fitopatógenos del suelo son prometedoras.

AGRADECIMIENTOS

Por los recursos para pago de salarios y el apoyo a la investigación suministrados por el Estado, mediante fondos federales proporcionados al Centro de Desarrollo e Investigación Agrícola de Ohio, Universidad del Estado de Ohio y por la Donación No. US2196-22 del BARD (Fondo para el Desarrollo y la Investigación Binacional Estados Unidos-Israel).

LITERATURA CITADA

BOEHM, M.J.; HOITINK, H.A.J. 1992. Sustenance of microbial activity and severity of *Pythium* root rot of poinsettia. Phytopathology 82:259-264.

BOEHM, M.J.; MADDEN, L.V.; HOITINK, H.A.J. 1993. Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to *Pythium* damping-off severity. Applied Environ. Microbiol. 59:4171-4179.

BOLLEN, G.J. 1993. Factors involved in inactivation of plant pathogens during composting of crop residues. *In* Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. H. A. J. Hoitink and H. M. Keener, eds. Renaissance Publications, Worthington, OH. p. 301-318.

CHEN, W., HOITINK, H.A.J.; SCHMITTHENNER, A.F.; TUOVINEN, O.H. 1988a. The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. Phytopathology 78:314-322.

CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. 1988b. Microbial activity and biomass in container media predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. Phytopathology 78:1447-1450.

CHEN, Y.; INBAR, Y. 1993. Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. *In* Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. H. A. J. Hoitink and H. M. Keener, eds. Worthington, OH, Renaissance Publications. p. 551-600.

CHUNG, Y.R.; HOITINK, H.A.J.; LIPPS, P.E. 1988. Interactions between organic-matter decomposition level and soilborne disease severity. Agriculture Ecosystem and Environment. 24:183-193.

CHUNG, Y.R.; HOITINK, H.A.J. 1990. Interactions between thermophilicfungi and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in a bark compost- amended container medium. Phytopathology 80:73-77.

COOK, R.J.; BAKER, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St. Paul, MN., American Phytopatholoy Society. 539 p.

DE LA CRUZ, J.; REY, M.; LORA, J.M.; HIDALGO-GALLEGO, A.; DOMINGUEZ, F.; PINTOR-TORO, J.A.; LLOBELL, A.; BENITEZ, T. 1993. Carbon source control on -glucanases, chitobiase and chitinase from *Trichoderma harzianum*. Microbiol. 159:316-322.

FARRELL, J.B. 1993. Fecal pathogen control during composting. *In* Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. H. A. J. Hoitink and H. M. Keener, eds. Renaissance Publications, Worthington, OH. p. 282-300. Garrett, S. D. 1955. A century of root-disease investigation. 728 p. Ann. Appl. Biol. 42:211-219.

GARRETT, S.D. 1962. Decomposition of cellulose in soil by *Rhizoctonia solani* Kuhn. Transactions British Mycology Society 45:114-120.

GREBUS, M.E.; FELDMAN, K.A.; MUSSELMAN, C.A.; HOITINK, H.A.J. 1993. Production of biocontrol agent-fortified compost-amended potting mixes for predictable disease suppression. Phytopathology 83:1406 (Abstr.).

GREBUS, M.E.; WATSON, M.E.; HOITINK, H.A.J. 1994. Biological, chemical and physical properties of composted yard trimmings as indicators of maturity and plant disease suppression. Compost Sci. Util. 1:57-71.

GORODECKI, B.; HADAR, Y. 1990. Suppression of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in container media containing composted separated cattle manure and composted grape marc. Crop Protection 9:271-274.

HADAR, Y.; GORODECKI, B. 1991. Suppression of germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in compost. Soil. Biol. Biochem. 23:303-306.

HARDY, G.E. ST. J.; Sivasithamparam, K. 1991. Suppression of *Phytophthora* root rot by a composted eucalyptus bark mix. Australian Journal Botany. 39:153-159.

HOITINK, H.A.J. 1990. Production of disease suppressive compost and container media, and microorganism culture for use therein. US Patent 4960348. Feb. 13, 1990.

HOITINK, H.A.J.; DAUGHTERY, M.; TAYAMA, H.K. 1987. Control of cyclamen *Fusarium* wilt - A preliminary report. Ohio Florist't Assoc. Bull. 693:1-3.

HOITINK, H.A.J.; FAHY, P.C. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Annual Review of Phytopathology. 24:93-114.

HOITINK H.A.J.; INBAR, Y.; BOEHM, M.J. 1991. Status of composted-amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. Plant Disease 75:869-873.

IANNOTTI, D.A.; GREBUS, M.E.; TOTH, B.L.; MADDEN L.V.; HOITINK, H.A.J. 1994. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. Journal Environmental Quality 23:1177-1183.

INBAR, Y.; CHEN, Y.; HADAR, Y. 1989. Solid-state carbon-13 nuclear magnetic resonance and infrared spectroscopy of composted organic matter. Soil Science Society of American Journal. 53:1695-1701.

INBAR, Y.; HADAR, Y.; CHEN, Y. 1993. Recycling of cattle manure: The composting process and characterization of maturity: J. Environ. Qual. 22:857-863.

KANAZAWA, S.; FILIP, Z. 1986. Distribution of microorganisms, total biomass, and enzyme activities in different particles of brown soils. Microb. Ecol. 12:205-215.

KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J.; CHEN, W. 1988. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* diseases of ornamental plants. Plant Diseases 72:751-756.

KUTER, G.A.; NELSON, E.B.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. 1983. Fungal populations in container media amended with composted hardwood bark suppressive and conducive to *Rhizoctonia* damping-off. Phytopathology 73:1450-1456.

KWOK, O.C.H.; FAHY, P.C.; HOITINK, H.A.J.; KUTER, G.A. 1987. Interactions between bacteria and *Trichoderma hamatum* in suppression of *Rhizoctonia* damping-off in bark compost media. Phytopathology. 77:1206-1212.

LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A.; MILLNER, P.D. 1983. Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. Phytopathology 73:1543-1548.

MANDELBAUM, R.; HADAR, Y. 1990. Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. Phytopathology 80:794-804.

MARUGG, C.; GREBUS, M.E.; HANSEN, R.C.; KEENER, H.M.; HOITINK, H.A.J. 1993. A kinetic model of the yard waste composting process. Compost Sci. & Util. 1:38-51.

MAURHOFER, M.; HASE, C.; MEUWLY, P.; METRAUX, J-P.; DEFAGO, G. 1994. Induction of systemic resistance of tobacco to tobacco necrosis virus by the root-colonizing *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO: Influence of the gac, a gene and of pyoverdine production. Phytopathology 84:139-146.

NELSON, E.B.; KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J. 1983. Effects of fungal antagonists and compost age on suppression of *Rhizoctonia* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. Phytopathology 3:1457-1462.

OWNLEY, B.H.; BENSON, D.M. 1991. Relationship of matric water potential and air-filled porosity of container media to development of *Phytophthora* root rot of rhododendron. Phytopathology 81:936-941.

PHAE, C.G.; SASKI, M.; KUBOTA, H. 1990. Characteristics of *Bacillus subtilis* isolated from composts suppressing phytopathogenic microorganisms. Soil Sci. Plant Nutr. 36:575-586.

QUARLES, W.; GROSSMAM, J. 1995. Alternatives to methyl bromide in nurseries - Disease suppressive media. The IPM Practitioner 17(8):1-13.

SACKENHEIM, R. 1993. Untersuchungen über Wirkungen von Wässerigen, mikrobiologisch aktiven Extracten aus kompostierten Substraten auf den Befall der Weinrebe (Vitis vinifera) mit *Plasmopora viticola, Uncinula necator, Botrytis cenerea* und *Pseudopezicula tracheiphila*. Ph.D. thesis Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität, Bonn, Germany 157 p.

SCHNEIDER, R.W. 1985. Suppression of Fusarium yellows of celery with potassium chloride and nitrate. Phytopathology 75:40-48.

SCHÜLER, C.; PIKNY, J.; NASIR, M.; VOGTMANN, H. 1993. Effects of composted organic kitchen and garden waste on *Mycosphaerella pinodes* (Berk, et Blox) Vestergr., Causal organism of foot rot on peas (Pisum sativum L.) Biolog. Agric. Hort. 9:353-360.

STEINMETZ, J.; SCHÖNBECK, F. 1994. Conifer bark as growth medium and carrier for *Trichoderma harzianum* and *Gliodadium roseum* to control *Pythium ultimum* on pea. Journal of Plant Diseases Protection 101:200-211.

TAHVONEN, R. 1982. The suppressiveness of Finnish light colored *Sphagnum* peat. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 54:345-356.

TRILLAS-GAY, M.I.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. 1986. Nature of suppression of *Fusarium* wilt of radish in a container medium amended with composted hardwood bark. Plant Disease: 70:1023-1027.

WEI, G.; KLOEPPER, J.W.; TUZUN, S. 1991. Induction of systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum orbiculare* by select strains of plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 81:1508-1512.

WELTZHIEN, H.C. 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts, p. 430-450. In: Microbial Ecology of Leaves, J H Andrews and S Hirano (eds), Brock Springer Series in Contemporary Bioscience. BSBN 0387-97579-9.

WOLFFHECHEL, H. 1988. The suppressiveness of *Sphagnum* peat to *Pythium* spp. Acta Horticultural 221:217-222.

WORKNEH, F.; VAN BRUGGEN, A.H.C.; DRINKWATER, L.E.; SHERMAN, C. 1993. Variables associated with a reduction in corky root and *Phytophthora* root rot of tomatoes in organic compared to conventional farms. Phytopathology 83:581-589.

WU, T.; BOEHM, M.J.; MADDEN, L.V.; HOITINK, H.A.J. 1993. Sustained suppression of *Pythium* root rot: A funtion of microbial carrying capacity and bacterial species composition. Phytopathology 83:1406 (Abstr.).

YOHALEM, D.S.; HARRIS, R.F.; ANDREWS, J.H. 1994. Aqueous extracts of spent mushrooms substrate for foliar disease control. Compost Sci. Util. 2:67-83.

YOU, M.P.; SIVASITHAMPARAM. 1994. Hydrolysis of fluorescein diacetate in an avocado plantation mulch suppressive to *Phytophtora cinnamoni* and its relationship with certain biotic and abiotic factors. Soil Biol. Biochem. 26:1355-1361.

ZHANG, W.; DICK, W.A.; HOITINK, H.A.J. 1994. Compost induced systemic acquired resistance in cucumber to *Pythium* root rot and anthracnose. Phytopathology 84:1138.

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 40-54, 1997

LOS GEMINIVIRUS

Pilar Ramírez*

RESUMEN

En zonas tropicales y subtropicales los geminivirus atacan varios cultivos con consecuencias graves para la economía y su manejo provoca problemas al ambiente. Se describen las principales tecnologías moleculares para el estudio de los geminivirus: Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) e Hibridación Molecular. Incluye una revisión sobre las hipótesis sobre la taxonomía y la evolución de los geminivirus. Para diseñar alternativas de manejo de los geminivirus usando ingeniería genética es indispensable conocer la organización del genoma y sus funciones, las cuales son descritas en este trabajo. Además se presentan los resultados sobre la producción de plantas resistentes utilizando ingeniería genética. Se señalan las investigaciones realizadas en Costa Rica sobre el tema.

Palabras claves: Geminivirus, Mosca blanca, Técnicas de diagnóstico.

WHITEFLY GEMINIVIRUSES

ABSTRACT

Geminiviruses attack many crops in tropical and subtropical zones, with severe consequences in the economy and causes environmental management problems. Descriptions of the main molecular technologies for the study of geminiviruses, Polymerase Chain Reaction (PCR) and Molecular Hybridation, are presented. A review of hypothesis related to taxonomy and geminivirus evolution is included. To design alternatives for geminivirus management using genetic engineering it is necessary to know the organization and functions of the genome, described in this article. Production results from genetically engineered resistant plants are presented. Pertinent studies conducted in Costa Rica are mentioned.

Key Words: Geminiviruses, Whiteflies, Diagnostic-techniques.

Los geminivirus transmitidos principalmente por moscas blancas atacan varios cultivos agrícolas en Costa Rica con consecuencias nefastas para la economía, y su manejo provoca problemas al ambiente

En este trabajo se revisan las principales tecnologías para el estudio de los geminivirus, así como las hipótesis actuales sobre la taxonomía y la evolución de estos patógenos, la organización del genoma y sus funciones. También se presentan los últimos resultados sobre la producción de plantas resistentes mediante la ingeniería genética.

TECNOLOGIAS MOLECULARES DISPONIBLES PARA EL ESTUDIO DE LOS GEMINIVIRUS

Las tecnologías basadas en la manipulación de los ácidos nucleicos han sido un paso importante para la detección de los geminivirus. Las técnicas de Reacción en Cadena de la Polimerasa y de Hibridación Molecular son descritas a continuación:

Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Kary Mullis y colaboradores desarrollaron la PCR como un proceso que puede ser utilizado para generar gran cantidad de copias a partir de ADN genómico (Ausubel *et al.* 1992). Dos oligonucleótidos son sintetizados, cada uno complementario a una pequeña secuencia en una de las bandas de la muestra del ADN que se va a amplificar. Estos oligonucleótidos son utilizados como iniciadores o cebadores «primers» para la replicación *in vitro* de ADN (Lehninger *et al.* 1993), y son colocados en los extremos de la secuencia que se quiere amplificar. La muestra de ADN se calienta para provocar la desnaturalización de la doble hélice y separarla en sus dos bandas. Luego es enfriado junto con el exceso de los iniciadores sintetizados; por último, se añade la Taq polimerasa y un exceso de los cuatro desoxinucleótidos trifosfatos (dNTP), con lo cual se produce la replicación selectiva del segmento de ADN de interés. Este proceso se

Recibido: 23/10/96. Aprobado: 21/03/97.

* Escuela de Biología. Centro de Investigación en . Biología Celular y Molecular (CIBCM). Universidad de Costa Rica. San José, **Costa Rica**. EMail: pramirez@cariari.ucr.ac.cr

repite entre 25-30 veces o ciclos, lo cual tarda varias horas. El resultado es un segmento de ADN viral amplificado aproximadamente 10^6 veces, es una reacción unimolecular que por sí misma es muy rápida (Lehninger *et al.* 1993). Debido a la gran cantidad de variables involucradas en la reacción, un cambio en alguna de ellas puede provocar problemas en la amplificación (Ausubel *et al.* 1992). Algunas de esas variables son:

- Pureza de los reactivos: Es el parámetro más importante para obtener resultados positivos en la mayoría de las amplificaciones, los requisitos básicos son: utilizar reactivos de alta calidad y evitar la contaminación.

- Iniciadores: La especificidad de la técnica del PCR se basa en el uso de iniciadores oligonucleótidos, que son complementarios a las regiones que limitan la secuencia de ADN que se desea amplificar. Un iniciador óptimo debería lograr hibridación eficiente con la secuencia de interés y no con otras secuencias presentes en la muestra. Por esta razón, muchas veces se sintetizan iniciadores específicos para un experimento particular.

- Muestras: La muestra se puede obtener actualmente por medio de técnicas rápidas y simples a partir de tejidos específicos. Se necesitan pequeñas cantidades de muestras vegetales, que pueden ser frescas, congeladas o secas. Se debe tener un cuidado especial con la existencia de contaminantes presentes en el ADN, ya que pueden disminuir la eficiencia del PCR. Extracciones orgánicas adicionales, precipitaciones con etanol y/o purificación en geles de poliacrilamida pueden ser beneficiosos para los resultados.

Enzimas. El procedimiento inicial añadía una alícuota fresca del fragmento Klenow de la ADN polimerasa I de *E. coli* durante cada ciclo, debido a que esta enzima era inactivada durante el subsiguiente paso de desnaturalización (Ausubel *et al.* 1992). La incorporación de la ADN polimerasa termoestable de *Thermus aquaticus* (conocida como Taq polimerasa), eliminó ese problema y facilitó la automatización del ciclo de tratamiento térmico del proceso. Entre las ventajas de la Taq polimerasa están la capacidad de soportar el continuo calentamiento-enfriamiento inherente al proceso de PCR y su habilidad de sintetizar ADN a temperaturas altas. Estas temperaturas reducen la probabilidad de ocurrencia de uniones erróneas de iniciadores con la muestra y las estructuras secundarias remanentes. No obstante, es necesario aclarar que la enzima no es indefinidamente resistente al calor y, para asegurar su eficiencia, no se deben incluir más pasos de desnaturalización que los estrictamente necesarios. Algunos protocolos recomiendan añadirla después del primer paso de desnaturalización. Otra propiedad importante de la enzima, es su baja tasa de error (estimada en 2×10^{-4} nucleótidos/ ciclo). No se debe agregar excesos de dNTPs más allá de la concentración necesaria, pues a altas concentraciones disminuye la cantidad de magnesio activo y aumenta la tasa de error de la Taq polimerasa. Cada paso del ciclo requiere un tiempo mínimo para que el proceso sea eficaz. Entre menor sea el tiempo requerido, mayor será la eficiencia.

El método de PCR se ha utilizado para la detección y la determinación de la variabilidad genética de virus de plantas, incluyendo luteovirus, potivirus y geminivirus transmitidos por saltahojas que infectan plantas monocotiledóneas (Rybicki y Hughes 1990), así como geminivirus transmitidos por mosca blanca, tales como los virus asociados al mosaico dorado del frijol BGMV (Gilbertson *et al.* 1991c) y el TYLCV (Navot *et al.* 1992). Durante la multiplicación viral, los geminivirus producen naturalmente una molécula intermedia circular de ADN de doble banda, que se utiliza *in vitro* como molde para la amplificación por PCR. Secuencias virales altamente conservadas dentro de los diferentes geminivirus se pueden detectar utilizando «iniciadores degenerados» para el PCR (Rojas *et al.* 1993). Los "iniciadores degenerados" son una mezcla diseñada usando el principio de degeneración del código genético. Estos son utilizados en todo el mundo para amplificar fragmentos de ADN viral provenientes de geminivirus que infectan plantas de tomate, frijol, yuca, melón, chile y malezas. Una vez que se han amplificado fragmentos de ADN por PCR, éstos se pueden utilizar para análisis con enzimas de restricción (RFLP), hibridación y secuencias de ADN.

Hibridación Molecular. Las técnicas de hibridación de ácidos nucléicos han sido una herramienta muy útil para el diagnóstico de geminivirus (Czosnek *et al.* 1988, Gilbertson *et al.* 1991b). Cuando una solución acuosa de ADN es calentada a 100°C, o es expuesta a un pH muy alto, los pares de bases complementarios

son separados y la doble hélice se disocia en sus dos bandas simples. Este proceso se conoce como desnaturalización del ADN y por muchos años se consideró que era un proceso irreversible. Sin embargo, en 1961 se descubrió que bandas simples de ADN pueden regenerar hélices dobles si se mantenían por un período prolongado a 65°C. A este proceso se le denominó renaturalización o hibridación de ADN (Alberts *et al.* 1994). En las reacciones de hibridación, existen dos factores limitantes: la frecuencia de colisiones aleatorias entre bandas y la astringencia del medio (Alberts *et al.* 1994). La astringencia está determinada por la cantidad de sal presente y por la temperatura a la cual se encuentra la reacción. A mayor temperatura y menor concentración de sal, mayor es la astringencia.

- Hibridación en condiciones de alta astringencia

En este caso, las dos bandas que se aparean para formar la doble hélice lo harán sólo si sus secuencias de nucleótidos son complementarias. La especificidad de esta reacción permite localizar cualquier secuencia de banda simple de nucleótidos, con sondas marcadas por métodos radioactivos o químicos. Sondas de este tipo son ampliamente usadas para detectar los ácidos nucleicos de geminivirus específicos.

- Hibridación en condiciones de baja astringencia

Este tipo de hibridación permite la unión de bandas que difieren en distintos porcentajes en su complementariedad (Alberts *et al.* 1994). Una de las aplicaciones más importantes de esta técnica , es el estudio de cambios en las secuencias de nucleótidos en un gen, con el objetivo de determinar los procesos evolutivos que llevaron a la formación de ese gen. Si este proceso se realiza para diferentes geminivirus, se puede confeccionar un diagrama evolutivo de los genes estudiados y de su origen por mutaciones y aberraciones estructurales en el tiempo y su influencia en la divergencia de los grupos de virus.

TAXONOMIA Y EVOLUCION DE LOS GEMINIVIRUS

Según el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV), los geminivirus se dividen en tres grupos basados en su insecto vector, ámbito de hospedantes, y estructura del genoma (Cuadro 1). El subgrupo I incluye virus con genoma monopartita que son transmitidos por insectos saltahojas a plantas monocotiledóneas. El virus representante de este subgrupo es el Virus del Rayado del Maíz (MSV). Los virus transmitidos por saltahojas a dicotiledóneas, se agrupan dentro del subgrupo II y el Virus del Enanismo Rizado de la Remolacha (BCTV) es el representante de este subgrupo. Los virus que pertenecen al subgrupo III, tienen genomas bipartitas: ADN-A, ADN-B (excepto algunos aislamientos del TYLCV), y son transmitidos por moscas blancas a plantas dicotiledóneas; el Virus del Mosaico Dorado del Frijol (BGMV) es el representante de este subgrupo. El ADN-A de un geminivirus de este subgrupo, puede usarse como sonda universal en condiciones de baja astringencia para la detección de otros geminivirus del subgrupo y el ADN-B en condiciones de alta astringencia como sonda específica para la identificación de un geminivirus específico. El ICTV aceptó que el grupo de los geminivirus se transformara en la familia *Geminiviridae* que comprende los tres géneros llamados subgrupo I, subgrupo II, subgrupo III (Mayo y Martelli 1993) (Fig 1).

Un análisis estructural y filogenético de la región intergénica de 22 geminivirus que infectan dicotiledóneas (dicotogeminivirus) y ocho que infectan monocotiledóneas (monocotogeminivirus); permitió la identificación de «motif»(*) de secuencias repetidas de ocho o doce nucleótidos de largo, cuya organización (el número, la orientación y el espaciamiento) es altamente conservada dentro de cada uno de los tres linajes mayores de los dicotogeminivirus, de acuerdo con la filogenia derivada de la secuencia de aminoácidos de las proteínas asociadas a la replicación (AL1). Las «motif» de secuencias repetidas difieren aún entre virus estrechamente relacionados y se han encontrado muy cerca de la supuesta caja TATA del gen AL1 en todos los dicotogeminivirus. Los «motif» de secuencias análogas fueron identificados en los monocotogeminivirus pero con una

(*)"Motif": Secuencia que se puede reconocer en diferentes moléculas de un mismo tipo.

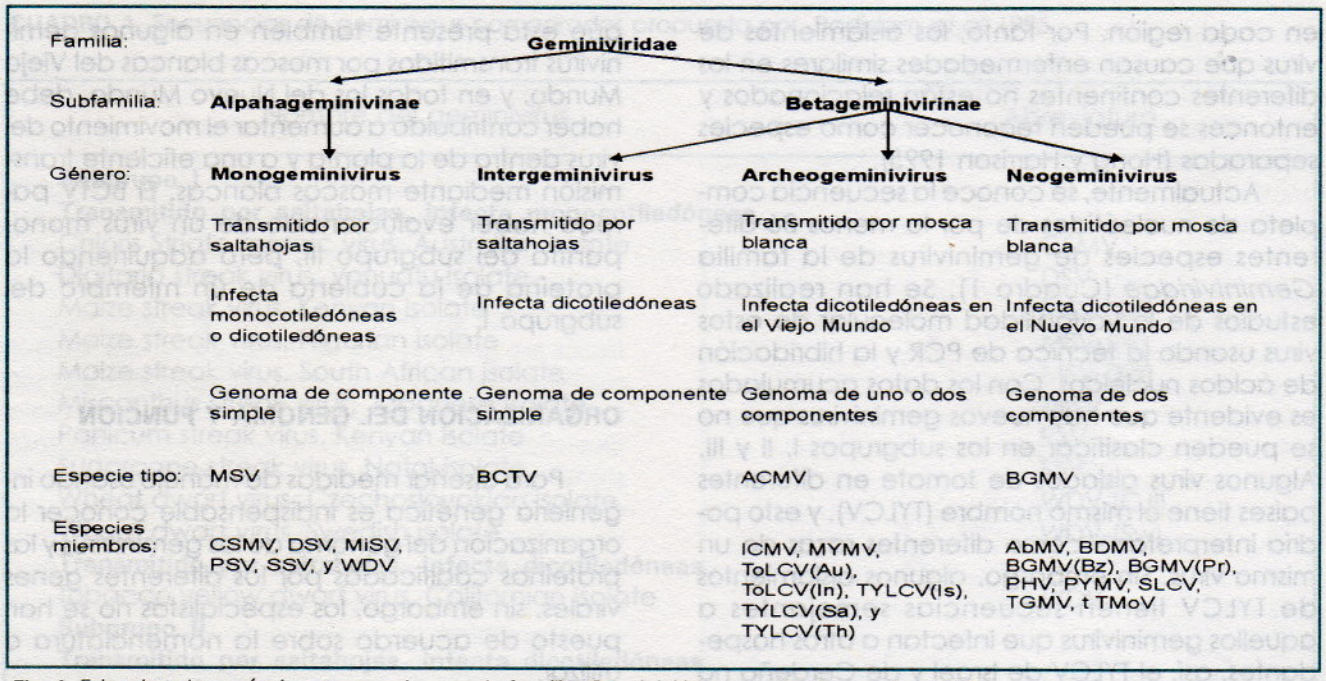


Fig. 1. Estructura taxonómica propuesta para la familia *Geminiviridae* por Padidam *et al.* 1995.

organización diferente. Las secuencias repetidas forman parte de la estructura en horquilla esencial para la replicación de todos los miembros de la familia viral (Argüello-Astorga *et al.* 1994). Estos investigadores proponen que las secuencias repetidas son los sitios de unión específicos para las proteínas asociadas a la replicación de los geminivirus y demuestran que la hipótesis concuerda con los datos disponibles.

Enfermedades descritas como «tomato leaf curl» (TLC) y «tomato yellow leaf curl» (TYLC) se presentan en el trópico y el subtrópico desde América Central hasta la región mediterránea, Africa, Asia y Australia (Navot *et al.* 1991; Cohen y Antignus 1994; Mehta *et al.* 1994b). Estas enfermedades causan pérdidas importantes en el rendimiento del cultivo del tomate y su severidad ha aumentado en los últimos años. Estas son causadas por geminivirus transmitidos por moscas blancas, conocidos en la literatura como «whitefly-transmitted geminivirus» (WTGs), sin embargo los genomas de los diferentes aislamientos difieren tanto en su complejidad como en su secuencia de nucleótidos. Los aislamientos de virus de Tailandia y el norte de la India tienen genomas bipartitas, mientras que los aislamientos de Israel, Cerdeña y Australia, tienen un genoma monopartita que se parece al ADN-A de los WTG. Las secuencias de nucleótidos de estos aislamientos son muy diferentes entre sí. Los WTGs aislados de plantas de tomate de diferentes regiones geográficas, muestran que tienen diferentes perfiles de epitopos, mientras que los que provienen de la misma región geográfica muestran perfiles semejantes. Los investigadores determinaron la secuencia de nucleótidos de la molécula de ADN (equivalente al ADN-A de otros WTG) del «tomato leaf curl virus» aislado del sur de la India (ITmLCV) y los genes de la cubierta proteíca de «tomato yellow leaf curl virus» aislados de Nigeria y de dos regiones de Arabia Saudita. Cuando se comparó la secuencia de nucleótidos del ADN-A del ITmLCV con las secuencias equivalentes de los aislamientos de virus del norte de la India, se demostró que hay muchas diferencias entre los dos aislamientos a nivel de ADN; sin embargo, la secuencia de aminoácidos deducida, muestra que las proteínas de cubierta son muy semejantes. Comparando entonces las proteínas de cubierta de 22 WTGs se determinó que existen tres diferentes ramas que no se relacionan por la especie de planta hospedante y se dividen en: (1) las Américas, (2) Africa y el Medio Oriente, y (3) Asia y Australia. Estos resultados sugieren que la proteína de cubierta de los WTGs evolucionó por caminos diferentes en esas tres regiones principales y que se adaptaron libremente a nuevos hospedante

en cada región. Por tanto, los aislamientos de virus que causan enfermedades similares en los diferentes continentes no están relacionados y entonces se pueden reconocer como especies separadas (Hong y Harrison 1995).

Actualmente, se conoce la secuencia completa de nucleótidos de por lo menos 36 diferentes especies de geminivirus de la familia *Geminiviridae* (Cuadro 1). Se han realizado estudios de la variabilidad molecular de estos virus usando la técnica de PCR y la hibridación de ácidos nucleicos. Con los datos acumulados es evidente que hay nuevos geminivirus que no se pueden clasificar en los subgrupos I, II y III. Algunos virus aislados de tomate en diferentes países tiene el mismo nombre (TYLCV), y esto podría interpretarse como diferentes razas de un mismo virus. Sin embargo, algunos aislamientos de TYLCV tienen secuencias semejantes a aquellos geminivirus que infectan a otros hospedantes, así, el TYLCV de Israel y de Cerdeña no tienen el componente B del genoma (Khey-Pour *et al.* 1991). El TYLCV de Tailandia tiene los dos componentes, A y B, pero no requiere este último para su infección. El TYDV es un geminivirus recientemente aislado de una planta dicotiledónea, este es transmitido por saltahojas, por lo que sería un candidato para el subgrupo II de los geminivirus, pero su secuencia es similar a los miembros del subgrupo I. Padidam *et al.* (1995), proponen considerar las secuencias de nucleótidos de los geminivirus como un criterio importante para su clasificación; también concluyen que el rango de hospedante no se correlaciona con las secuencias. Estos investigadores proponen entonces una nueva estructura taxonómica para la familia Geminiviridae, según una hipótesis evolutiva que presentan en su trabajo y que se resume en la Fig. 1. Según Padidam *et al.* (1995), es posible que un geminivirus primitivo o ancestral infectara monocotiledóneas, y que esta tuviera un genoma de componente simple, es decir monopartita y fuera transmitido por saltahojas, lo que podría explicar la alta variabilidad de secuencia dentro de los virus del subgrupo I. El TYDV, un miembro del subgrupo I, adquirió más tarde la habilidad para infectar dicotiledóneas. Cambios similares pueden haber facilitado al virus primitivo o ancestral adquirir la capacidad de ser transmitido por moscas blancas. Esto sugiere que los virus con dos componentes evolucionaron más tarde en la escala evolutiva. El segundo componente que está presente también en algunos geminivirus transmitidos por moscas blancas del Viejo Mundo, y en todos los del Nuevo Mundo, debe haber contribuido a aumentar el movimiento del virus dentro de la planta y a una eficiente transmisión mediante moscas blancas. El BCTV parece haber evolucionado de un virus monopartita del subgrupo III, pero adquiriendo la proteína de la cubierta de un miembro del subgrupo I.

ORGANIZACION DEL GENOMA Y FUNCION

Para diseñar medidas de manejo usando ingeniería genética es indispensable conocer la organización del genoma de los geminivirus y las proteínas codificadas por los diferentes genes virales, sin embargo, los especialistas no se han puesto de acuerdo sobre la nomenclatura a utilizar.

A continuación se presentan resultados de investigaciones con diferentes geminivirus, así como las hipótesis más aceptadas para explicar la replicación del genoma viral mediante el círculo rodante, la diseminación de los geminivirus dentro de la planta y la función de la proteína de cubierta en la transmisión viral.

Los geminivirus son una familia de virus de plantas cuyo genoma es un ADN de banda simple que se replica usando moléculas intermediarias de ADN con banda doble dentro de las células vegetales infectadas. El ADN viral con banda doble se ensambla en nucleosomas y se transcribe dentro del núcleo de la planta infectada. La replicación y la transcripción de los geminivirus está mediada por un número pequeño de proteínas codificadas por el virus, que funcionan junto con las enzimas de la planta (Fontes *et al.* 1994a).

Los geminivirus que infectan plantas dicotiledóneas y son transmitidos por *B. tabaci* generalmente tienen el genoma bipartito (Davies y Stanley 1989). El genoma de los geminivirus bipartitos tiene una organización genómica común, con cuatro genes en la molécula ADN-A llamados AL1, AL2, AL3 y AR1 o AC1, AC2, AC3 Y AV1 respectivamente y dos genes en la molécula ADN-B (componente B) llamados BL1, BR1 (Lazarowitz 1992) (Fig. 2) . La secuencia de nucleótidos de la región común sin embargo, no es igual para los diferentes geminivirus, excepto por la secuencia que constituye el tallo del lazo

CUADRO 1. Secuencias de geminivirus comparadas propuesta por Padidam *et al.* 1995.

Nombre del geminivirus	Abreviatura
Subgrupo I	
Transmitido por saltahojas, infecta monocotiledóneas	
Chloris Striate mosaic virus, Australian isolate	CSMV
Digitaria streak virus, Vanuatu isolate	DSV
Maize streak virus, Kenyan isolate	MSV-(Ke)
Maize streak virus, Nigerian isolate	MSV-(Ni)
Maize streak virus, South African isolate	MSV-(Sa)
Miscanthus streak virus, Japanese isolate	MiSV
Panicum streak virus, Kenyan isolate	PSV
Sugarcane streak virus, Natal isolate	SSV
Wheat dwarf virus, Czechoslovakian isolate	WDV-(CJI)
Wheat dwarf virus, Swedish isolate	WDV-(Sw)
Transmitido por saltahojas, infecta dicotiledóneas	
Tobacco yellow dwarf virus, Californian isolate	TYDV
Subgrupo II	
Transmitido por saltahojas, infecta dicotiledóneas	
Beet curly top virus, Californian isolate	BCTV
Subgrupo III	
Transmitido por mosca blanca, infecta dicotiledóneas, aislamientos del Nuevo Mundo	
Abutilon mosaic virus, West Indian isolate	AbMV
Bean dwarf mosaic virus, Colombian isolate	BDMV
Bean golden mosaic virus, Brazilian isolate	BGMV-(Bz)
Bean golden mosaic virus, Dominican isolate	BGMV-(Dr)
Bean golden mosaic virus, Guatemalan isolate	BGMV-(Ga)
Bean golden mosaic virus, Puerto Rican isolate	BGMV-(Pr)
Pepper huasteco virus, Mexican isolate	PHV
Potato yellow mosaic virus, Venezuelan isolate	PYMV
Squash leaf curl virus, Californian isolate	SLCV
Tomato golden mosaic virus	TGMV
Tomato mottle virus, Florida isolate	TMoV
Transmitidos por mosca blanca, infecta dicotiledóneas, aislamientos del Viejo Mundo	
African cassava mosaic virus, Kenyan isolate	ACMV-(Ke)
African cassava mosaic virus, Nigerian isolate	ACMV-(Ni)
Indian cassava mosaic virus, Indian isolate	ICMV
Mungbean yellow mosaic virus, Thailand isolate	MYMV
Tomato leaf curl virus, Australian isolate	ToLCV-(Au)
Tomato leaf curl virus, Indian isolate 1	ToLCV-(In1)
Tomato leaf curl virus, Indian isolate 2	ToLCV-(In2)
Tomato yellow leaf curl virus, Egyptian isolate	TYLCV-(Eg)
Tomato yellow leaf curl virus, Israeli isolate	TYLCV-(Is)
Tomato yellow leaf curl virus, Sardinian isolate	TYLCV-(Sr)
Tomato yellow leaf curl virus, Sicilian isolate	TYLCV-(Si)
Tomato yellow leaf curl virus, Thailand isolate 1	TYLCV-(Th1)
Tomato yellow leaf curl virus, Thailand isolate 2	TYLCV-(Th2)

(Lazarowitz 1992) (Fig. 1). En la mayoría de los geminivirus bipartitos se requieren ambas moléculas (ADN-A y ADN-B) para inducir la infección (Gilbertson *et al.* 1991a; Hamilton *et al.* 1983; Stanley 1983).

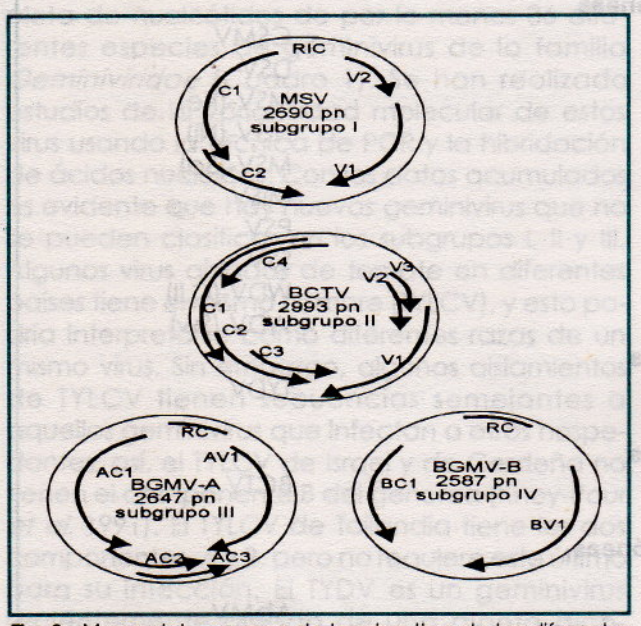


Fig. 2. Mapa del genoma de los virus tipo de los diferentes subgrupos de geminivirus: V1/AV1 codifican para la proteína de cubierta, C1/AC1/AL1 codifican para factores relacionados con la replicación, BV1/BR1 y BC1/BL1 se requieren para el movimiento viral. RIC región intercistrónica; RC la región común que es idéntica entre los componentes A y B del subgrupo III, Lazarowitz, 1992.

La producción de clones virales infecciosos ha permitido a los investigadores cambiar ciertas secuencias de ADN de dichos clones produciendo mutantes, y así estudiar las funciones del ADN genómico viral. El ADN-A codifica para todas las funciones necesarias para la multiplicación viral (Elmer *et al.* 1988; Hanley-Bowdoin *et al.* 1990; Rogers *et al.* 1986) y la encapsidación del ADN viral (Sunter *et al.* 1987). El producto del gen AL1 es la única proteína viral requerida para la multiplicación del virus y esta proteína se une a la región común (Fontes *et al.* 1992; Lazarowitz 1992). Se piensa que esta unión corta el ADN viral e inicia la multiplicación viral mediante el mecanismo del círculo rodante (Stenger *et al.* 1991). La cápside proteica del BCTV se ha relacionado con la transmisión por el insecto (Briddon *et al.* 1989). Se ha demostrado la asociación de la molécula de ADN-A con la modulación de las concentraciones de la cápside proteica (Etessami *et al.* 1991; Sunter *et al.* 1990) y la expresión de los síntomas (Morris *et al.* 1992). El ADN-B codifica para las funciones asociadas con el movimiento viral (Revington *et al.* 1989; Nouery *et al.* 1994).

El BCTV es el único representante del subgrupo II de los geminivirus y su genoma codifica para cuatro proteínas llamadas C1, C2, C3 y C4 que muestran diversos grados de homología con las proteínas AC1, AC2, AC3 y AC4 de los geminivirus que son bipartitas. En todos los geminivirus, AC1 es requerido para la replicación según el mecanismo del círculo rodante. En el caso del TGMV, AC2 transactiva a la proteína de cubierta y al gen BR1; además parece ser un regulador de la transcripción que controla la expresión de los genes tempranos y los genes tardíos. Un mutante de AC2 es capaz de replicarse, pero es incapaz de infectar plantas, probablemente por la falta de expresión de la proteína de movimiento BR1. La proteína AC3 aumenta los niveles de replicación del ADN viral y un mutante de AC3 tiene de 5 a 50 veces menos ADN viral dentro de la planta, además produce síntomas atenuados y tardíos. En BCTV se asumió que las proteínas C1, C2, C3 y C4 deberían tener funciones similares a las AC1, AC2, AC3 y AC4, y los análisis mutacionales indicaron que la proteína C1 de BCTV al igual que la AC1, es esencial para la replicación del ADN viral. Sin embargo, evidencias recientes sugieren que el C4 de BCTV es determinante de la sintomatología y juega un papel más importante en la patogénesis viral que su homólogo en los virus bipartitas. Mutantes de C2 y C3 de BCTV demostraron tener funciones similares a AC2 y AC3 (Hormudzi y Bisaro 1995).

REPLICACION DE ADN VIRAL MEDIANTE EL *CIRCULO RODANTE*

Este método de replicación lo utilizan algunos ADN virales y factores de fertilidad bacterianos, el fago X174, los plásmidos de las bacterias Gram-positivos y bacterias Gram-negativo así como los parvovirus, En este mecanismo, la síntesis de ADN inicia con un corte específico en el «Origen de Replicación» (OR) en una banda específica (banda +) del círculo parental doble o duplex. El extremo 5' es entonces desplazado del duplex, permitiendo que la ADN polimerasa III, añada deoxiribonucleótidos al -OH 3' libre. Conforme la replicación continúa, el extremo 5'

de la banda desplazada es trasladada hacia afuera, produciendo una cola libre de tamaño creciente, la cual rápidamente es cubierta por las proteínas enlazadas al ADN de banda simple. Este proceso es llamado círculo rodante debido a que el desenrollamiento del ADN de banda simple es acompañado de la rotación de la molécula de banda doble sobre su eje. La fuerza activa que mantiene el desenrollamiento de la cola 5' probablemente no provenga de las reacciones de polimerización que ocurren en el extremo 3' sino del movimiento del complejo Pol III- primosoma o replisoma propulsado por sus helicasas. La elongación a veces continúa hasta producir colas con la misma longitud que el círculo original.

Tres líneas independientes de evidencias muestran que los geminivirus reproducen su genoma circular de ADN de banda simple por medio del mecanismo del círculo rodante, similar al descrito anteriormente: 1. La secuencia de nucleótidos del genoma del BCTV generado por heterodímeros recombinantes están de acuerdo con la replicación por el círculo rodante que inicia y termina la síntesis de la banda positiva del ADN dentro de la secuencia de la horquilla. Esta hipótesis es apoyada por los estudios con el ACMV. 2. La forma intracelular que se acumula durante la infección con ACMV corresponde a un intermediario de replicación de los círculos rodantes. 3. Las proteínas AL1 de los geminivirus contienen tres «motif» o secuencias de aminoácidos que están relacionados con los «motif» encontrados en las proteínas que inician la replicación de dos familias de plásmidos bacterianos. Estas proteínas introducen un corte en una secuencia específica de la banda positiva para iniciar y terminar la replicación por el círculo rodante. La proteína AL1 puede servir para la misma función en la replicación de los geminivirus (Fontes *et al.* 1994a).

El TGMV es un miembro de los geminivirus transmitidos por moscas blancas y constituido por dos componentes cuyo genoma comprende dos círculos A y B de 2,6 kb. El TGMV-A y el TGMV-B están organizados de manera similar, con una región intergénica que incluye aproximadamente 200 pares de bases y la región común (CR) que es altamente conservada entre los dos componentes. El TGMV-A codifica para todas las proteínas requeridas para la replicación viral, el TGMV-B que no puede replicarse en la ausencia de TGMV-A codifica para las proteínas relacionadas con el movimiento viral dentro de las plantas infectadas. Análisis mutacionales de los seis encuadres "reading frame" de lectura del TGMV-A demostraron que los genes AL2 y AL3 codifican para proteínas involucradas en la replicación. El gen AL1 codifica la única proteína esencial, mientras que el gen AL3 codifica para una proteína que aumenta los niveles de acumulación del ADN viral. Los geminivirus que infectan dicotiledóneas muestran una fuerte conservación de la secuencia de aminoácidos de las proteínas AL1. Aunque no se conoce exactamente la función de la proteína AL1, ésta muestra una ligera identidad de secuencia con las endonucleasas sitio-específicas que funcionan en la iniciación de la replicación por el círculo rodante. Recientemente, Fontes *et. al.* 1994, demostraron que la proteína AL1 del TGLV se une específicamente a un fragmento de 52 pares de bases en la región común (Fontes *et al.* 1994b).

Hanson *et al.* 1995, señala que la proteína AC1(AL1) puede estar asociada a varias funciones con la replicación circular: 1. dirigiendo el complejo de replicación al origen de la replicación; 2. desenrrollando la plantilla de replicación como si AC1 fuera una helicasa; 3. rompiendo el ADN para iniciar la replicación del círculo rodante; 4. separar los genomas replicados dentro de unidades circulares monómeras y así producir una progenie viral como si AC1 fuera una nucleasa y/o ligasa. El AC1 es el único encuadre de lectura necesario para la replicación. El producto de expresión de este gen se conoce como la proteína AC1 e incluye una secuencia o «motif» de unión NTP característica común a 13 geminivirus incluyendo el BGMV-GA. Los autores analizaron los fenotipos de las mutaciones en el «motif» de unión NTP usando una evaluación de PCR rápida y sensible que mide la replicación de los geminivirus. Esta metodología fue desarrollada para estos estudios. La replicación en células de tabaco y la infección en el cultivo de frijol fueron bloqueadas con algunas de las mutaciones producidas, lo que demuestra que la secuencia de unión NTP de la proteína AC1 es indispensable para la replicación de los geminivirus (Hanson *et al.* 1995).

Heyraud-Nitschke *et al.* 1995, proponen que los geminivirus son un sistema simple y único para estudiar la replicación del ADN y las interacciones virus-planta, porque utilizan las polimerasas del hospedante para replicar su ADN y sólo una proteína viral es indispensable para la

replicación. Esta proteína Rep de 41 kDa está codificada por el gen AC1 en los geminivirus bipartitas o C1 en los virus monopartitas. Esta proteína actúa en *cis* sobre una región intergénica que incluye los 200 nucleótidos que son idénticos entre un par de genomas bipartitas, lo que se conoce como «Región Común». La región intergénica de todos los geminivirus contiene una secuencia altamente conservada, repetida e invertida, rica en GC y capaz de formar una estructura en horquilla. Ese lazo es de 10-13 nucleótidos del largo que contiene una secuencia de 9 nucleótidos (nonámero) invariable TAATATTAC. Recientemente, se demostró por análisis genéticos y bioquímicos que esa secuencia es el origen de la síntesis del ADN viral o replicación viral. La proteína Rep de los geminivirus inicia la replicación en círculos rodantes por el corte dentro del nonámero generando la secuencia $TAATATT_{OH\ P}$-AC. La proteína entonces se une covalentemente al grupo fosfato 5' y al grupo 3' hidroxilo del iniciador o cebador de la síntesis del ADN viral. La hipótesis propuesta es que: una vez que el ADN viral ha sido cortado, es liberado en una reacción de transferencia catalizada por la proteína Rep entre la extremidad 5' fija y el nonámero de la banda de ADN sintetizada por una reacción de transesterificación del hidroxilo 3' de la timina 7 del nonámero. La proteína Rep de los geminivirus además de intervenir en la replicación, reconoce las secuencias de banda doble de la región intergénica y reprime la transcripción de su propio gene. Esta proteína también activa la expresión del promotor del gen de la cubierta proteica en los geminivirus de las plantas monocotiledóneas. Para atribuir las diversas actividades de la proteína Rep de los geminivirus, a diferentes regiones de esa proteína, los investigadores expresaron una proteína de 30 kDa usando el gen C1 del WDV y una proteína de 24 kDa, usando un gen modificado para la proteína Rep del TYLCV que es un geminivirus monopartita que infecta monocotiledóneas. Para ambas proteínas se analizó *in vitro* la capacidad de cortar y además se comparó con la actividad de proteínas Rep completas. Los autores muestran que el dominio amino terminal de la proteína Rep es suficiente para cortar y pegar en el ADN del origen de la replicación viral.

Laufs *et al.* 1995, describieron el uso del TYLCV para estudiar el modo de acción de la proteína Rep de geminivirus. Estos investigadores purificaron la proteína Rep de TYLCV expresada en *Escherichia coli*, la que catalizó el corte y unión en el origen de replicación del ADN viral *in vitro*.

COMPATIBILIDAD ENTRE LOS COMPONENTES A Y B

A continuación se revisan dos ejemplos que ilustran la estricta especificidad entre los componentes A y B de los geminivirus bipartitas.

Las razas Logan y CFH del geminivirus BCTV poseen factores de replicación del ADN *cis* y *trans*, que son específicos y no son funcionalmente intercambiables. Los investigadores demostraron que la especifidad del factor *cis* está contenida completamente dentro de un fragmento de 82 a 97 bp que incluye la mayor parte del origen de replicación del ADN viral. También demostraron que el factor *trans* está localizado dentro de los aminoácidos del 3 al 89 de la proteína de replicación C1 del BCTV. Los experimentos de replicación mostraron que cuando se usan genomas de BCTV quiméricos que contienen de manera recíproca intercambiada los factores *cis* y *trans* de Logan y CFH, solo se obtiene replicación si los elementos son derivados de la misma raza. Dos genomas recíprocamente quiméricos con factores *cis* y *trans* heterólogos eran incapaces de replicarse. Estos resultados indican que las razas Logan y CFH de los geminivirus del BCTV son agentes virales diferentes aunque ambos producen la misma sintomatología en la remolacha (Choi & Stenger 1995).

Los genomas A y B de los geminivirus solamente son infecciosos en plantas cuando ambos son derivados del mismo geminivirus. Estudios hechos con el SqLCV y TGMV revelaron la incompatibilidad entre los dos componentes. En este estudio los investigadores demostraron que el TGMV y un virus estrechamente relacionado, como es el BGMV también mostraron una especifidad estricta entre el componente A y B. Usando este sistema ellos examinaron la función de la proteína AL1 y sugieren que el origen de replicación de los geminivirus consiste de por lo menos tres módulos funcionales (Fontes *et al.* 1994b).

DISEMINACION DE LOS GEMINIVIRUS DENTRO DE LA PLANTA

Dentro de los factores que determinan el ámbito de hospedantes de un virus está su habilidad para replicarse y diseminarse en una planta hospedante específica. En los virus de plantas, las mutaciones que afectan el rango de hospedante demuestran que en muchos casos afectan los genes que codifican las proteínas de movimiento viral, conocido como «viral movement proteins» (MPs). Los estudios genéticos sugieren que las MPs son esenciales para la infección, pero no para la replicación ni la encapsidación del virus. Las MPs facilitan el movimiento del virus, célula a célula y o el movimiento sistémico del virus a través de la planta. Los estudios moleculares indican que la MPs se pueden unir a ácidos nucleicos y que se localizan en la pared celular y en la membrana plasmática donde incrementan el tamaño de los poros plasmodesmales entre las células adyacentes. Los modelos hipotéticos sugieren que las MPs actúan como guías del transporte del genoma viral célula a célula, sin embargo debe ser determinado el mecanismo por el cual las MPs cumplen esa función, además de permitir que el genoma viral entre en el sistema vascular. El aislamiento de mutantes de MPs sugiere que existen interacciones específicas entre éstas y proteínas de la planta hospedera. El SqLCV es un geminivirus bipartita que se encuentra restringido en el floema de la planta que infecta. El componente B viral del SqLCV codifica para dos MPs, BR1 y BL1, con funciones diferentes según estudios recientes. La proteína BL1 se localiza en la pared celular y en la membrana plasmática igual que la MP de los virus ARN como el TMV, sin embargo con una diferencia, la MPs del SqLCV es incapaz de unirse a los ácidos nucléicos. Un estudio reciente con el geminivirus BDMV sugiere que al igual que las MPs de los virus ARN, afecta el tamaño de los poros plasmodesmales. La proteína BR1 del SqLCV se une a moléculas de ADN de banda simple y se localiza en el núcleo de las células del parénquima del floema y en las células compañeras en plantas infectadas. Basado en estos descubrimiento se sugirió que las proteínas BL1 y BR1 tenían funciones diferentes pero que actúan de manera coordinada para facilitar el movimiento del genoma viral. Los investigadores proponen que BR1 es una proteína de transporte nuclear que mueve al genoma viral ADN de banda simple (sb), hacia adentro y hacia afuera del núcleo, y que la función de la proteína BL1 en la membrana plasmática y en la pared consiste en facilitar el movimiento del complejo BR1 - ADN sb hacia las células adyacentes del floema y hacia el tejido vascular para el movimiento de larga distancia. Las proteínas BL1 y BR1 tiene una función muy importante para determinar el rango de hospedantes de SqLCV (Ingham *et al.* 1995).

En contraste con los virus ARN, la proteína de cubierta de los geminivirus bipartitos no se requiere para la infección sistémica, lo que indica que el ADN viral desnudo puede moverse de célula a célula y a gran distancia dentro de la planta. El ADN viral se replica dentro del núcleo y en algún punto del proceso de la infección el ADN de los geminivirus debe moverse a través de la membrana nuclear y de los plasmodesmos. Noueiry *et al.* 1994, estudiaron *in vivo* la función de las proteínas BL1 y BR1, relacionadas con el movimiento viral, para ésto expresaron dichas proteínas en *Escherichia coli* y las microinyectaron en las células vegetales. Ellos demostraron que la proteína BL1 del BDMV se mueve de célula a célula incrementando el tamaño de los plasmodesmos del mesófilo, ayudando así al movimiento de una molécula de ADN de banda doble. El movimiento de ADN de banda doble y de ADN de banda simple hacia afuera del núcleo es posible gracias a la acción de la proteína BR1. Estos resultados muestran la evidencia experimental directa del transporte intercelular de macromoléculas dentro de la planta.

LA TRANSMISION VIRAL Y LA PROTEINA DE CUBIERTA

El ADN-A del BGMV codifica las proteínas para la replicación viral y la proteína de cubierta. Para determinar la función de la cápside proteica del BGMV en la infección sistémica y en la transmisión por moscas blancas, se introdujeron tres mutaciones en el gen de la cápside proteica del BGMV. Los tres mutantes produjeron infecciones sistémicas cuando se co-inocularon con el DNA-B dentro de *Phaseolus vulgaris* usando una pistola que funciona como un acelerador de partículas por descarga eléctrica. Los mutantes no son transmisibles por savia y no

se pudo detectar la cápside proteica del BGMV cuando las plantas se infectaron con los mutantes. Ninguno de los mutantes fue transmitido por las moscas blancas (Azzam *et al.* 1994).

RESISTENCIA MEDIANTE INGENIERIA GENETICA

Se describen tres ejemplos que utilizan estrategias y geminivirus diferentes: el gen AC2 en «antisense» del TGMV, la proteína de cubierta del TLCV y los ADNs subgenómicos del ACMV.

El mejoramiento genético del tomate para obtener resistencia a enfermedades, consistió en introducir al tomate cultivado genes de resistencia descubiertos en especies de tomate silvestre. Recientemente, el potencial de la ingeniería genética para producir plantas resistentes a virus ha sido confirmado por diferentes investigaciones. Plantas de tabaco de *Nicotiana benthamiana* transformadas con el gene involucrado en replicación viral AC2 del TGMV en la orientación «antisense» ha demostrado alguna resistencia contra TGMV (Day *et al.* 1991). Plantas de tabaco transformadas con ADN subgenómico del ADN-B del ACMV desarrollaron síntomas menos severos que las plantas no transformadas cuando se enfrentaron al ACMV (Stanley *et al.* 1990). La protección usando la proteína de cubierta que ha sido muy exitosa en varios virus ARN no parecía serlo en geminivirus, sin embargo en el estudio hecho por Kunik *et al.* 1994, se demostró que plantas transformadas con la proteína de cubierta del TYLCV son resistentes al virus cuando se someten a inoculación mediada por moscas blancas. En este experimento se tomó el gen de la cubierta proteica del TYLCV y se sometió al control transcripcional del promotor 35s del virus del mosaico de la coliflor, luego se clonó en un plásmido derivado del plásmido Ti de *Agrobacterium* y se transformaron plantas de un híbrido interespecífico de tomate *Lycopersicon esculentum X L. Pennellii* (F1) que era sensible a la enfermedad TYLCV. Cuando las plantas transgénicas que expresaban el gen de la cubierta proteica, fueron inoculadas con TYLCV, usando moscas blancas que se habían alimentado en plantas infectadas con TYLCV, las plantas transgénicas respondieron mostrando síntomas tardíos y recuperándose de la enfermedad.

Antignus y Cohen 1994, realizaron una investigación en la cual un ADN de banda simple extraído del TYLCV originalmente descrito, sirvió como plantilla para la síntesis *in vitro* de una molécula ADN de banda doble. Análisis con diferentes enzimas de restricción produjo fragmentos de un peso molecular aproximado de 5,6 kb (dos veces el tamaño del genoma viral). Los análisis de restricción y los análisis por hibridación sugieren que el TYLCV estaba constituido por dos poblaciones de ADN viral que tenían pequeñas diferencias en secuencias. La agroinoculación del hospedante con una población de ADN viral clonado del TYLCV dió como resultado una infección sistémica pero con síntomas mucho más leves que los inducidos por el virus nativo. Analizando los datos de secuencia de ambas poblaciones virales, la organización del genoma del clon leve, fue la misma que la descrita anteriormente para un aislamiento israelí, sin embargo, la secuencia de nucleótidos de la región no codificante intergénica, la supuesta replicasa, y el encuadre de lectura abierto C4, tienen solo el 78, 87, y 76 % de homología respectivamente, cuando se compara con el aislamiento del TYLCV israelita severo, ya anteriormente descrito.

Un miembro particular del grupo del virus del BCTV, se considera el patógeno transmitido por el insecto más importante en la remolacha y se cree que es el agente causal de la enfermedad «curly top» en una variedad de cultivos. La epidemiología compleja de esta enfermedad se atribuye a un amplio rango de hospedantes que involucran aproximadamente 40 familias de dicotiledóneas y numerosas razas que componen la población viral. El genoma del BCTV comprende un único ADN circular lo que contrasta con la mayoría de geminivirus que infectan plantas dicotiledóneas, cuyo virus representante es el ACMV que tiene un genoma bipartito, (Fig. 2). La organización del genoma del BCTV es similar a la del ACMV-A, aunque los análisis genéticos revelan además que tiene características únicas, lo que explica la ausencia del componente B. Además del ADN genómico se observan ADNs subgenómicos que se producen naturalmente en la yuca infectada con ACMV y que pueden ser mantenidos en *Nicotiana benthamiana*. En esta planta también se producen ADNs subgenómicos cuando se infecta con TGMV y PYMV lo que parece indicar que la producción de subgenómicos es un hecho común en los geminivirus bipartitas. Los ADNs subgenómicos de ACMV y TGMV integran

una población de mutantes defectivos estrechamente relacionados, que se derivan únicamente del ADN -B y poseen un tamaño de la mitad del ADN genómico. Cuando se reintroducen dentro de *Nicotiana benthamiana* los dos componentes genómicos del ACMV, los ADNs subgenómicos de dicho virus interfieren con la proliferación viral produciendo una reducción en el número de plantas infectadas, atraso en el desarrollo de los síntomas, atenuación de los síntomas, lo que significa que los subgenómicos se comportaron como moléculas de ADN defectivas bloqueadoras, «defective interfering DNA» (DI-DNA). Estas observaciones sugieren que los DI-DNA pueden ser explotados para proteger las plantas contra enfermedades causadas por geminivirus bipartitas. Plantas de *Nicotiana benthamiana* transformadas con un pedazo repetido de ADN subgenómico, sigue "siendo susceptible" a la infección pero producen una mejora en la sintomatología cuando se *agro*-inocula con BCTV. Las plantas transgénicas contienen únicamente del 10 al 30% de la cantidad del ADN viral detectado en las plantas control no transformadas que además muestran síntomas severos. La mejora en la sintomatología está asociada con la movilización de los ADN subgenómicos a partir de la plantilla integrada y su amplificación es aproximada a un tercio de la cantidad total de ADN viral. La amplificación de subgenómicos específicos en plantas transgénicas indica la exclusión de las otras formas de ADN subgenómico (Frischmuth & Stanley 1994).

La mosca blanca del camote, *Bemisia tabaci* (Gennadius) es una de las plagas más importantes de los Estados Unidos, del Medio Oriente y de muchas regiones tropicales y subtropicales (Brown 1994). Un nuevo biotipo de mosca blanca, el biotipo B llamado también mosca blanca de la hoja plateada, ha causado daños en los cultivos por alimentación directa y por transmisión de virus de plantas (Brown 1995). Recientemente, el biotipo B de *B. tabaci* se estableció en el sur de los Estados Unidos y ha sido identificado también en Italia, en el sur de Francia, en Portugal y Grecia. La habilidad del biotipo B para transmitir geminivirus es importante para la producción agrícola. El conocimiento del modo de transmisión de los virus, de planta a planta por el insecto vector es fundamental, tanto para entender la epidemiología viral como para diseñar estrategias de manejo. Estudios previos de la transmisión del TYLCV usaron técnicas de detección viral basadas en la hibridación de los ácidos nucléicos. Mehta *et al.* 1994a, demostraron que para la transmisión de un aislamiento de TYLCV egipcio era necesario solamente un adulto por planta, pero que la eficiencia de la transmisión se incrementó cuatro veces cuando el número de adultos se aumentó a cinco por planta. *B. tabaci* transmitió el TYLCV después de un período de adquisición mínimo de quince minutos y la tasa de transmisión se incrementó cuando los períodos de adquisición se incrementaba hasta alcanzar un máximo de 24 horas. El período de inoculación mínimo fue de quince minutos, pero la tasa de transmisión se incrementó cuando los períodos de inoculación se hacían más largos alcanzando un máximo a las 12 horas después de la inoculación. La cantidad de TYLCV en *B. tabaci* después de un período de adquisición de 12 horas se incrementó alcanzando un pico a las 108 horas, y permaneció estable, entre 132 y 180 horas después del período de adquisición, estos resultados indican que la multiplicación de virus dentro del vector sería la explicación más sencilla para el incremento continuo de la cantidad de TYLCV dentro del vector.

El BGMV es uno de los obstáculos más serios para la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en las tierras bajas de América Latina. Este no había sido señalado como económicamente importante en la Florida, a pesar de que prevalecía en islas caribeñas cercanas como Cuba, Jamaica, República Dominicana, Haití y Puerto Rico. La distribución de BGMV se ha extendido contínuamente desde que se describió la enfermedad por primera vez. Se ha extendido en varias regiones de América Latina, como Honduras y el noreste de Brasil, donde era desconocido anteriormente, y se ha convertido en la principal enfermedad de frijol en menos de una estación. Una vez instalada la enfermedad ha sido difícil de controlar o eliminar. Las medidas de control incluyen el uso sistémico de insecticidas o la regulación del ciclo de la plantación y la producción de hospedantes alternativos de mosca blanca. Anteriormente, un geminivirus con síntomas similares a los del BGMV, en un frijol mecánicamente inoculado, *Phaseolus vulgaris* L. cv. Topcrop, fue aislado de la planta *Macriotilium lathyroides* (L.) Urb. encontrada en el sur de la Florida. Este geminivirus fue descrito como un aislamiento del BGMV-Florida, y demos-

tró tener una gran similitud de secuencia con el BGMV-PR, pero no se ha encontrado infectando de forma natural plantaciones de frijol en el campo. Este geminivirus se le ha dado un nuevo nombre «Macroptilium geminivirus» (MaGVFL). En enero de 1993, una epidemia de BGMV en frijol fue detectada en el condado de Dade (sur de la Florida), y se desarrolló una seria enfermedad durante la primavera. Este fue el primer informe de una epidemia de BGMV en plantaciones de frijol en la Florida. (Blair *et al.* 1995).

GEMINIVIRUS EN COSTA RICA

Debido a la seriedad de la epidemia de los geminivirus en Centroamérica, en 1993 el Presidente de la República y el Ministro de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, formularon el decreto ejecutivo no. 22292. Este decreto apoya la investigación y recolección de la información necesaria para el manejo integrado de este problema, tomando en cuenta los planes nacionales. Algunos de los cultivos más afectados por infección con geminivirus son tomate y frijol, aunque se ha detectado geminivirus en chile dulce, papaya y melón; además de una gran variedad de malezas e incluso árboles, como reservorios silvestres y probable fuente de inóculo. Aunque no existe control químico para los geminivirus ni sus insectos vectores, diferentes grupos de técnicos agrícolas en Costa Rica y Centroamérica, están diseñando alternativas de manejo del insecto vector, que sean acordes con la agricultura que busca la armonía con el ambiente, por ejemplo el Area de Fitoprotección del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) (Rivas Platero *et al* 1993, 1995, 1997; Hilje *et al.*, 1993, 1995; Salazar *et al.* 1996; Padilla *et al.* 1995; Suazo *et al.* 1995; Blanco *et al.* 1994). De manera simultánea, científicos de otros países, por ejemplo el grupo liderado por Douglas P. Maxwell, de la Universidad de Wisconsin-Madison, están diseñando alternativas de control que involucran la producción (mediante ingeniería genética) de plantas transgénicas resistentes a geminivirus. En el Centro de Investigación de Biología Celular y Molecular (CIBCM) de la Universidad de Costa Rica, se desarrolla el proyecto centroamericano llamado «Biotecnología molecular para el control de geminivirus», financiado parcialmente por CRSP-AID. Este proyecto tiene como objetivo el proveer a los científicos que están diseñando las alternativas de control, con el conocimiento y las herramientas de diagnóstico necesarias. Este proyecto utiliza las técnicas del ADN recombinante, tales como PCR, y el clonaje molecular de geminivirus. Se realizan secuencias de los clones y esta información sirve para desarrollar estudios filogenéticos. También se usan sondas para el diagnóstico molecular de geminivirus, lo que a su vez permite efectuar estudios epidemiológicos, evaluación de prácticas culturales y evaluación de germoplasma.

LITERATURA CITADA

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, J.D. 1994. Molecular Biology of the cell. New York, Garlang Publishing. 300-319 p.

ANTIGNUS, Y.; COHEN, S. 1994. Complete nucleotide sequence of an infectious clone of a mild isolate of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV). Phytopathology 84:707-712.

ARGÜELLO-ASTORGA, G.R.; GUEVARA-GONZALEZ, R.G.; HERRERA-ESTRELLA, L.R.; RIVERA-BUSTAMANTE, R.F. 1994. Geminivirus replication origins have a group-specific organization of iterative elements: A model for replication. Virology 203:90-100.

AUSUBEL, F.; BRENT, R.; KINGSTON, R.; MOORE, D.; SIEDMAN, J.G.; SMITH, J.A.; STRUHL, K. (Eds). 1992. Current protocols in Molecular Biology New York, Greene Publishing. vol II. 15.1-15.7 p.

AZZAM, O.; FRAZER, J.; DE LA ROSA, D.;, BEAVER, J.S.; AHLQUIST, P.; MAXWELL, D.P. 1994. Whitefly transmision and efficient ssDNA accumulation of bean golden mosaic geminivirus require functional coat protein. Virology 204:289-296.

BLAIR, M.W.; BASSET, M.J.; ABOUZID, A.M.; HIEBERT, E.; POLSTON, J.E.;MCMILLIAN, Jr. R.T.; GRAVES, W.; LAMBERTS, M. 1995. Ocurrence of bean golden mosaic virus in Florida. Plant Diseases 79:529-533.

BLANCO, J.; HILJE, L. Efecto de coberturas al suelo sobre la abundancia de *Bemisia tabaci* y la incidencia de virosis en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35:1-10.

BRIDDON, R.W.; WATTS, J.; MARKAM, P.G.; STANLEY, J. 1989. The coat protein of beet curly top virus is essential for infectivity. Virology 172:628-633.

BROWN, J.K; FROHLICH, D.R.; ROSSELL, R.C. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? Annual Review of Entomology 40:511-534.

BROWN, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems world-wide. FAO. Plant Protection Bulletin 39(1):5-23.

CHOI, I.-R.; STENGER, D. 1995. Strain-specific determinants of beet curly top geminivirus DNA replication. Virology 206:904-912.

COHEN, S.; ANTIGNUS, Y. 1994. Tomato yellow leaf curl virus, a whitefly-borne geminivirus of tomatoes. Adv. Dis. Vector Res. 10:259-288.

CZOSNEK, H.; BER, R. ; NAVOT, N. ; ZAMIR, D. ; ANTIGNUS, Y.; COHEN, S. 1988. Detection of tomato leaf curl virus in lysates of plants and insects by hibridization with a viral DNA probe. Plant Diseases 72:949-951.

DAVIES, J.W.; STANLEY, J. 1989. Geminivirus genes and vectors. Trends Genet 5:77-81.

DAY, A.G., BEJARANO, E.R.; BUCK, K.W.; BURRELL, M.; LICHTENSTEIN, C.P. 1991. Expression of an antisense viral gene in transgenic tobacco confers resistence to the DNA virus tomato golden mosaic virus. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88:6721-6725.

ELMER, J.S.; BRAND, L.; SUNTER, G.; GARDINER, E.E.; BISARO, D.M.; ROGERS, S.G. 1988. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus. II. The product of the AL1 coding region is required for replication. Nucleic Acid Res. 16:7043-7060.

ETESSAMI, P.; SAUNDERS, K.; WATTS, J.; STANLEY, J. 1991. Mutational analysis of complementary-sense genes of African cassava mosaic-virus DNA-A.J. Gen. Virol. 72:1005-10012.

FONTES, E.P.B.; LUCKOW, V.A.; HANLEY-BOWDOIN, L. 1992. A geminivirus replication protein is a sequence-specific DNA binding protein. Plant Cell 4:597-608.

FONTES, E.P.B.; EAGLE, P.A.; SIPE, P.S.; LUCKOW, V.A.; HANLEY-BOWDOIN, L. 1994a. Interaction between a geminivirus replication protein and origin DNA is essential for viral replication. J. Biol. Chem. 269:8459-8465.

FONTES, E.P.B.; GLADFELTER, H.J.; SCHAFFER, R.L.; PETTY, I.T.D.; HANLEY-BOWDOIN, L. 1994b. Geminivirus replication origins have a modular organization. Plant Cell 4:597-608.

FRISCHMUTH, T.; STANLEY, J. 1994. Beet curly top virus symptom amelioration in *Nicotinia benthamiana* trnsformed with a anaturally ocurring viral subgenomic DNA. Virology 200:826-830.

GILBERTSON, R.L.;, FARIA, J.C.; HANSON, S.F.; MORALES, F.J.; AHLQUISTI, P.; MAXWELL, D.P.; RUSSEL, D.R. 1991a. Cloning of the complete DNA genomes of four bean-infecting geminiviruses and determining their infectivity by electric discharge particle acceleration. Phytopathology 81:980-985.

GILBERTSON, R.L.; HIDAYAT, S.H.; MARTINEZ, R.T.; LEONG, S.A.; FARIA, J.C.; MAXWELL, D.P. 1991b. Differentiation of bean-infecting geminiviruses by nucleic acid hybridization probes and aspects of bean golden mosaic in Brazil. Plant Diseases 75:336-342.

HAMILTON, W.D.O.; BISARO, D.M. COUTTS, R.H.A.; BUCK, K.W. 1983. Demostration of the bipartite nature of genome of a single-stranded DNA plant virus by infection with the cloned DNA components. Nucleic Acids Res. 11:7387-7396.

HANLEY-BOWDOIN, L.; ELMER, J.S.; ROGERS, S.G. 1990. Expression of functional replication protein from tomato golden mosaic virus in transgenic tobacco plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87:1446-1450.

HANSON, S.F.; HOOGSTRATEN, R.A.;AHLQUIST, P.; GILBERTSON, R.L.; RUSSELL, D.R.; MAXWELL, D.P. 1995. Mutational analysis of a putative NTP-binding domain in the replication-associated protein (AC1) of bean molden mosaic geminvirus. Virology 211:1-9.

HEYRAUD-NITSCHKE, F.; SCHUMACHER, S.; LAUFS, J.; SCHAEFER, S.; SCHELL, J.; GRONENBORN, B. 1995. Determination of the origin cleavage and joining domain of geminivirus Rep proteins. Nucleic Acids Res. 23:910-916.

HILJE, L.; CUBILLO, D.; SEGURA, L. 1993. Observaciones Ecológicas sobre mosca blanca *Bemisia tabasi* (Gennagius) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30:24-29.

HILJE, L. 1995. Aspectos biológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamerica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)35:46-54

HONG, Y.; HARRISON, B.D. 1995. Nucleotide sequences from tomato leaf curl viruses from different countries: evidence for three geographically separate branches in evolution of whitefly-transmitted geminiviruses. J. Gen. Virol. 76:2043-2049.

HORMUDZI, S.G.; BISARO, D.M. 1995 Genetic analysis of bett curly top virus: Examination of the roles of L2 and L3 genes in viral pathogenesis. Virology 206:1044-1054.

INGHAM, D.L.; PASCAL, E.; LAZAROWITZ, S.G. 1995. Both bipartite geminivirus movement proteins define viral host range, but only BL1 determines viral pathogenicity. Virology 207:191-204.

KHEYR-POUR, A.M.; BENDAHMANE, V.M.; ACCOTTO, G.P.; CRESPI, S.; GRONENBRON, B. 1991. Tomato yellow leaf curl virus from Sardinia is a whitefly-transmitted monopartite geminivirus. Nucleic Acids Res 19:6763-6769.

KUNIK, T.; SALOMON, R.; ZAMIR, D.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; MICHELSON, I.; GAFNI, Y.; CZOSNEK, H. 1994. Transgenic tomato plants expressing the tomato yellow leaf curl virus capsid protein are resistant to the virus. BioTechnology 12:500-504.

LAUFS, J.; TRAUT, W.; HEYRAUD, F.; MATZEIT, V.; ROGERS, S.G.; SCHELL, J.; GRONENBORG, B. 1995. *In vitro* cleavage and joining at the viral origin of replication by the replication initiator protein of tomato yellow leaf curl virus. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92:3879-3883.

LAZAROWITZ, S.G. 1992. Geminiviruses: Genome structure and gene function. Crit. Rev. Plant Sci. 11:327-349.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; KOX, M.M. 1993. Principles of Biochemistry. New York, Worth Publishers; 984-1011 p.

MAYO, M.A.; MARTELLI, G.P. 1993. New families and genera of plant viruses. Archives of Virology 133:496-498.

MEHTA, P.; WYMAN, J.A.; NAKHLA, M.K.; MAXWELL, D.P. 1994a Polymerase chain reaction detection of viruliferous *Bemisia tabaci* (Homptera: Aleyrodidae) with two tomato-infecting geminiviruses. Journal of Economy Entomology 87:1285-1290.

MEHTA, P.J.; WYMAN, J.A.; NAKHLA, M.K.; MAXWELL, D.P. 1994b Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia tabaci* (Homptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology 87:1291-1297.

MORRIS, B.A.M.; RICHARDSON, K.A.; HALEY, A.; ZHAN, X.; THOMAS, J.E. 1992. The nucleotide sequence of the infectious cloned DNA component of tobacco yellow dwarf virus reveals features of geminiviruses infectin monocotyledonous plants. Virology 187:633-642.

NAVOT, N.; PICHERSKY, R.; ZEIDAN, M.; ZAMIR, D.; CZOSNEK, H. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: A whitefly-transmitted geminivirus with a single genomic component. Virology 185:151-161.

NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; PICHERSKY, E.; ZAMIR, D.; CZOSNEK, H. 1992. Use of the polymerase chain reaction to amplify tomato yellow leaf curl virus DNA infected plants and viruliferous whiteflies. Phytopathology 82:1199-1202.

NOUEIRY, A.O.; LUCAS, W.J.; GILBERTSON, R.L. 1994. Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plamodesmal transport. Cell 76:925-932.

PADIDAM, M.; BEACHY, R.N.; FAUQUET, C.M. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. Journal of General Virology 76:249-263.

PADILLA, Mr. 1995. Reducción de la severidad del Mosaico Amarillo del tomate mediante fertilización de suelo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84 p.

REVINGTON, G.N.; Sunter, G.; Bisaro, D.M. 1989. DNA sequences essential for replication of the B genome component of tomato golden mosaic virus. Plant Cell. 1:985-992.

RIVAS PLATERO, G.; LASTRA, R. 1993. Detección no radioactiva de geminivirus en tomate mediante hibridación de ácidos nucleicos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30:7-10

RIVAS PLATERO, G.; RAMIREZ, P.; CUBILLO, D.; Hilje, L. 1995. Detección de virus en plantas silverstres asociadas con el tomate y el chile dulce en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)38:37-39.

RIVAS PLATERO, G.; RAMIREZ, P.; CUBILLO, D.; HILJE, L. 1995. Traslocación y cuantificación de geminivirus asociados con el Mosaico Amarillo del tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)38:20-24.

RIVAS PLATERO, G.; VILLALBA VELASQUEZ, V.; GARITA, H.; RAMIREZ, P. 1997. Detección del Mosaico Amarillo del tomate en el vector *Bemisia tabaci*(Genn). In: Actas de la III Semana Científica.(3-5 febrero 1997). CATIE, Turrialba, Costa Rica. P. 339-341.

RIVAS PLATERO, G.; VILLALBA VELASQUEZ, V.; RAMIREZ, P. 1997. Evaluación de las líneas de tomate y su respuesta a la infección con geminivirus. In: Actas de la III Semana Científica.(3-5 febrero 1997). CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 335-338

ROGERS, S.G.; BISAROM, D.M.; HORSCH, R.B.; FRALEY, R.T.; HOFFMAN, N.L.; BRAND, L.; ELMER, J.S.; LLOYD, A.M. 1986. Tomato golden mosaic virus a component DNA replicates autonomously in transgenic plants. Cell 45:596-600.

ROJAS, M.R.; GILBERTSON, R.L.; RUSSEL, D.R.; MAXWELL, D.P. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. Plant Diseases. 77:340-347.

RYBICKI, E.P.; HUGES, F.L. 1990. Detection and typing of maize streak virus and other distantly related geminiviruses of grasses by polymerase chain reaction amplification of a conserved viral sequence. J. Gen. Virol. 71:2519-2526.

SALAZAR, E.; RAMIREZ, P.; CUBILLO, D.; RIVAS, G.; HILJE, L. 1997. La densidad de los adultos viruliferos de *Bemisia tabaci* afecta la severidad del mosaico amarillo y los rendimientos en tomate. In: Actas de la Semana Científica.(3, 1997. Turrialba, C.R.). Turrialba, C.R., CATIE. p.147-149.

STANLEY, J. 1983. Infectivity of the cloned geminivirus genome requires sequences from both DNAs. Nature 305:643-645.

STANLEY, J.; FRISCHMUTH, T.; ELLWOOD, S. 1990. Detective viral DNA ameliorates symptoms of geminivirus infection in transgenic plants. Proc. Natl. Acad. Sci. 87:6291-9295.

STENGER, D.C.; REVINGTON, G.N.; STEVENSON, M.C.; BISARO, D.M. 1991. Replicational release of geminivirus genomes from tandemly repeated copies: Evidence for rolling-circle replication of a plant viral DNA. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88:8029-8033.

SUAZO, P.E. 1995. Efecto de podas y fertilización sobre la severidad del Mosaico amarillo del tomate. Tesis Mag. Sc. Turialba, C.R., CATIE, 89 p.

SUNTER, G.; GARDINER, W.E.; RUSHING, A.E.; ROGERS, S.G.; BISARO, D.M. 1987. Independent encapsidation of tomato golden mosaic virus A component DNA in transgenic plants. Plant Mol. Biol. 8:477-484.

SUNTER, G.; HARTITZ, M.D.; HORMUZDI, S.G.; BROUGH, C.L.; BISARO, D.M. 1990. Genetic analysis of tomate golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication. Virology 179:69-77.

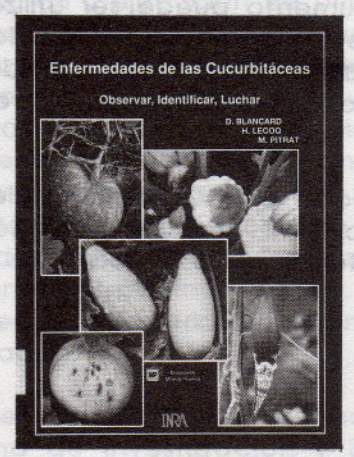
Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p.55-57, 1997

RESEÑAS DE PUBLICACIONES

HRUSKA, A.J.; LARA PAVON, M. (eds). 1997. Plantas transgénicas. *Bacillus thuringiensis* en la agricultura mesoamericana. Honduras, Zamorano Academic Press. 137 p.

La Biotecnología ha permitido la manipulación de muchos organismos, entre ellos las plantas. A través de esa manipulación se han desarrollado plantas transgénicas con mejor calidad de los productos cosechados o con resistencia a plagas. Muchas especies vegetales ya están disponibles, comercialmente, para los agricultores. Como ejemplo, en 1996 el 40% del algodón plantado en EE.UU. fue de variedades transgénicas. La mayoría de plantas transgénicas, expresan en sus tejidos, los genes de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) para producir cristales de características insecticidas. De esta forma, el desarrollo de este tipo de plantas permitirá llevar a los campos de cultivo las denominadas «plantas plaguicidas». La incorporación de las plantas *Bt* podría permitir a mediano plazo la reducción del uso de plaguicidas y por lo tanto una disminución de los costos del manejo de plagas, lo que redundaría en un mayor beneficio económico de la producción. Asímismo, se tendría mayor protección al ambiente y la salud pública. No obstante, su uso sin reglamentaciones, podría, en el corto plazo erosionar genéticamente la relación plantas silvestres-plantas nativas y como resultado anular el efecto *Bt* por el surgimiento de plagas resistentes en ese tipo de poblaciones. El desarrollo inmediato de la resistencia al *Bt* dejaría a los productores con escasas opciones para una agricultura sostenible. Las anteriores y otras consideraciones son analizadas en este texto, el cual documenta las experiencias con plantas *Bt* de especialistas que se reunieron en El Zamorano, Honduras (20-23 mayo, 1996) y analizaron el impacto del posible despliegue de plantas *Bt* en Mesoamérica. El texto reune las actas de dicho taller y está dirigido para aquellos lectores que tengan interés en la biotecnología del *Bt*. Esta publicación es un valioso insumo de conocimientos para la biotecnología de la región.

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



LECOQ, H.; BLANCARD, D.; PITRAT, M.; JAVOY, M. 1996. Enfermedades de las cucurbitáceas: Observar, identificar, luchar. Madrid, Ed. Mundi-Prensa. 301 p . Traductor A.E. Apaolaza Corral.

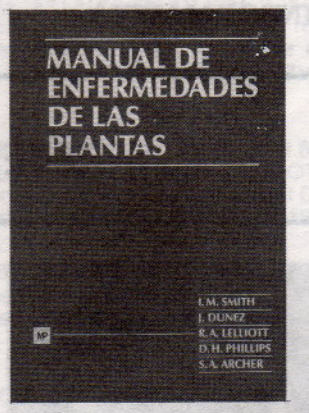
Este manual comprende una detallada y minuciosa descripción de los síntomas que diversos factores bióticos y abióticos inducen en las cucurbitáceas. Los autores pertenecen a la Estación de Patología y Mejora Vegetal del

Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INRA) de Francia. El último autor representa a la Cámara Agrícola de Loiret. Dos grandes partes dividen la obra, en la primera se presentan 472 fotografías a color y un grupo de figuras, que permiten al lector familiarizarse con la variada sintomatología que desarrolla este grupo de plantas, cuando son afectadas por diversas anomalías en hojas, flores y frutos. En cada caso se muestran los síntomas, posibles causas de la aparición y una serie de argumentos complementarios para un diagnóstico presuntivo. En la segunda parte, según los agentes patógenos, se presentan 35 fichas técnicas que documentan sobre el agente causal, síntomas, frecuencia e importancia económica, perpetuación, difusión, condiciones favorables para el desarrollo y medios de lucha. Se incluye además, una guía didáctica para el uso del libro.

El texto alude, principalmente al pepino, la sandía, las calabazas y el melón cultivados en la Cuenca Mediterránea y Europa. Se mencionan, también, las principales enfermedades de este grupo de plantas que ocurren en otras partes del mundo.

El documento puede ser utilizado por estudiantes de agronomía, fitopatólogos y profesores universitarios y el contenido puede servir de guía en cursos de Diagnóstico de Plagas o Patología Vegetal.

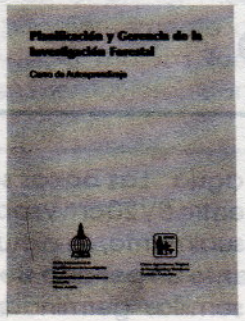
(Reseñado por: Gonzalo Galileo Rivas Platero, MSc. CATIE. Area de Agricultura Tropical Sostenible. Turrialba, Costa Rica).



SMITH, I.M.; DUNEZ, J.; PHILLIPS, D.H.; LELLIOTT, R.A.; ARCHER, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid, Ed. Mundi-Prensa. 671 p.

Este libro es una traducción del "Europan Handbook of Plant Diseases" realizada en España. Incluye las enfermedades más importantes que afectan los cultivos agrícolas, ornamentales y forestales en Europa, así como algunas enfermedades que se dan en otras latitudes pero pueden llegar a ser importantes en Europa. Es una obra de referencia muy completa, dividida en capítulos que corresponden a los grupos de patógenos de plantas, de acuerdo a orden y familia. Dentro de cada capítulo las enfermedades se citan en orden alfabético según el género del agente causal. Para cada patógeno se incluye, una descripción taxonómica básica, huéspedes, métodos de diagnóstico, distribución geográfica, enfermedades que causa, epidemiología, importancia económica y manejo. Al final de cada capítulo se presenta una extensa bibliografía.

(Reseñado por: Vera Sáchez, Dr., CATIE. Area de Fitoprotección. Turrialba, Costa Rica).



CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA; IUFRO, Programa Especial para países en Desarrollo. 1995. Planificación y gerencia de la investigación forestal: curso de autoaprendizaje. Ed. por R. Guevara M.; B. Finegan; J.J. Campos. Turrialba, C.R. CATIE/IUFRO. 6 v.

La gerencia de programas de investigación no es una tarea fácil. Se requiere alta calidad en la planificación y gerencia de la investigación para lograr los resultados necesarios y así resolver los importantes problemas que hoy enfrenta la sociedad.

Este paquete de 12 módulos en seis volúmenes de educación a distancia tiene como objetivo proveer un curso sistemático de autoaprendizaje sobre principios y práctica de programas, organizaciones y unidades de investigación de la gerencia forestal.

Este curso está dirigido especialmente a gerentes actuales o potenciales de nivel medio en organizaciones de investigación forestal que deseen prepararse para mayores responsabilidades en gestión de administración como directores (incluso directores generales) de organizaciones de investigación, gerentes o directores de división con responsabilidad de planificación y gerencia, jefes de centros de investigación o funcionarios a cargo de estaciones experimentales, y gerentes o líderes de proyectos con responsabilidad de planificación gerencial de un proyecto de investigación.

El contenido del curso está organizado como una serie de módulos de autoaprendizaje relativamente autocontenidos. Los primeros dos volúmenes se concentran en presentar los tres niveles de la planificación de investigación forestal. Especialmente en el volumen II se da a conocer los pasos necesarios para producir un plan estratégico de la investigación, tomando en cuenta como se canalizan los insumos, tanto internos como externos, para el plan estratégico de investigación. Los volúmenes del 5 al 10 se concentran en varios aspectos de gerencia de la investigación. Contienen métodos y técnicas muy útiles para un gerente de programa o proyecto de investigación como por ejemplo: manejo de recursos humanos, preparación del presupuesto y planes anuales. Los volúmenes 11 y 12 se concentran en la vinculación de la investigación con el mundo exterior, o sea, con los usuarios de la investigación.

En el futuro, los recursos disponibles para la investigación forestal serán, más que ahora, sujetos de competencia. Al mismo tiempo, los retos para la investigación forestal son cada día más fuertes y difíciles. En otras palabras, necesitamos mejorar nuestra eficiencia de planificación y ejecución de programas de investigación forestal. Este curso es un gran paso para ayudar a los actuantes en este campo. Aunque el enfoque del curso es investigación forestal, las metodologías son igualmente aplicables a varios campos de la investigación. Esta es una publicación que cada planificador y gerente de la investigación en el área de manejo de recursos naturales renovables tendría que tener disponible como curso de autoaprendizaje, material de referencia y fuente de inspiración.

(Reseñado por: Markku Kanninen, Dr. CATIE. Programa de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica).

Precio: US$100.00

TESIS DE POSGRADO

Castillo V., A. 1995. Evaluación de nematodos entomógenos (Rabditida: Steinernematidae y Heterorhabditidae) para el control biológico de broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. en Chiapas, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 72 p.

En esta investigación se determinó bajo condiciones de laboratorio el parasitismo que ejercen los nematodos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae sobre adultos de *Hypothenemus hampei* y su potencial para utilizarse en el control de la población localizada en frutos caídos al suelo durante el período entre cosechas en Chiapas, México. Como modelo de evaluación se utilizó café pergamino infestado, simulando el suelo con arena. Se observó un efecto patogénico en la broca del café cuando se aplicaron de 125 a 4000 juveniles infectivos de nematodos sobre la arena que contenía el grano brocado. Se incluyeron en esta evaluación tres cepas nativas de la región del Soconusco, cuatro originarias de Costa Rica y una cepa comercial. Cuatro cepas presentaron mayor efecto parasítico, tres de las cuales fueron del género *Heterorhabditis* y la cepa comercial de *Steinernema carpocapsea*. Se obtuvo una CI_{50} de 600 juveniles infectivos por grano infestado para la cepa más agresiva, IIM-1 *Heterorhabditis* spp. El efecto parasítico usando café pergamino infestado fue mayor que cuando se usó café verde y café seco.

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

Se evaluó la longevidad de la semilla y opciones de manejo de *E. colona* resistente a propanil en Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. Para estudiar la longevidad, se colocaron semillas de *E. colona* en bolsas de polipropileno permeables al agua. Las bolsas se colocaron a profundidades entre 5 y 20 cm y sobre 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 no persistieron más de cuatro meses, mientras que las enterradas presentaron en promedio un 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* y ocurrió mayor germinación en aquellas colocadas sobre la superficie. Se evaluaron tácticas de control cultural y químico en el cultivo de arroz en dos localidades, incluida la incorporación del rastrojo, la eliminación de la población de malezas presentes antes de la siembra con glifosato (1,08 kg e.a./ha) y dos opciones de control químico dentro del cultivo. Una consistió de dos aplicaciones de propanil a razón de 3,84 kg/ha (manejo convencional), y la otra en la aplicación de pendimetalina (750 g/ha) en postemergencia temprana (manejo alternativo). Cuando fue necesario, ambos tratamientos se complementaron con una aplicación tardía de fenoxaprop-p-etilo en dosis de 45 g e.a./ha. La incorporación del rastrojo no afectó el rendimiento del cultivo ni la densidad de la *E. colona* en el siguiente ciclo de cultivo. El glifosato redujo sustancialmente la densidad de la maleza, resultando en un mayor rendimiento del arroz. En una de las localidades, la aplicación de glifosato se complementó muy bien con la pendimetalina; esta última siempre resultó más eficaz que el propanil. La eficacia de la pendimetalina fue más notoria cuando no se aplicó glifosato. En el otro experimento se cuantificó la emergencia de plántulas de *E. colona* durante el ciclo del arroz. Los tratamientos incluyeron parcelas con arroz, sin arroz removiendo el suelo, y sin arroz sin remoción del suelo. Se observaron dos germinaciones fuertes

concentradas en el primer mes posterior a la siembra, independientemente del tratamiento. La densidad de la maleza fue mayor en las parcelas que se mantuvieron con arroz. Basados en los resultados de este estudio, es posible lograr un manejo adecuado de la *E. colona* mediante la integración de tácticas culturales y químicas.

FUTUROS EVENTOS

26 - 30 Mayo, 1997

Curso Internacional sobre Producción y Aplicación de Medios Biológicos para la Sanidad Vegetal

Información:
Humberto Hernández Castañeda
Instituto de Investigaciones en Sanidad Vegetal
Calle 110 no. 514e/5a. y 5a F,
Miramar Playa, Ciudad La Habana, Cuba
Tel.: (537) 24 0535 70-3277
Fax: (537) 29 5232, 29 6189, 226788
EMail: cid@inisav. cigb.edu.cu

22 - 27 junio, 1997

2th International Bacterial Wilt Simposium

Información:
INRA Regisseur Antilles-Guyane
BP 515 97165 Pointe-a-Pitre
CEDEX-Guadeloupe-Antilles (FWI)
Tel: +590255920, 255934
Fax. +590941172
E-Mail: prior@antilles.inra.fr

23 - 27 junio, 1997

Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal

Información:
Centro de Información y Documentación INISAV
Calle 110. No.514 entre 5ta B. y 5ta F
Miramar, Plaza Habana, Cuba
Tel: (537)330535
Fax: (537)330535, 333-70
E-Mail: cid@inisav.cigb.edu.cu

11 Agosto - 19 Setiembre, 1997

International Course on the Identification of Fungi of Agricultural and Environmental Significance

Información:
Mrs. Stephanie Groundwater
International Mycological Institute
Bakeham Lane
Egham
Survey, TW20 qT Y
United Kindom
Tel.:+441784470111
Fax: +441784470909
EMail: s.groundwater@cabi.org

18 - 21 Agosto, 1997

Congreso Internacional de Plagas Forestales

Información:
Srta. Pilar Pérez D.
Avda. Bulnes 259. Ofc. 404
Santiago, Chile
Tel.:(562)696-6677
Fax: (562)696-3544

20 - 26 Agosto, 1997

XXI International Congress of Entomology

Información:
Caixa Postal 231
86001-970 Londrina - PR - Brasil
EMail: GAZONI@CNPSO.EMBRAPA.BR

16 - 18 Setiembre, 1997

XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura

Información:
CICAFE
Apartado Postal 131-3009
Santa Bárbara, Costa Rica
Tel.: (506)260-1874, 260-1875, 238-3658
Fax (506) 237-1975
EMail: icafecr@sol.racsa.co.cr

15 - 17 Octubre, 1997

VI Congreso Nacional de Micología
IX Jornada Científica

Información:
Dr. Evangelina Pérez Silva
Presidenta de la Sociedad Mexicana de Micología
Depto. Botánica.
Instituto de Biología.
Apdo. Postal 70-233 CD.
Universitaria, UNAM
04510 Mexico, D.F.
Tel: 622-56-99 ext. 238 y 241
Fax. (915)550-1760
E-mail: smdm@+servidor.unam.mk

Fe de Erratas

En el artículo "Cuantificación de daños por insectos en los frutos del tempate, *Jatropha curcas*, (Euphorbiaceae) a través de una tabla de vida" de Chistoph Grimm publicado en el número 42 léase:

p.23, en el título, ***Jatropha***
p.24, último párrafo, segunda columna **0,3 a 1,5%**
p.27, segundo párrafo, primera columna **en otras regiones**

Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p.60-61, 1997

MOSCA BLANCA AL DIA

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

No. 18 Marzo, 1997

NOTA EDITORIAL

Este número está dedicado en forma exclusiva a reuniones, efectuadas o por realizarse. Ello indica la urgente y creciente necesidad de los científicos y técnicos de intercambiar nueva información sobre los complejos problemas causados por las moscas blancas y los geminivirus. Ello es bueno, sin duda. Sin embargo, el gran desafío es nutrirse de esa valiosa información y convertirla en prácticas de manejo concretas, en beneficio de los agricultores de América Latina y el Caribe, que desean soluciones también con urgencia.

VI TALLER

- Como se anunció en ***MBDía No. 17***, el **VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus** se efectuará en Santo Domingo, República Dominicana, del 17-20 de agosto de 1997. ***La fecha límite de recepción de los resúmenes es el 15 de mayo***. Habrá informes nacionales, algunas charlas magistrales y ponencias mediante carteles (afiches). Su coordinador es el ***Ing. Porfirio Alvarez***, Gerente Nacional Programa Nacional de MIP. JAD. Euclides Morillo No. 51, Arroyo Hondo. Apdo. postal 388-9. Santo Domingo, República Dominicana. Tel (809) 563-6178. Fax (809) 563-6181. *junta.agroempre@codetel.net.do*

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 1995-1996, con base en las discusiones del V Taller, realizado en Acapulco, México.

- **Mayor cobertura.** Este año se incorporó Brasil. En la actualidad contamos con 18 países, a saber: México, Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina, República Dominicana, Cuba, Haití y Puerto Rico.

- **Centros de diagnóstico.** Las actividades de diagnóstico para especies de Aleyrodidae y biotipos de *Bemisia tabaci*, así como de geminivirus, han continuado. Las primeras se desarrollan en la EAP (Zamorano, Honduras), y las segundas en el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), de la Universidad de Costa Rica.

- **Fuentes de información.** Se han publicado 17 números del boletín trimestral ***Mosca Blanca al Día***; actualmente es una sección de la revista *Manejo Integrado de Plagas*, a la cual se tiene acceso por Internet (venta por versión electrónica). Además, se publicó el libro ***Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus***, el cual respondió a la necesidad de lograr la uniformidad en las metodologías de investigación, muestreo y evaluación del daño, así como en el análisis y presentación de datos, en América Latina y el Caribe.

- **Transferencia de tecnología.** En casi todos los países se han establecido parcelas demostrativas, en campos de agricultores, para validar y/o transferir algunas técnicas que contribuyan a manejar el complejo mosca blanca-virosis. Estas técnicas, para cultivos como el tomate, frijol, chile dulce, soya, algodón, tabaco y cucurbitáceas, han sido adquiridas de los resultados de la investigación realizada localmente, del intercambio de experiencias con otros países latinoamericanos, y de la literatura y experiencia mundiales. Además de días de campo, se dan charlas y publican materiales divulgativos. También se ha capacitado a los técnicos, mediante charlas cortas y talleres.

- **Aportes técnicos.** En el V Taller hubo 59 aportes técnicos, distribuidos así: *validación y transferencia de tecnología* (2), *taxonomía, biología y ecología de moscas blancas* (11), *diagnóstico y epidemiología de virus* (5) y *manejo* (42). En los tres talleres previos hubo 29, 54 y 63, respectivamente, pero esta vez fue notoria la tendencia a desarrollar investigaciones que incorporaban varias tácticas, dentro de la noción del

manejo integrado de plagas. Las áreas más deficitarias fueron las de epidemiología viral y transferencia de tecnologías; en el segundo caso, ello se explica por la fuerte costumbre de no reportar por escrito los resultados de estas actividades, que incluyen parcelas demostrativas combinadas con días de campo, charlas y panfletos. Además, para cada una de las cuatro secciones del Plan se realizaron síntesis sobre el estado del conocimiento y manejo del problema, y se definieron líneas de trabajo prioritarias hacia el futuro.

- **Reestructuración.** Se logró que las actividades del Taller fueran menos expositivas y más interactivas, centradas en sintetizar el estado del conocimiento y manejo del problema, y en definir líneas de trabajo prioritarias. No obstante, aún persisten problemas importantes, que deberán resolverse para el VI Taller, mediante pocas charlas magistrales, todas las presentaciones técnicas mediante afiches, informes nacionales breves, y amplias discusiones en mesas de trabajo específicas y una sesión plenaria.

- **Financiamiento.** Por falta de recursos financieros sólidos y estables, la situación de los plazos planteados cuando se concibió el Plan perdió toda vigencia. Por tanto, cada país ha recurrido a fondos de diverso origen, generalmente pequeños, para desarrollar actividades de investigación, diagnóstico, capacitación, validación o transferencia. Actualmente existe la posibilidad de que se refuercen algunas actividades en varios países, a través del proyecto *Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics (Phase I)*. Este, financiado por DANIDA (Danish International Development Agency) y coordinado por el CIAT (Colombia), es de cobertura mundial, con el concurso de otros miembros del CGIAR (conglomerado de centros de investigación internacionales).

COORDINADORES PLAN

Los coordinadores de las **Comisiones Nacionales** son: **Luko Hilje** (CATIE, Coordinador General), **José Luis Martínez** (México), **Juan Alvarado** (Guatemala), **Orlando Sosa** (Belice), **Norberto Urbina** (Honduras), **Wilfredo Chávez** (El Salvador), **Gregorio Varela** (Nicaragua), **Gerardo Granados** (Costa Rica), **Juan Poveda** (Panamá), **Porfirio Alvarez** (República Dominicana), **Olimpia Gómez** (Cuba), **Mildred Sosa** (Puerto Rico), **Jackson Donis** (Haití), **Nora Jiménez** (Colombia), **Jorge Salas** (Venezuela), **Nemaura Haji** (Brasil), **Myriam Arias de López** (Ecuador), **Elizabeth Núñez** (Perú) y **Silvia Adriana Helman** (Argentina).

REUNIONES

- **Plan de Ación EE.UU.** A fines de enero se efectuó en San Diego, California, la ***Quinta Reunión Anual*** sobre el ***Plan Quinquenal de Moscas Blancas*** para los EE.UU., a la cual asistimos colegas de México, Honduras, República Dominicana y Costa Rica. Se presentaron 98 trabajos. Con esta reunión finalizó dicho plan. Sin embargo, se aprobó una nueva etapa por otro lustro, en la cual se enfatizarán los aspectos de transferencia de tecnología. De momento existe una memoria tentativa, que tenemos a disposición, para fotocopiarla a precio de costo; la definitiva saldrá en los próximos meses. Los interesados en comprar la versión final pueden contactar al Dr. Nick C. Toscano, a la siguiente dirección: *College of Natural and Agricultural Sciences. University of California. Riverside, CA. 92521. Fax (909) 787-4190, ntoscano@ucracl.ucr.edu*

- **Congreso en Brasil.** A inicios de marzo se realizó en Salvador, Bahía, el ***XVI Congreso Brasileño de Entomología***, dentro del cual se organizaron una mesa redonda y una sesión de discusión sobre el daño y perspectivas de control de *Bemisia argentifolii* en Brasil. Además de participar en estas actividades, L. Hilje aprovechó para confirmar la inclusión de Brasil dentro del Plan de Acción.

- **Taller en Cuba.** Del 24-29 de noviembre de 1997 se realizará en La Habana el ***I International Workshop on Geminivirus in the Caribbean***, dentro de la reunión ***Crop Production in Tropical Conditions***. Para mayor información, contacte al ***Dr. Roberto Caballero***, *Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova». Carretera Bejucal-Quivicán Km 33 1/2. Quivicán, La Habana, Cuba. Tel. (53) (66) 8-2600. Fax (53) (66) 8-2601. <for Larenee@ceniani.cu>*

- **Taller mundial.** Del 7-12 de junio de 1998 se efectuará el ***2nd International Workshop on Bemisia and Geminiviral Diseases***, en San Juan, Puerto Rico. Los coordinadores principales son los doctores ***Richard T. Mayer*** (EE.UU.), ***Douglas Maxwell*** (EE.UU.) y ***Peter Markham*** (Inglaterra). Será el primer encuentro mundial de virólogos y entomólogos sobre geminivirus y moscas blancas. Para mayor información, contacte a ***Mrs. D. Guy***, *USDA, ARS. 2nd International Workshop on Bemisia and Geminiviral Diseases. 2120 Camden Road. Orlando, FL 32803-1419. USA. Tel. (407) 897-7304, Fax (407) 897-7337.*

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

HOJA TECNICA

No. 20

Marzo 1997

MICORRIZAS

Gonzalo Galileo Rivas-Platero(*)

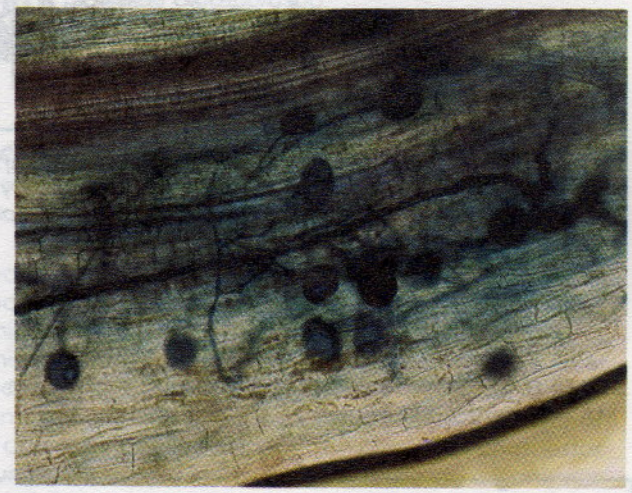
¿Qué son las micorrizas?

Micorrizas es el término que alude a la relación simbiótica entre el micelio de un hongo y las raíces de una planta. La mayoría de las plantas presentan estas asociaciones mutualistas (Shenck 1981, Honrubia *et al.* 1995).

Se han establecido dos grupos de micorrizas: 1) micorriza endotrófica o **endomicorriza**, ésta se presenta cuando el micelio fúngico penetra en el interior de las células del cortex radical y 2) micorriza ectotrófica o **ectomicorriza**, cuando el micelio fúngico no penetra el cortex radical. En vez de ello, crea una envoltura alrededor de las raíces micorrizadas, que se denomina manto (Honrubia *et al.* 1995).

Las endomicorrizas son formadas en las raíces de plantas de muchas familias entre gimnospermas y angiospermas, generalmente, por las clases de hongos Zigomicetos y Basidiomicetos. En este tipo, predominan las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) de la familia Endogonaceae (Zigomicetos). Estos hongos muestran ensanchamientos en las hifas terminales, vesículas, que son órganos de reserva. Asimismo, forman arbúsculos que son estructuras intracelulares parecidas a un haustorio (Schenk 1981 y Honrubia *et al.* 1992) (Foto 1a y b). Las ectomicorrizas aparecen comúnmente en especies de árboles forestales de las familias Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae, etc. Los hongos forman el manto y el micelio fúngico penetra intercelularmente el cortex radical y origina un entramado denominado red de Hartig. La Fig. 1 ilustra el aspecto anatómico de los principales géneros de ectomicorrizas (Honrubia *et al.* 1992). El Cuadro 1 presenta la sistemática de este tipo de hongos y las Fotos 3 y 4 ilustran las esporas de los géneros *Glomus* spp. y *Gigaspora* spp.

a)



b)

Foto 1. Micelio fúngico : a) vesículas de un hongo MVA en raíz de *Brachiaria decumbens.* y b) arbúsculos de *Glomus* spp. en raíces de tomate.(Montaje y foto: A. M. Jiménez, G.G. Rivas-Platero, J. Cuervo y A. Guzmán).

(*) CATIE/AATS Turrialba, Costa Rica.
E-mail: grivas@computo.catie.ac.cr

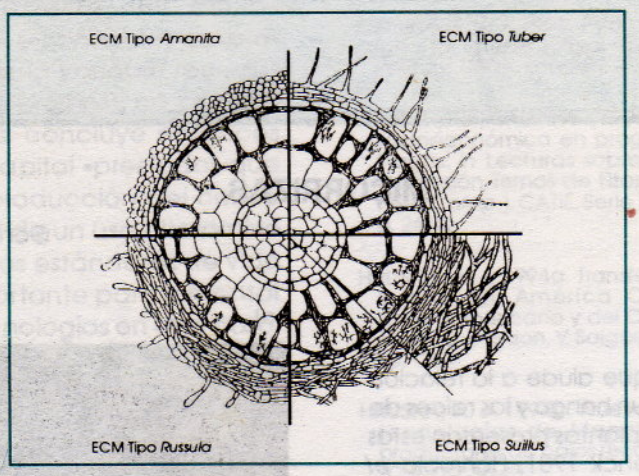


Fig. 1. Ectomicorrizas (ECM): aspecto anatómico de los géneros *Suillus, Amanita, Tuber* y *Russula* en pino. (Tomado de Honrubia *et al.* 1992).

CUADRO 1. Hongos micorrizógenos de la subdivisión Zygomicotina (MVA= micorriza vesículo arbucular; MA= micorriza arbuscular; ECM= ectomicorriza)

Orden	Suborden	Familia	Género	Tipo de Micorriza
Glomales	Glomineae	Glomaceae	*Glomus*	MVA
			Sclerocystis	MVA
		Acaulosporaceae	*Acaulospora*	MVA
			Entrophospora	MVA
	Gigasporineae	Gigasporaceae	*Gigaspora*	MA
			Scutellospora	MA
Endogonales		Endogonaceae	*Endogone*	ECM

Fuente: Morton y Benny (1990).

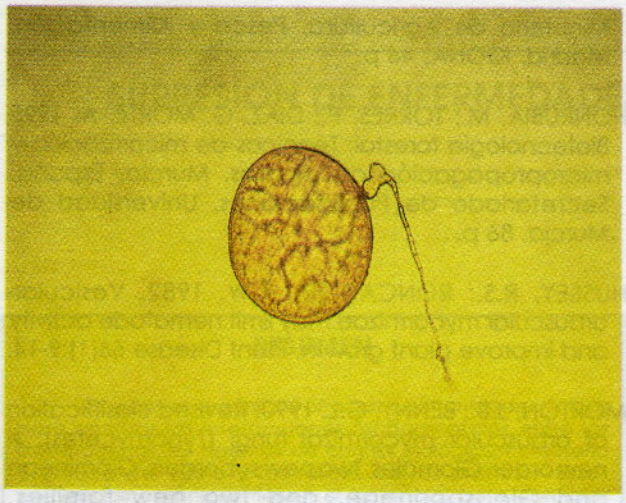


Foto 2. Espora de *Glomus* spp.
(Montaje y foto: G.G. Rivas-Platero y A. Guzmán).

Foto 3. Espora de *Gigaspora* spp.
(Montaje y foto: G.G. Rivas-Platero y A.Guzmán).

Atributos de las micorrizas

- Mejoran el crecimiento de las plantas en suelos poco fértiles.
- Aumentan la capacidad de absorción de minerales relativamente inmóviles, como el fósforo, en la planta.
- Mejoran el transporte y absorción del agua en la planta.
- Disminuyen el estrés debido a altas temperaturas, trasplante, desbalance nutricional, etc.
- Pueden reducir el efecto de la interacción patógeno-hospedante

De todos los atributos anteriores, quizás el más importante es el del efecto sobre las enfermedades en las plantas. Diversas experiencias han mostrado que árboles y plantas micorrizados son más tolerantes a los patógenos. Algunos hongos como *Fusarium, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia, Thielaviopsis* y *Verticillium* disminuyen acentuadamente su efecto negativo cuando están en presencia de micorrizas (Dehne 1982). Tampoco, los nematodos escapan de esta situación; por ejemplo, nematodos endoparásitos como *Meloidogyne* spp. ven suprimida su actividad cuando existen en la rizosfera MVA como *Glomus* o *Gigaspora* que hacen decrecer su tasa de reproducción (Hussey y Roncadori 1982).

¿Cómo actuan las micorrizas sobre las enfermedades?

Diversas hipótesis se han formulado sobre el posible modo de acción de las micorrizas sobre los patógenos; algunas de ellas establecen que las micorrizas modifican la rizosfera estimulando una micoflora antagonista a los patógenos del suelo. En el caso de las ectomicorrizas, se cree que estas forman una barrera que limita la penetración de patógenos y que algunas especies puedan producir compuestos fungistáticos que inhiben el desarrollo de organismos parásitos. Asimismo, la promoción del crecimiento en plantas micorrizadas se ve mejorada por la absorción de nutrientes, como el potasio, que contribuyen a la defensa de las plantas contra agentes causales de enfermedades. La lignificación de las células las hace menos susceptibles a los procesos de colonización e invasión por parte de microorganismos. Por otro lado, la concentración de altos niveles de aminoácidos como la arginina, inducido por las micorrizas, pueden reducir la esporulación de ciertos hongos como *Thielaviopsis*; también la elevada presencia de fenoles en plantas micorrizadas ha sido determinante para inhibir el crecimiento de hongos tipo *Sclerotium* (Schenk 1981, Dehne 1982, Bagyaraj 1986).

Las micorrizas ofrecen un amplio potencial biológico en la agricultura tropical sostenible, pueden ser utilizadas satisfactoriamente como agentes que mejoran la absorción de nutrimentos de la planta en suelos empobrecidos o que limitan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. También ofrecen una valiosa alternativa para el manejo de enfermedades sin utilizar plaguicidas que contaminen el

ambiente. Por otro lado, su efecto benéfico puede aprovecharse en la aclimatación de diferentes especies vegetales en condición de vivero. Los suelos del trópico son una valiosa fuente de estos organismos, y es necesario desarrollar esfuerzos para conocer la biota presente en ellos, optimizar los procesos de selección de organismos y especialmente hacer énfasis con los pequeños agricultores sobre las bondades de las microrrizas, para contribuir al equilibrio sostenido de nuestros agroecosistemas.

LITERATURA CITADA

BAGYARAJ, D.J. 1986. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: C.Ll. Powel and D.J. Bagyaraj (eds.) VA Mycorrhiza. Florida, CRC Press. p. 131-153.

DEHNE, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology 72(8): 1115-1119.

HONRUBIA, M.; TORRES, P.; DIAZ, G. CANO, A. 1992. Manual para micorrizar plantas en viveros forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimenta Madrid, ICONA. 46 p.

HONRUBIA, M.; TORRES, P.; DIAZ, G. MORTE, A. Biotecnología forestal: Técnicas de micorrizac micropropagación de plantas. Murcia, Esp Secretariado de Publicaciones, Universidac Murcia. 86 p.

HUSSEY, R.S.; RONCADORI, R.W. 1982. Vesic arbuscular mycorrhizae may limit nematode ac and improve plant growth. Plant Disease 66(1)

MORTON, J.B.; BENNY, G.L. 1990. Revised clasiffic of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycete new order, Glomales, two new suborders, Glomir and Gigasporineae, and two new fam Acaulosporaceae and Gigasporaceae, wit emendation of Glomaceae. Mycotaxon 37:47

SCHENK, N.C. 1981. Can mycorrhizae contro disease. Plant Disease 65(3):230-234.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

PATROCINADORES

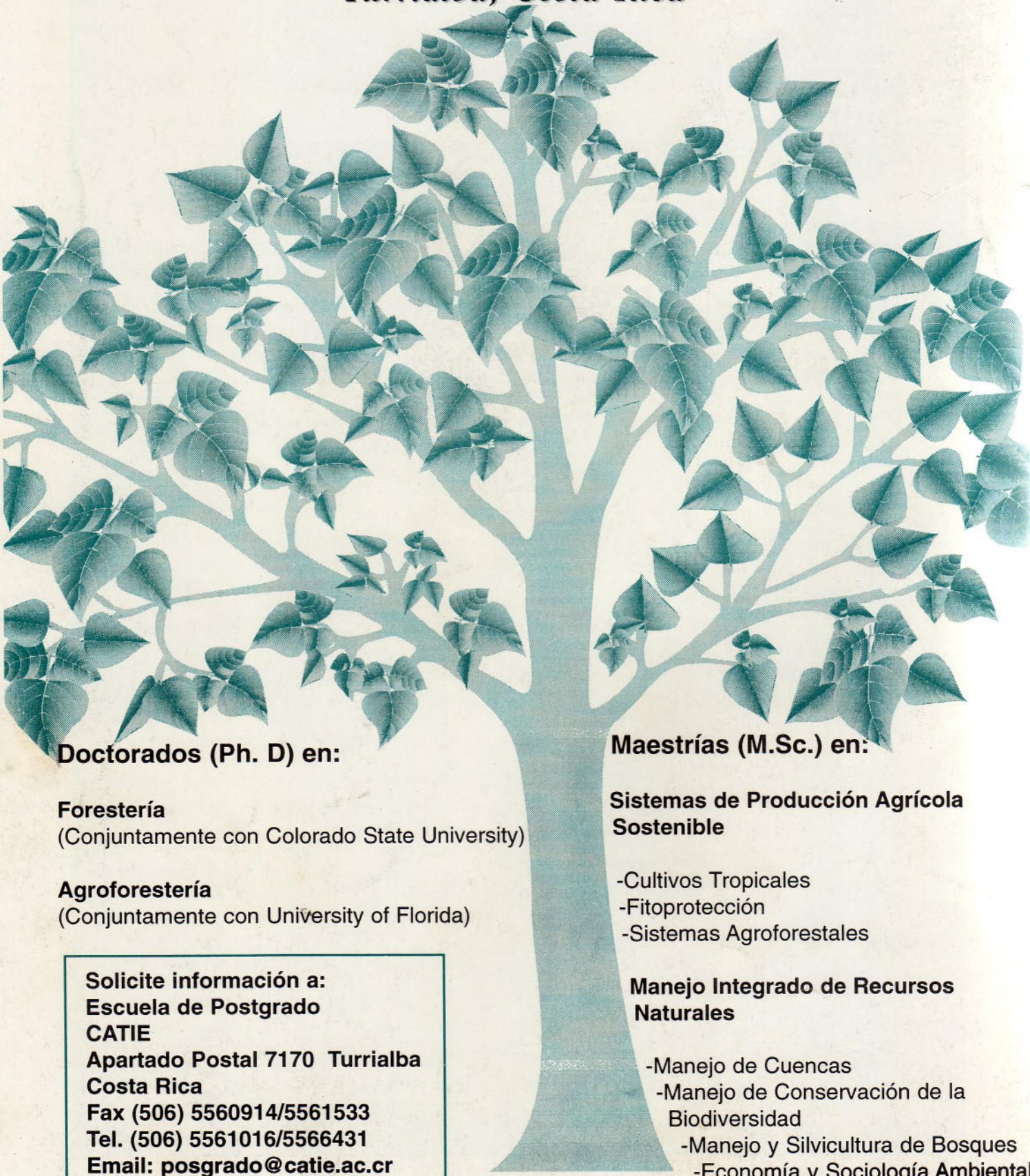
La Revista Manejo Integrado de Plagas se complace en anunciar que como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, ha iniciado la vinculación de "Patrocinadores" los cuales serán anunciados en este espacio. (Mayor información para interesados en el patrocinio de la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

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

Platanera Rio Sixaola S.A.
EN ARMONIA CON LA TIERRA

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:

Forestería
(Conjuntamente con Colorado State University)

Agroforestería
(Conjuntamente con University of Florida)

Maestrías (M.Sc.) en:

Sistemas de Producción Agrícola Sostenible

-Cultivos Tropicales
-Fitoprotección
-Sistemas Agroforestales

Manejo Integrado de Recursos Naturales

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

Solicite información a:
Escuela de Postgrado
CATIE
Apartado Postal 7170 Turrialba
Costa Rica
Fax (506) 5560914/5561533
Tel. (506) 5561016/5566431
Email: posgrado@catie.ac.cr

J. G. ARTE IMPRESOS, S.A. TEL: 257-5259 / FAX: (506) 257-5260