

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Marzo, 1987

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 3



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

GRUPO DE COORDINACION Y ELABORACION

El Proyecto MIP/CATIE produce varias publicaciones periódicas y servicios de alerta informativa tales como "Manejo Integrado de Plagas", "Boletín Informativo" y "Páginas de Contenido". Consultas relacionadas con el proyecto y sus servicios, así como sus aportes, sugerencias y material a ser difundido a través de los servicios de información del MIP pueden hacerse llegar a las siguientes direcciones:

Asesoría y Coordinación:

MIP/CATIE

7170 Turrialba, Costa Rica
Teléfono: 56-16-32

Ing. Roger Meneses, Coordinador
Encargado Proyecto MIP/CATIE
San José, Costa Rica
Teléfono: 53-18-98

Joseph L. Saunders, Ph.D.
Coordinador Proyecto MIP

Ing. Joaquín Larios, Coordinador
Encargado Proyecto MIP/CATIE
Apartado (01)78
Oficina del IICA
San Salvador, El Salvador
Teléfono: 23-82-24

Elkin Bustamante Ph.D.
Fitopatólogo

Rutilio Quezada Ph.D.
Entomólogo

Dr. Mario Pareja, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Apartado 76-A
Guatemala, Guatemala
Teléfono: 321-790 ó 372-358

James French Ph.D.
Economista Agrícola

Ramiro de la Cruz Ph.D.
Especialista en Malezas

Dr. David Monterroso, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Oficina del IICA
Apartado 1410
Tegucigalpa, Honduras
Teléfono: 22-88-95

Philip Shannon M.Sc.
Entomólogo

Dr. Jorge Pinochet, Coordinador
Proyecto MIP/CATIE
Vía España
Edificio Banco Boston
Sétimo piso
Apartado 6-3786
Panamá, República de Panamá
Teléfono: 63-80-40

Elaboración y difusión:

Orlando Arboleda M.Sc.
Especialista en Información

Diseño Gráfico Mauricio Argueta

Digitación de Texto Yoriene Pérez

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Marzo, 1987

REVISTA DEL PROYECTO MIP/CATIE

No. 3

CONTENIDO

- Insectos como vectores de fitopatógenos y la determinación de umbrales económicos de daño. 1
Joaquín F. Larios,
MIP/CATIE, El Salvador
- El uso de los productos químicos como una alternativa para el control de enfermedades. 22
David Monterroso,
MIP/CATIE-Honduras
- Uso de entomopatógenos. 32
Alex E. Bustillo P.,
Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia
- Principales aspectos a cubrir en el estudio biosistemático de enemigos naturales. 51
José R. Quezada,
MIP/CATIE, Turrialba, Costa Rica
- Quimioterapia en nemátodos. 62
Nahúm Marbán-Mendoza
Colegio de Postgraduados, México
- Fundamentos toxicológicos de los insecticidas de uso en las zonas altas de Chiriquí. 84
Jaime Espinoza G.
IDIAP, Panamá



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

INSECTOS COMO VECTORES DE FITOPATOGENOS Y LA DETERMINACION DE UMBRALES ECONOMICOS DEL DAÑO*

Joaquín F. Larios C.**

INTRODUCCION

En todo programa de manejo integrado de plagas, dentro de las bases para las decisiones de manejo se incluyen umbrales económicos y muestreo. Los primeros requieren el conocimiento de funciones de daño y hasta la fecha sólo se ha considerado el daño directo (o mecánico) de la plaga. Sin embargo, gran cantidad de insectos plagas son vectores de importantes y variadas enfermedades cuyo daño no ha sido considerado.

Este artículo demuestra la necesidad de tomar en cuenta, al determinar el umbral económico, el daño mecánico y el daño por la enfermedad transmitida en aquellos casos de plagas vectores de patógenos, dentro de las cuales se encuentran algunos de los más importantes problemas parasitarios de las plantas cultivadas en Centroamérica y el Caribe.

ASOCIACION INSECTOS - FITOPATOGENOS

Los insectos pueden transmitir todas las clases de agentes infecciosos hasta ahora conocidas: hongos, virus, bacterias, nemátodos, espiroplasmas, rickettsias y micoplasmas. Su papel de transmisores de fitopatógenos en proporciones que permiten el desarrollo de epidemias, es más importante en términos generales en el caso de virus, micoplasmas y espiroplasmas.

* Este material corresponde al capítulo 6 del libro "Manejo Integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada (en preparación).

** Asistente de Investigación, Proyecto MIP/CATIE, San Salvador, El Salvador.

Las enfermedades causadas por virus son el problema fitopatológico más importante en el trópico americano, después de las causadas por hongos. Sin embargo, en ciertas zonas ecológicas donde los vectores se ven inhibidos, dichas enfermedades no existen (Wellman, 1972). La relevancia de los insectos vectores de virus, se ilustra con el áfido Myzus persicae que se distribuye mundialmente y tiene un amplio rango de hospedantes. Como plaga no sólo daña los cultivos directamente sino que es capaz de transmitir más de 100 enfermedades en alrededor de 30 diferentes familias de plantas (Van Emden y colaboradores, 1969).

Se han registrado 109 especies de saltahojas (cicadélidos) transmisores de enfermedades y un total de 380 especies de vectores que pertenecen a los siguientes grupos de insectos: Orthoptera 10; Dermaptera 1; Thysanoptera 6; Coleoptera 25; Lepidoptera 4; Diptera 2; Hemiptera 2; Auchenorrhyncha 128; Aleyrodoidea 8; Aphidoidea 186; y Coccoidea 8 (Ossiannilsson, 1966).

El crisomélido Cerotoma trifurcata es vector de importantes enfermedades virales en leguminosas en el trópico (Fulton, Scott y Gámez, 1975). La mosca blanca, Bemisia tabaci, transmite más de 30 diferentes agentes causales de un número todavía mayor de enfermedades fundamentalmente tropicales (Costa, 1960; 1975; y Maramorosch, 1975). En Centroamérica, los insectos desempeñan un importante papel en las epidemias inducidas por los siete virus del frijol reportados en esta región (Gámez, 1977).

La contribución de los insectos a las epidemias de enfermedades fungosas y bacteriales es de menos importancia, porque tienen como medios de dispersión el viento y el agua, los cuales son más activos y abundantes. Hasta 1975 cerca de 50 enfermedades habían sido atribuidas a los micoplasmas, los cuales todos son transmitidos por insectos (González, 1976). En el Cuadro 1 se resumen las principales enfermedades de importancia económica en Centroamérica y el Caribe transmisibles o asociadas significativamente a insectos.

CUADRO 1. Enfermedades de importancia económica en Centroamérica y el Caribe transmisibles o asociadas significativamente a insectos.

A- Enfermedades causadas por virus

Enfermedad y Agente Etiológico	Insecto Asociado o Vector	N° de la Ref. Bibliográfica
Mosaico de la sandía-virus 1 del mosaico de la sandía	<u>Aphis gossypii</u> <u>Myzus persicae</u>	25, 36, 69, 37, 83
Virus Y de la papa	<u>M. persicae</u>	43, 54, 63
Clorosis infecciosa de las malváceas	<u>B. tabaci</u>	53, 55, 65, 66, 67, 68, 96
Mosaico dorado del frijol	<u>B. tabaci</u>	14, 15, 16, 41, 45, 82
Mosaico de la caña de azúcar	<u>A. gossypii</u> <u>Rhopalosiphum maydis</u> y muchos áfidos más	2, 71, 91
Mosaico del caupí	<u>Ceratomyza ruficornis</u>	38, 49, 50, 61, 81
Mosaico de los cucurbitáceas	<u>A. gossypii</u> y muchos áfidos más	13, 69, 94, 95, 97
Rayado fino del maíz	<u>Dalbulus maydis</u>	44, 47, 80, 91
Hoja blanca del arroz	<u>Sogatona oryzicola</u>	1, 39, 40
Enrollamiento de las hojas de la papa	<u>M. persicae</u>	10, 32, 33
Mancha anular de la papaya	<u>Aphis spiraeicola</u> , <u>M. persicae</u>	3, 35, 36, 72, 86, 87
Mosaico rugoso del frijol	<u>C. ruficornis</u> <u>Diabrotica balteata</u> y <u>D. adelpha</u> <u>Epilachna varivestis</u>	42, 46, 56
Mosaico de la papaya	<u>Aphis nerii</u> , <u>A. gossypii</u> <u>A. spiraeicola</u> y <u>M. persicae</u>	22, 36, 72, 88

¡ FOTOCOPIAS GRATIS !

Reciba trimestralmente dos artículos, GRATIS en fotocopias, seleccionados de "Páginas de Contenido MIP".

UNICOS REQUISITOS:

- Trabajar en actividades de MIP en Centro América y Panamá.
- Enviar noticias sobre eventos, investigaciones en plagas, documentos y otros aportes para el "Boletín Informativo MIP" o la Revista de Divulgación Técnica del Proyecto MIP/CATIE.

B- Enfermedades causadas por bacterias

Enfermedad	Agente Etiológico	Insecto Asociado o Vector	Nº de la Ref. Bibliográfica
Moko del banano	<u>Pseudomonas solanacearum</u> raza II, cepa SFR	<u>Trigona</u> spp. <u>Polybia</u> spp. <u>Drosophila</u> spp. y otras	17, 18, 19, 95
Bacteriosis de la yuca	<u>Xanthomonas manihotis</u>	No especificado	21
Pudrición bacterial del tallo de la yuca	<u>Erwinia carotovora</u> var. <u>carotovora</u>	<u>Anastrepha</u> spp.	7, 8, 9, 73, 76

C - Enfermedades causadas por hongos

Pudrición acuosa de la mazorca del cacao	<u>Monilia rozeri</u>	<u>Mesistorphinus tripterus</u>	31
Mal del machete en cacao	<u>Ceratocystis fimbriata</u>	<u>Platypus</u> spp. <u>Xyleborus</u> spp. <u>Xyleborus confusus</u>	28, 64, 93
Pudrición de la bellota del algodón	<u>Colletotrichum indicum</u> , <u>C. gossypii</u> y varios otros	<u>Anthonomus grandis</u>	62, 63
Mancha parda del tallo del cocotero	<u>Ceratocystis paradoxa</u>	<u>Xyleborus perforans</u> <u>X. ferrugineus</u> Picudos del cocotero (varias especies)	27

D- Enfermedades causadas por espiroplasmias, micoplasmas y rickettsias

Achaparramientos del maíz	Espiroplasmias	<u>Dalbulus maidis</u>	4, 5, 6, 26, 85, 90
Arrepollamiento de la papaya (Bunchy top)	Micoplasma	<u>Empoasca papayae</u>	2, 11, 60, 94
Amarillamiento letal del cocotero	Micoplasma	<u>Haplaxius pallidus</u>	77
Enfermedad de Pierce de la vid	Rickettsia	Homopteros (no determinados en Centroamérica)	70, 84

E- Enfermedades causadas por nemátodos

Anillo rojo del cocotero	<u>Rhadinaphelenchus cocophilus</u>	<u>Rhynchophorus palmarum</u> <u>Rhinostomus barbirostris</u>	27, 34, 57, 58, 59
--------------------------	-------------------------------------	--	--------------------

CICLO DE LA ENFERMEDAD

Para que ocurran las enfermedades infecciosas deben darse las siguientes condiciones: debe haber un hospedante susceptible disponible en un estado vulnerable; el agente causal (patógeno) debe estar presente y en una condición capaz de incitar una infección; y el ambiente debe ser favorable para la infección y establecimiento del patógeno en el hospedante. Los tres componentes, ambiente, patógeno y hospedante, interactúan para constituir el "ciclo de la enfermedad" (Fig. 1). Este ciclo se repite con la frecuencia y rapidez que las circunstancias lo permitan y su efecto acumulativo determina la severidad de una epidemia.

El ciclo de cada enfermedad ocurre en dos fases según el sitio que ocupa el patógeno dentro y fuera de la planta. En ambas fases los insectos desempeñan un papel decisivo en muchas enfermedades de gran importancia económica en Mesoamérica por dos razones principales. Primero, las enfermedades infecciosas no pueden ocurrir sin la presencia de inóculo, es decir el patógeno o sus partes (esporas, fragmentos de micelio, partículas virales, etc.) que pueden incitar una infección. Segundo, con excepción de los nemátodos, la mayoría de tipos de inóculo no posee locomoción. Por lo tanto debe trasladarse hasta el sitio de infección por el viento, el agua o los insectos.

RELACIONES HOSPEDANTES - INSECTO - PATOGENO

En el ciclo de la enfermedad, los insectos tienen destacada participación en la inoculación, penetración y reproducción de los patógenos. Estas son fases que se cumplen dentro de la planta (Fig. 1).

Inoculación y penetración

El inóculo puede alcanzar el sitio de infección en el hospedante por sus propios medios, en forma activa, pero generalmente es transportado por algún agente diseminador. El acceso a los tejidos del hospedante se denomina "inoculación". Los virus, espiroplasmas y micoplasmas generalmente son inoculados al interior de las células por insectos vectores. En cambio, los hongos y

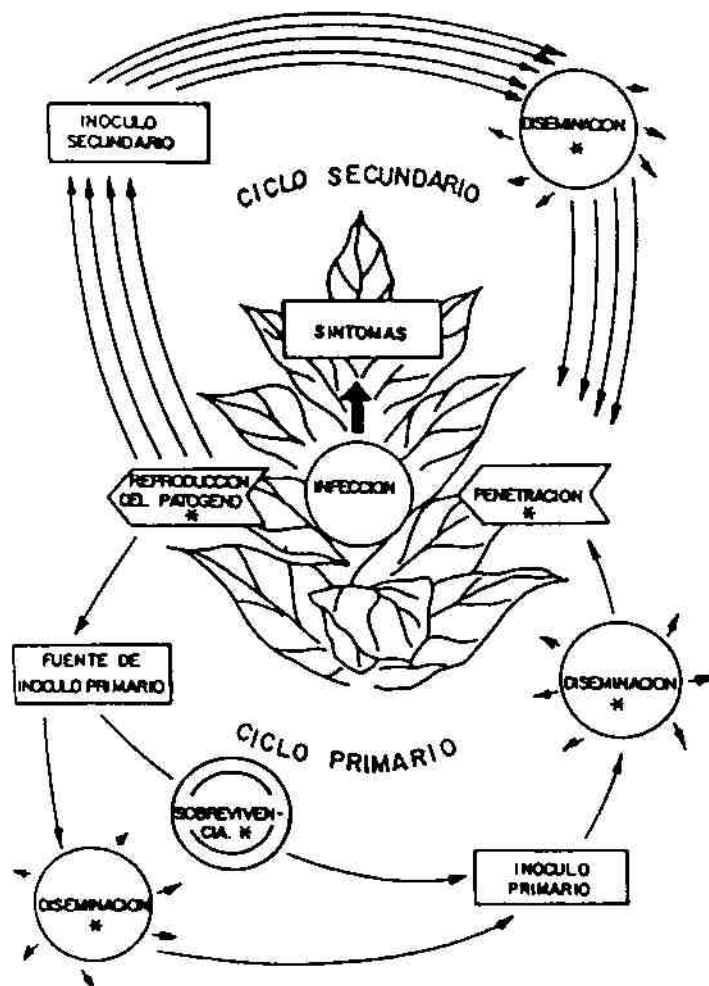


FIGURA 1. CICLOS DE LA ENFERMEDAD. EL CICLO SECUNDARIO, QUE PUEDE SER MULTIPLE, SE PRODUCE MIENTRAS EL HOSPEDANTE ESTE EN CRECIMIENTO ACTIVO Y SUSCEPTIBLE, SIEMPRE QUE EL AMBIENTE SEA PROPICIO. EL CICLO PRIMARIO SE INICIA AL TERMINAR EL CULTIVO O, EN CULTIVOS PERENNES, AL TERMINAR LA EPOCA PROPICIA PARA LA ENFERMEDAD.

las bacterias en su mayor parte son transportados a la superficie del hospedante por el viento y la lluvia. La penetración, que consiste en la ubicación del patógeno dentro del hospedante, puede efectuarse por aperturas naturales, por heridas o directamente a través de la epidermis (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formas de penetración de los fitopatógenos en sus hospedantes.

Clase de agente causal	Forma de Penetración*		
	Por heridas	Por aperturas naturales	Directamente por epidermis
Hongos	+	+	+
Bacterias	+	+	-
Virus	+	-	-
Micoplasmas	+	-	-
Espiroplasmas	+	-	-
Rickettsias	+	-	-

* Muy generalizada: +; no conocida o no habitual: -

Los hongos son los únicos patógenos de plantas que pueden entrar en el hospedante por todas las formas conocidas. En este sentido, los hongos tal vez demuestren una de sus capacidades más versátiles y dinámicas. Algunos penetran por heridas, como los géneros Penicillium en naranjas (Echandi, 1971) y Rhizopus en bellotas de algodónero (Lagiere, 1970). Otros penetran por aperturas naturales, principalmente los estomas. Lo mismo sucede con las bacterias. Posiblemente por esta versatilidad, los hongos han mostrado hasta ahora, menos casos de dependencia de los insectos para llevar a cabo los ciclos de las enfermedades que provocan. Los insectos plagas causan heridas o daños mecánicos que permiten la entrada de todos los demás tipos de agentes causales de enfermedades (Cuadro 1) que de otra manera no podrían penetrar y posteriormente infectar y colonizar los tejidos del hospedante.

Carter (1962) ha hecho la siguiente clasificación de los fitopatógenos transmitidos por artrópodos:

1. Patógenos diseminados sin heridas en la planta
 - a) Diseminación únicamente mecánica
 - b) Diseminación biológica
 - (1) Insectos no obligatoriamente
 - (2) Insectos obligatoriamente

2. Patógenos diseminados por heridas en la planta
 - a) Diseminación mecánica
 - b) Diseminación biológica
 - (1) Insectos no obligatoriamente
 - (2) Insectos obligatoriamente

3. Patógenos diseminados por inyección
 - a) Hongos
 - b) Toxinas
 - c) Virus
 - (1) Biológica - pasando a través del hemocele
 - (a) Sin multiplicación dentro del vector
 - (b) Propagativo, multiplicándose dentro del vector
 - (2) Mecánica

Reproducción del patógeno

Cuando un patógeno ha logrado penetrar, infectar y colonizar los tejidos de la planta, puede eventual o simultáneamente producir unidades de multiplicación y diseminación, llamadas colectivamente propágulos. Cuando se trata de bacterias, micoplasmas, espiroplasmas o virus el crecimiento es lo mismo que multiplicación y se efectúa sin interrupción siempre que dispongan de tejido susceptible. Los hongos y nemátodos por lo general, primero necesitan pasar por un período de crecimiento vegetativo previo a la producción de nuevos propágulos (González, 1976).

La reproducción de los patógenos entonces se efectúa por lo general en los tejidos susceptibles de sus hospedantes. En algunos casos de virus, micoplasmas y espiroplasmas, la reproducción se efectúa también en el organismo del insecto vector, como en el caso de las partículas del virus del enrollamiento de la papa en el áfido *M. persicae* (Smith, 1974). Los virus fitopatógenos de este tipo son llamados propagativos, porque se multiplican en el insecto vector. Los que no lo hacen se llaman virus no propagativos. Ambos tipos son denominados virus circulativos por ser transportados internamente por el vector, a diferencia de los que únicamente son portados en el estilete (Matthews, 1970).

PAPEL DE LOS INSECTOS EN LA EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES

Los insectos vectores de fitopatógenos tienen su más destacada participación en las fases del ciclo de ciertas enfermedades que se realizan fuera de la planta (Fig. 1). La sobrevivencia y diseminación de muchos patógenos son posibles únicamente con la ayuda de los insectos. Gran cantidad de patógenos logran resistir condiciones ambientales desfavorables, como en la época seca que dura de 3 a 6 meses en grandes áreas de Centroamérica, albergados en el suelo o en el tejido muerto del hospedante. Este es el caso de muchos hongos, bacterias y nemátodos. Diversidad de virus, micoplasmas y espiroplasmas sobreviven en sus insectos vectores, especialmente cuando son transmitidos transovarialmente a la progenie. Como en el ciclo primario (Fig. 1) existe una limitada diseminación de propágulos. Donde más participan los insectos en esta clase de enfermedades es en la sobrevivencia.

El número de nuevas lesiones depende de la eficiente diseminación de la enfermedad. Sin embargo, esta diseminación no es sólo cuestión de movimiento de propágulos. Los componentes hospedante, patógeno y ambiente están involucrados. El hospedante puede ser resistente al insecto transmisor. Por esta razón es posible mejorar las variedades susceptibles a una enfermedad, incorporándoles resistencia a los insectos transmisores del agente causal.

Por otra parte, el ambiente puede ser adverso en ciertos periodos a la actividad del vector, como cuando se presentan lluvias prolongadas. También

pueden disminuir los niveles de población de los vectores, la acción de enemigos naturales con efectos modificadores cruciales sobre el curso de una epidemia.

Con respecto al insecto vector, son importantes ciertas características como la longevidad y su capacidad de inoculación de patógenos circulativos en relación con el número de plantas que pueden ser infectadas por un vector individual. Es posible que la rápida reproducción de los insectos cause una sobrepoblación y migración masiva, la cual incrementaría la dispersión del patógeno y el período de adquisición, incubación y transmisión. Son datos importantes para determinar la factibilidad del uso eficaz de control de vectores por insecticidas.

Los vectores polípagos, como B. tabaci, M. persicae tortuguillas en Centroamérica, son más peligrosos si el patógeno que transmiten tiene muchos hospedantes.

EVALUACION DE DAÑOS POR INSECTOS VECTORES

Una especie de insecto no transmisor de patógenos es capaz de provocar daño directo únicamente, el cual puede llegar a limitar los posibles beneficios de un cultivo, ya sea reduciendo la retención de energía en el producto o afectando la calidad del producto mismo, (Fig. 2). Tal impacto de la población plaga sobre los retornos, puede efectuarse por el ataque sobre el follaje y raíces o sobre el producto mismo, en cuyo caso reduce la calidad y por tanto el precio de venta.

Los daños indirectos que las plagas pueden causar consisten en las enfermedades o pudriciones en las que participan microorganismos (Fig. 2). Ambos daños indirectos tienen importancia económica y por ello, deben medirse y sumarse a los daños directos. En la Fig. 3, se ilustran las consecuencias de estas consideraciones sobre el nivel de equilibrio y el umbral económico de un insecto plaga vector de una enfermedad, tomando en cuenta el daño directo solamente (fig. 3A) y el daño directo más el indirecto (Fig. 3B). En estas figuras se observa el punto o posición de equilibrio general.

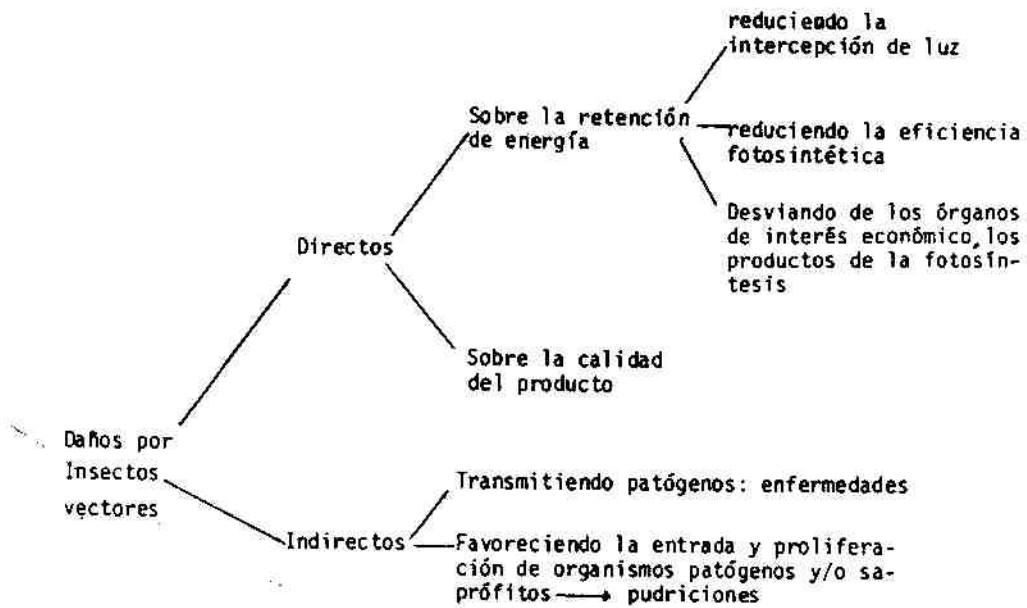


Fig. 2. TIPOS DE DAÑOS CAUSADOS POR INSECTOS PLAGA VECTORES DE FITOPATOGENOS.

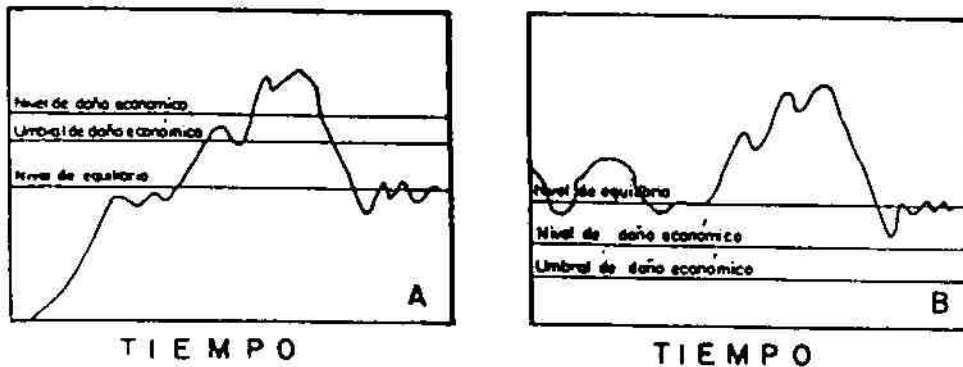


FIGURA 3. RELACION ENTRE EL NIVEL DE EQUILIBRIO, Y EL UMBRAL ECONOMICO DE DAÑOS HIPOTETICOS DE UNA POBLACION DE INSECTO VECTOR CONSIDERANDO EL DAÑO DIRECTO EN A Y EL DAÑO DIRECTO MAS EL INDIRECTO EN B (DAÑO MECANICO + DAÑO POR LA ENFERMEDAD TRANSMITIDA).

Esa posición está generalmente por debajo del umbral económico. Cuando se incluye en la función el daño indirecto causado por la enfermedad transmitida (Fig. 3B), la posición de equilibrio, por su definición, no se altera, pero el nivel de umbral económico podría bajar sensiblemente, por debajo del nivel de equilibrio. Esta situación plantea problemas más difíciles de resolver, porque exige mayor eficacia de las prácticas de manejo, intensifica su frecuencia y por ende aumenta los costos de control. Estos dos aspectos se ven sustancialmente afectados por las plagas que pueden transmitir una o más enfermedades. Cada insecto es doblemente dañino: como plaga y por las enfermedades asociadas a él. Esto obliga a mejorar el tipo y la precisión del muestreo y a volver más estricto el umbral económico.

Evaluación de pérdidas en el rendimiento

Se ha visto como cambian los valores de niveles de población que determinan el daño económico y el manejo de una plaga transmisora de enfermedades. Pero ¿cómo es alterado el efecto en el rendimiento con cada nivel de población? Cuando se trata de una plaga de follaje, no del producto, muchos estudios coinciden en que en las primeras etapas de desarrollo de la población en el hospedante, no causan daños detectables en el rendimiento (Fig. 4A). El lado izquierdo de la curva indica que, hasta cierto nivel de población no hay efecto en el rendimiento. Con una plaga transmisora de una enfermedad cambia la función al tipo mostrado en la Fig. 4B en que es menos probable que haya niveles de población detectables y económicamente despreciables. Esto podría provocar la necesidad económica de aplicar medidas profilácticas o de control según el calendario, siempre y cuando exista la enfermedad que la plaga transmite (reservorios o focos primarios de infección).

Estudio de caso: la mosca blanca en algodónero

La mosca blanca, B. tabaci es transmisora de diversos virus, muy abundante en los trópicos especialmente en Centroamérica y el Caribe (Bird, 1975; Granillo et al, 1975; Pierre, 1973; Schmutterer, 1977). El daño inducido por B. tabaci puede ser directo e indirecto. Los daños directos son: a) competencia con la planta por productos de síntesis; b) destrucción o daño de numerosas células en los sitios de punción y en la trayectoria de sus estiletes en los tejidos

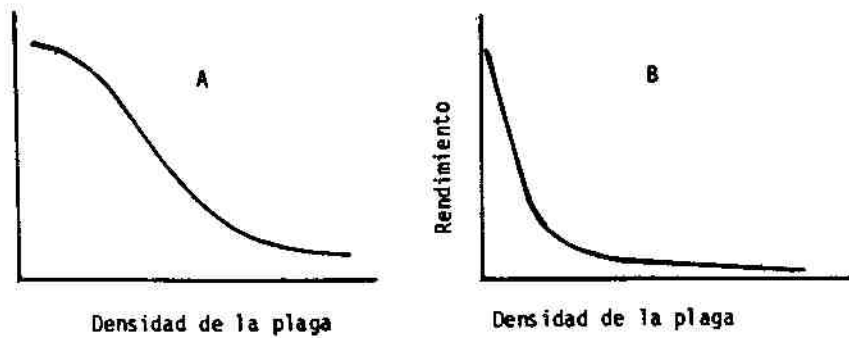


Fig. 4. EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO EN FUNCION DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE UNA PLAGA DEL FOLLAJE QUE NO TRANSMITE NINGUNA ENFERMEDAD EN A y EN FUNCION DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE UNA PLAGA QUE SI TRANSMITE UNA ENFERMEDAD EN B.

foliares; c) inducción a la planta de un efecto tóxico que incluye un aclareo generalizado de las venas (Costa, 1960).

Los daños indirectos que causa la mosca incluyen: a) transmisión de virus; b) diseminación en ciertos casos de bacterias y hongos; c) permiten el desarrollo de mohos de hollín (fumaginas) del tipo Fumago sobre las excreciones (Costa, 1960).

Con esta clasificación de daños y las funciones que las explican, es posible ilustrar, con un estudio de caso, el cambio de niveles de daño económico sufrido por el algodón afectado por mosca blanca y el virus de la clorosis infecciosa que ella transmite habitualmente en Centroamérica (Schmutterer, 1977). La función que relaciona la densidad de población de mosca blanca y las pérdidas de cosecha está dada por:

$$Y = 6 \log (x+1) \quad (1)$$

donde x = ninfas/hoja

Y = % de reducción de rendimiento de semilla de algodón obtenida por Mound (1966).

La función que relaciona el daño por el virus de la clorosis infecciosa que transmite la mosca blanca es:

$$Y = 0.442X$$

donde x = % de plantas infectadas (2)

Y = % de pérdidas en rendimiento

0.442 = constante.

Una planta infectada en los primeros 50 días produce un 55.8% con respecto a una planta sana (Larios, 1978; Van Endem, 1969).

En estudios efectuados en 1976, 1977 y 1978 en la zona costera de El Salvador, se encontraron las interrelaciones entre mosca blanca e incidencia de virosis en algodónero presentadas en el Cuadro 3 (Larios, 1979).

CUADRO 3. Daños directos e indirectos de la mosca blanca, *B. tabaci*, en algodónero en El Salvador.

Año	DAÑO DIRECTO		DAÑO INDIRECTO		
	Nº ninfas por hoja* (x ₁)	% reducción en el rendimiento ** (A)	% infección por virus * (x ₂)	Reducción en el rendimiento*** (B)	Total de pérdidas (A+B)
1976	43	6.4	5.7	2.5	8.9
1977	177	48.5	2.7	1.2	49.7
1978	40	6.4	21.1	9.3	15.7

* A los 70 días de edad

** Según ecuación $y = 6 \log (x_1+1)$

*** Según ecuación $y = 0.442 x_2$

Si se asume un costo de control de \$60.00, una reducción del daño del 80%, un rendimiento potencial de 2564 Kg/ha (40 qq/mz.), se tienen los beneficios y niveles económicos presentados en el cuadro 4, según se incluya el daño mecánico únicamente o se agreguen los daños por infección del virus transmitido. Del cuadro se desprende claramente como cambia el criterio de control (umbral económico), según el criterio puramente entomológico y el criterio integral del daño directo o mecánico, más la enfermedad transmitida por la mosca blanca.

En 1976 no se habría justificado ningún control al tomar en cuenta sólo el daño directo, pero al sumar las pérdidas por el grado de infección virosa, la relación beneficio/costo se eleva a 1.62, determinando la necesidad de controlar. En ese año se registró un promedio de 43 moscas/hoja y las pérdidas más importantes (164 kg/ha) se debieron al daño por alimentación. La enfermedad clorosis infecciosa únicamente redujo los rendimientos en 64.6 kg/ha. Lo contrario fue el caso de 1978 en el que con similar infestación (40 moscas/hoja) se perdieron 164.1 kg/ha por alimentación del insecto y 239 kg/ha por el daño indirecto (Cuadro 4). En 1976 y 1977 el daño mecánico determinó aplicar medidas de combate; en 1978 el daño indirecto obligó a aplicarlas.

CUADRO 4. Nivel de daño económico y relación beneficio/costo de control de *B. tabaci* en algodónero, según se considere el daño mecánico de la plaga, el daño por el agente transmitido o ambos (Larios, 1979).

Año		Pérdidas kg/ha	Valor de las pér- didas \$/ha	Beneficio del Control**	Relación beneficio/ costo***
1976	Daño mecánico (a)	164.0	86.92	69.52	1.16
	Daño por en- fermedad (b)	64.6	34.24	27.39	0.46
	Daño total (a+b)	<u>228.6</u>	<u>121.16</u>	<u>96.91</u>	<u>1.62*</u>
1977	Daño mecánico (a)	1243.50	659.00	527.20	8.78*
	Daño por la en- fermedad (b)	30.77	16.30	13.04	0.22
	Daño total (a+b)	<u>1274.27</u>	<u>675.30</u>		<u>9.00*</u>
1978	Daño mecánico (a)	164.10	86.97	69.58	1.16
	Daño por la en- fermedad (b)	239.22	126.79	101.43	1.69*
	Daño total (a+b)	<u>403.32</u>	<u>213.76</u>	<u>171.01</u>	<u>2.85*</u>

* Casos en que se justificaría aplicar algún control (relación beneficio/costo significativamente > 1).

** Reducción de daño del 80%

*** Costo de control es \$60

CONCLUSIONES

Es evidente que los insectos están íntimamente asociados a muchas e importantes enfermedades, ya sea como vectores o como agentes que posibilitan la penetración de patógenos. En ambos casos, son daños que ocasionan pérdidas de interés económico y que por lo tanto deben de evaluarse y tomarse en cuenta en los cálculos de umbrales de daño económico. Estos factores son básicos en la toma de decisiones para la aplicación de medidas de control en cualquier programa de MIP, por lo que se sugiere incluir junto con el muestreo de plagas, el muestreo de plantas enfermas por efecto de los vectores para considerar este componente en los modelos de manejo de plagas.

LITERATURA CITADA

1. ACUÑA GALE, J., RAMOS LEDON, L. y LOPEZ CARDET, Y. 1958. Sogata oryzicola Muir, vector de la enfermedad virosa hoja blanca del arroz en Cuba. *Agrrotecnia* 1958:23-24.
2. ADSUAR, J. 1946. Transmission of papaya bunchy top by a leafhopper of genus Empoasca. *Science* 103:316.
3. _____. 1947. Studies on virus diseases of papaya (Carica papaya) in Puerto Rico. I. Transmission of papaya mosaic. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 31:248-256.
4. ANCALMO, O. y DAVIS, W. C. 1961. Achaparramiento (Corn Stunt). *Plant Disease Reporter* 45:281.
5. _____. 1962. Estudios realizados con el achaparramiento del maíz en El Salvador. En: Reunión Anual del Proyecto Cooperativo Centroamericano, 8a., San José, Costa Rica, 1962. [Actas]. [s.n.t.]. pp. 79-82. 5 ref.
6. _____. 1962. Labor desarrollada en El Salvador en relación con el vector del achaparramiento del maíz. In: Reunión Anual del Proyecto Cooperativo Centroamericano, 8a., San José, Costa Rica, 1962. [Actas]. [s.n.t.]. pp. 83-85.
7. BELLOTTI, A. C. 1977. Cassava production systems. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Annual Report 1976. Cali, Colombia. pp. B1-B76.
8. _____. 1978. An overview of cassava entomology. En: Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. Proceedings. Edited by T. Brekelbaum, A. A. Bellotti and J. C. Lozano. Cali, Colombia, CIAT. pp. 29-39.
9. _____. y PEÑA, J. E. 1978. Studies on the cassava fruit fly Anastrepha sp. In Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. Proceedings. Edited by T. Brekelbaum, A. Bellotti and J. C. Lozano. Cali, Colombia, CIAT. pp. 203-208.
10. BERROCAL, B. E. 1963. Estudio del virus del enrollamiento de las hojas de la papa en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 75 p.
11. BIRD, J. y ADSUAR, J. 1952. Viral nature of papaya bunchy top. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 36:5-11.
12. _____. 1961. Inoculation of sugarcane plants with the mosaic virus using the airbrush. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 45:1-7.
13. BIRD, J. y WELLMAN, F. L. 1962. A mosaic disease of musaceous crops in Puerto Rico. *Phytopathology* 52:286. (resumen)
14. _____. PEREZ, J. E., ALCONERO, R.; VAKILI, N. G. y MELENDEZ, P. L. 1972. A white-fly transmitted golden-yellow mosaic virus of Phaseolus lunatus in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56:64-74.
15. _____. SANCHEZ, J. y VAKILI, N. G. 1973. Golden yellow mosaic of beans (Phaseolus vulgaris) in Puerto Rico. *Phytopathology* 63(12): 1435.
16. _____. SANCHEZ, J., RODRIGUEZ, R. L. y JULIA, F. J. 1975. Rugaceous (whitefly transmitted) viruses in Puerto Rico. In Bird, J. y Maramorosh, E. eds. *Tropical diseases of legumes*. New York, Academic Press. pp. 3-25.
17. BUDDENHAGEM, I. W. 1962. An insect-spread bacterial wilt epiphytotic of bluggoe banana. *Nature* 194(4824):164-165.

18. _____. 1964. La antracnosis del plátano "cachaco" en Colombia is really bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. Turrialba (Costa Rica) 14(2):100.
19. _____. y KELMAN, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. Annual Review of Phytopathology 2:203-230.
20. CARTER, W. 1962. Insects in relation to plant disease. New York, Interscience. p. 5.
21. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, (CIAT). 1975. Annual report 1974. Cali, Colombia. 253 p.
22. COOK, A. A. 1972. Virus diseases of papaya. Agricultural Experimental Station of Florida. Bulletin n° 750. 19 p.
23. COSTA, A. S. 1960. White flies as virus vectors. In Maramorosch, K. ed. Viruses, vectors and vegetation. New York, Interscience. pp. 95-119.
24. _____. 1975. Increase in the populational density of Bemisia tabaci a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. In Bird, J. y Maramorosch, K. eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press. pp. 27-49.
25. COUDRIET, D. L. 1962. Efficiency of various insects as vectors of cucumber mosaic and watermelon mosaic viruses in cantaloups. Journal of Economic Entomology 55:519-520.
26. DAVIS, E. E. y WOOLEY, J. E. Spiroplasma: motile, helical microorganisms associated with corn stund disease. Phytopathology 63(3):403-408. 20 ref.
27. DEAN, CH. G. 1977. Problems of the coconut palm in Central America with special reference to El Salvador. San Salvador, El Salvador, CENIA. p. 78 (mimeograf.)
28. DELGADO, J. C. y ECHANDI, E. 1965. Evaluación de la resistencia de especies y clones de cacao al mal del machete provocado por Ceratocystis fimbriata. Turrialba (Costa Rica) 15(4):286-289.
29. ECHANDI, E. 1971. Manual de laboratorio para fitopatología general. México, Herrero. s.p.
30. EMDEN, H. F. VAN., EASTOP, V. F., HUGHES, R. D. y WAY, M. J. 1969. The ecology of Myzus persicae. Annual Review of Entomology 14:197-270.
31. ENRIQUEZ, G. A. y SORIA V., J. 1977. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades de cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 35 p.
32. ESPINOZA, A. M. y GAMEZ, R. 1977. Utilización de métodos histológicos y de infectividad en el diagnóstico del virus del enrollamiento de las hojas de la papa. Fitopatología 12(2):59-68.
33. _____. y GAMEZ, R. 1977. Incidencia del virus del enrollamiento de las hojas de papa en lotes comerciales de semilla en Costa Rica. Fitopatología 12(2):97-98.
34. FENWICK, D. W. 1968. Red-ring disease of the coconut palm. In Smart, G. C. Jr. y Perry, V. G. eds. Tropical helminthology. Gainesville, University of Florida Press. pp. 38-48.
35. FERNANDEZ VALIELA, M. V. 1969. Introducción a la fitopatología. 3 ed. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 222-229.
36. FISCHER, M. O. DE y GALINDO A., J. 1978. Virosis del papayo (Carica papaya) en México. Fitopatología 13(1):5. (resumen).

37. FISCHNER DIAZ, F. A. 1973. Identificación y distribución del virus 1 del mosaico de la sandía en El Salvador. *SIADES (El Salvador)* 2(3-4):28-31.
38. FULTON, J. P., SCOTT, H. A. y GAMEZ, R. 1975. Beetle transmission of legume viruses. In Bird, J. y Maramorosch, K. ed. *Tropical diseases of legumes*. New York, Academic Press. pp. 123-131.
39. GALVEZ E., G. E., THURSTON, H. D. y JENNINGS, P. R. 1960. Transmission of hoja blanca of rice by the plant hopper, *Sogatodes cubana*. *Plant Disease Reporter* 44:394.
40. GALVEZ E., G. E. 1968. Transmission studies of the hoja blanca virus with highly active virus-free colonies of *Sogatodes oryzicola*. *Phytopathology* 58(6):818-821. 9 ref.
41. _____ y CASTAÑO J., M. 1976. Purification of the whitefly-transmitted bean Golden Mosaic Virus. *Turrialba (Costa Rica)* 26(2):205-207.
42. _____, CARDENASA, M., KITAJIMA, E. W., DIAZ CH., A. J. y NIETO C., M. P. 1977. Purification, serology, electron microscopy and properties of the Ampollado Strain of Bean Rugose Mosaic Virus. *Turrialba (Costa Rica)* 27(4):343-350.
43. GAMEZ, R. 1962. Una enfermedad virosa de los chiles causada por el virus Y de la papa. *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)* 10: 91-97.
44. _____. 1969. A new leafhopper-borne virus of corn in Central America. *Plant Disease Reporter* 53(12):929-932.
45. _____. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por mosca blanca (*Benisia tabaci* Genn.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. *Turrialba (Costa Rica)* 21(1):22-27.
46. _____. 1972. Los virus del frijol en Centro América. II. Algunas propiedades y transmisión por crisomélidos del virus del mosaico rugoso del frijol. *Turrialba (Costa Rica)* 22(3):249-257. 19 ref.
47. _____. 1973. Transmission of rayado fino virus of maize (*Zea mays*) by *Dalbulus maidis*. *Annals of Applied Biology* 73(3):285-292.
48. _____. 1977. Las enfermedades virales como factores limitantes en la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en América Latina. *Fitopatología* 12(1):24-26.
49. GONZALEZ, C., MORENO, R. GAMEZ, R. 1975. Identification, incidence and distribution of a virus of bean (*Vigna sinensis*) in Costa Rica. *Proceedings of the American Phytopathological Society* 2:75. (resumen C-13).
50. _____, MORENO, R., RAMIREZ, P. y GAMEZ, R. 1976. Los insectos crisomélidos como vectores de virus de leguminosas. In *Reunión Anual del Programa Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*, 22a., San José, Costa Rica, 1976. Memoria. [s.n.t.]. v. 1, pp. L32/1-2. 7 ref.
51. GONZALEZ, L. C. 1976. Introducción a la fitopatología. Revisión de Eddie Echandi. San José, Costa Rica, IICA. 148 p. (IICA. Libros y Materiales Educativos no. 29).
52. GONZALEZ, V. y GAMEZ, R. 1974. Algunos factores que afectan la transmisión del virus del rayado fino del maíz por *Dalbulus maidis* De Long & Wolcott. *Turrialba (Costa Rica)* 24(1):51-57.

53. GRANILLO, C. R. 1973. La mosca blanca Bemisia tabaci (Genn) como vector de virus del algodónero Gossypium hirsutum L. en El Salvador. SIADES (El Salvador) 2(2):31-34.
54. _____, ANAYA, M. y DIAZ, A. 1973. Los virus del chilé dulce (Capsicum annuum L.) en El Salvador. SIADES (El Salvador) 2(3-4): 32-36.
55. _____, DIAZ, A. J., ANAYA, M. y BERMUDEZ DE PAZ, C. A. 1975. Diseases transmitted by Bemisia tabaci in El Salvador. In Bird, J. y Maramorosch, K. eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press. pp. 51-53.
56. _____, DIAZ, A. J., ANAYA, M. y JIMENEZ, G. E. A new virus disease of beans transmitted by chrysomelid beetles. In Bird, J. y Maramorosch, K. eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press. pp. 115-117.
57. HAGLEY, E. A. C. 1962. The palm weevil, Rhynchophorus palmarum L., a probable vector of red ring disease of coconuts. Nature 193(4814): 499.
58. _____. 1963. The role of the palm weevil, Rhynchophorus palmarum L., as a vector of red-ring disease of coconuts. I. Results of preliminary investigations. Journal of Economic Entomology 56(3): 375-380.
59. _____. 1965. The mechanism of transmission of Rhadinaphelenchus cocophilus by the palm weevil, Rhynchophorus palmarum. Phytopathology 55(1):117-118.
60. HAQUE, S. Q. y PARASRAM, S. 1973. Empoasca stevensi, a new vector of bunchy top disease of papaya. Plant Disease Reporter 57(5):412-413.
61. _____. y PERSAD, G. C. 1975. Some observations on the seed transmission of beetle-transmitted cowpea mosaic virus. In Bird, J. y Maramorosch, K. eds. Tropical diseases of legumes. New York, Academic Press. pp. 119-121.
62. LAGIERE, R. 1970. Contribution a l'étude des pourritures des capsules du cotonnier en El Salvador. Coton et Fibres Tropicales 25(3):361-373.
63. LAIRD JUNIOR, E. F. y DICKSON, R. C. 1963. Tobacco etch virus and potato virus in peper, their host plants and insect vectors in Southern California. Phytopathology 53:48-52.
64. LARA E., F. y SHENEFELT, R. D. 1965. Some Scolytidae and Platypodidae associated with cacao in Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 15(3): 169-177.
65. LARIOS, J. F., FISCHNALER, F., BONILLA, P. y LARA, E. W. 1977. Influencia de algunos vectores epidemiológicos en el control de la clorosis infecciosa de las malváceas en algodónero en El Salvador. Proceedings of the American Phytopathological Society 4:178. (resumen)
66. LARIOS, J. F. 1979. Niveles críticos de insectos que transmiten fitopatógenos: el caso de mosca blanca (Bemisia tabaci Genn.). Turrialba 29(4):237-241.
67. _____, SANDOVAL, S. O., LARA, E. W., PEREZ, F. B. y GARCIA, J. M. 1978. Analysis of the spread of infections chlorosis virus from wildweed hosts to cotton fields. Phytopathology News 12(12):265.
68. _____, FISCHNALER, F., BONILLA, P. y LARA, E. W. 1978. Interrelationship between the activity of whiteflies (Bemisia tabaci Genn) and the incidence of infectious chlorosis virus in cotton in El Salvador. Phytopathology News 12(12):265.

69. LASTRA, P. 1968. Occurrence of cucurbit viruses in Venezuela. *Plant Disease Reporter* 52(2):171-174.
70. LEE, R. F. y FELDMAN, A. W. 1978. Immunofluorescence for detection of rikettsialike bacteria in grape affected by Pierce's disease, almond affected by almond leaf scorch, and citrus affected by young tree decline. *Phytopathology News* 12(12):265.
71. LIU, L. J., ELLIS, T. O. y ARCENFAUX, G. 1965. Diseases of sugarcane and their control at Central Romana. *In* Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 12^a, Puerto Rico, 1965. Proceedings. [s.n.t.]. pp. 1226-1231.
72. LOPEZ, P. O. 1972. Identificación de las virosis de la lechosa (*Carica papaya* L.) en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela)* 6:5-36.
73. LOZANO, J. C. 1978. General considerations on cassava pathology. *In* Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. Proceedings. Edited by T. Brekelbaum, A., A. Bellotti and J. C. Lozano. Cali, Colombia, CIAT. pp. 17-27.
74. MARAMOROSCH, K. 1975. Etiology of whitefly-borne diseases. *In* Bird, J. y Maramorosch, K. eds. *Tropical diseases of legumes*. New York, Academic Press. pp. 71-78.
75. MATTHEWS, R. E. P. 1970. *Plant virology*. New York, Academic Press. 760 p.
76. MATTOS C., L. y LOZANO, J. C. 1978. Pudrición del tallo de la yuca. *Fitopatología* 13(1):31. (resumen)
77. MENA TASCÓN, E. y MARTINEZ LOPEZ, G. 1977. Identificación del insecto vector de la marchitez sorpresiva de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Fitopatología Colombiana* 6(1):214.
78. MOUND, L. A. 1965. Effect of whitefly on cotton in the Sudan Gezira. *Empire Cotton Growing Review* 42:290-294.
79. OSSIANILSSON, F. 1966. Insects in the epidemiology of plant viruses. *Annual Review of Entomology* 11:213-232.
80. PANIAGUA, R. y GAMEZ, R. 1976. El virus del rayado fino del maíz; estudios adicionales sobre la relación del virus y su insecto vector. *Turrialba (Costa Rica)* 26(1):39-43.
81. PEREZ, J. E. y CORTES-MONLLOR, A. 1970. A mosaic virus of cowpea from Puerto Rico. *Plant Disease Reporter* 54(3):212-216.
82. PIERRE, R. E. 1973. Observations on the golden mosaic of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Jamaica. *In* Bird, J. y Maramorosch, K. eds. *Tropical diseases of legumes*. New York, Academic Press. pp. 55-60.
83. PINTO C., B. y GALINDO A., J. 1978. Virosis del melón en el Estado de Morelos. *Fitopatología* 13(1):18. (resumen).
84. RAJU, B. C., GOHEEN, A. C., LOWE, S. K. y NYLAND, G. 1978. Pierce's disease of grapevines in Central America. *Phytopathology News* 12(12):267.
85. RICO DE CUJIA, L. M. y MARTINEZ LOPEZ, G. 1976. El achaparramiento de maíz en la Sabana de Bogotá. *Noticias Fitopatológicas* 5(2): 74-78.

86. SANCHEZ DE LUQUE, C. y MARTIN Z L., G. 1976. Algunas observaciones sobre el virus de la mancha anular de la papaya en Colombia. *Noticias Fitopatológicas* 5(2):62-73.
87. _____ y SALAZAR C., R. 1975. Identification of possible sources of resistance to papaya ringspot virus in *Carica papaya* L. *Proceedings of the American Phytopathological Society* 7:79. (resumen C-32)
88. SCHAEFERS, G. A. 1969. Aphid vectors of the papaya mosaic viruses in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 53(1):1-13.
89. SCHMUTTERER, H. 1977. Plagas y enfermedades del algodón en Centroamérica. Eschbarn, Alemania, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). s.p.
90. SMITH, D. L. y NIEDERHAUSER, J. S. 1958. Occurrence of corn stunt virus in Central America and Colombia. *Plant Disease Reporter* 45:512.
91. SMITH, K. M. 1972. *A Textbook of plant virus diseases*. 3 ed. London, Longman. pp. 491-492.
92. _____. 1974. *Plant viruses*. 5 ed. London, Chapman and Hall. pp. 97-98.
93. SORIA V., J. y SALAZAR, C. 1965. Pruebas preliminares de resistencia a *Ceratocystis fimbriata* en clones e híbridos de cacao. *Turrialba (Costa Rica)* 15(4):290-295.
94. STORY, G. E. y HALLIWELL, R. S. 1969. Association of a mycoplasma-like organism with the bunchy-top disease of papaya. *Phytopathology* 59(9):1336-1337.
95. STOVER, R. H. 1972. *Banana, plantain and abaca diseases*. Kew, England, Commonwealth Mycological Institute. pp. 198-207.
96. TARR, S. A. J. 1964. *Virus diseases of cotton*. Kew, England, Commonwealth Mycological Institute. 23 p.
97. WAITE, B. H. 1960. Virus diseases of bananas in Central America. *Proceedings of Caribbean Region of the American Society of Horticultural Science* 4:26-30.
98. WELLMAN, F. L. 1972. *Tropical american plant diseases*. New Jersey, Scarecrow Press. p. 125.

EL USO DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS COMO UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES *

David Monterroso, Ph.D.**

Introducción:

La preocupación de algunos especialistas en la protección de plantas en la actualidad es, la incorporación de la metodología empleada por el Programa Manejo Integrado de Plagas (MIP) a los Sistemas de Producción Agrícola (SPA). En ese sentido, no se habla de la eliminación de algún patógeno, sino de la reducción del mismo a niveles "Tolerables". La definición de "nivel tolerable" es complejo y dependerá fundamentalmente de la demanda que tenga el producto en el mercado.

El éxito del MIP en relación a enfermedades en los SPA, reside en 2 cosas principalmente: el diagnóstico seguro del problema y el estudio de la dinámica de la enfermedad. De lo anterior se desprende que en el MIP se requiere de varias estrategias integradas para reducir el efecto de las enfermedades en los SPA. La técnica que nos ocupará en esta oportunidad es el uso de productos químicos, los cuales se pueden utilizar en dos sentidos. Los tratamientos químicos empleados para reducir la enfermedad inicial (reducción del inóculo inicial) y los tratamientos empleados para reducir la tasa de incremento de la enfermedad.

Tratamientos químicos para reducir el inóculo inicial

1. Fumigantes del suelo. Un espectro amplio de biocidas químicos son usados para inactivar todas las plagas del suelo. Los pesticidas más efectivos han sido químicos volátiles que se difunden a través del suelo, los cuales son aplicados como líquidos o gases. Dado que estos tratamientos son de alto costo se usan principalmente en aquellos cultivos altamente rentables como hortalizas y flores. Una ventaja que se ha visto con el uso de fumigantes es que hace más disponibles los nutrimentos para la planta. La explicación de este fenómeno es aún desconocida.

Son pocos los fumigantes de suelo que se comercializan en la actualidad. El Bisulfuro de Carbono fue el primer fumigante usado ampliamente, pero fue reemplazado por el Bromuro de Metilo, Cloropicrina, Metil isotiocianato y varias mezclas

* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Fitopatología, MIP/CATIE. (Panamá, 22-24 abril, 1986).

** Coordinador Proyecto MIP/CATIE-Honduras

de estos mismos compuestos o con algunos nematicidas (Cuadro 1).

2. Fungicidas de suelo. En general se trata de los mismos que se usan para tratamientos foliares o de semilla. Sin embargo, algunos de ellos se usan más comunmente para tratar la semilla con el fin de formar una zona de protección alrededor de la semilla en el suelo (Cuadro 2).

Tratamiento químico para reducir la tasa de incremento de la enfermedad

1. Compuestos inorgánicos

- a) Azufre: fue el primer compuesto usado como fungicida (pesticida general) por los antiguos griegos. Desafortunadamente, las propiedades fungicidas del azufre fueron olvidadas durante la edad media y no fueron redescubiertas hasta el siglo XIX. Actualmente las propiedades del azufre son bien conocidas y para 1970 el azufre elemental fue usado en mayor cantidad de cualquier otro fungicida en los Estados Unidos. El azufre tiene un amplio espectro de actividad. Sin embargo, su mayor efectividad es contra diferentes formas de mildiú polvoriento. Además, el azufre tóxico para ácaros y chicharritas. El problema del azufre es su fitotoxicidad. Causa del encorchamiento de la hoja (suberización), defoliación y reducción de la producción. Los mecanismos de acción son varios y desconocidos.
- b) Cobre: se descubrió aplicando Sulfato de Cobre y Cal hidratada para evitar que los transeúntes robaran las uvas durante el siglo XIX en Burdeos, Francia. De allí su nombre de caldo bordelés cuyas cualidades como fungicida fueron demostradas por Millardet en 1882. Desde esta fecha, hasta mediados de nuestro siglo el cobre fue la base principal de los fungicidas usados en la agricultura. Los compuestos de cobre son tóxicos no sólo para los hongos sino también para las bacterias y por lo general son más baratos que los antibióticos. El caldo bordelés se adhiere al follaje, tenazmente, por eso aún se usa en algunas áreas de los trópicos cálido-húmedo, donde otros fungicidas son lavados fácilmente, y es tóxico porque los iones de Cu insolubles en agua son quelatados por los metabolismos del hongo y son absorbidos por la célula del hongo hasta niveles intolerables.
- c) Mercurio: todos los compuestos a base de mercurio, incluyendo los mercuriales orgánicos, han sido restringidos por las agencias reguladoras de pesticidas en los Estados Unidos.

CUADRO 1. PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS COMO FUMIGANTES DEL SUELO

Nombre Común	Nombre Químico (Comercial)	Formulación	Presión de Vapor (mm Hg)	Punto de Ebullición (°C)	Especificidad	Dosis por ha	Fitotoxicidad	Maníferos LD 50 en mg/kg
Bromuro de Metilo	Bromometano (Dowfume Mc-2)	98% + 2% Cloropirina	14-20	4.6	General	450-900 kg	Alta	± 1
Cloropirina	Tricloronitrometano (Picfume, Larvacide)	100%	20	112	General	300-500 lts	Alta	± 1
DD	1,2-Dicloropropano y Dicloropropeno (Telone, Viden D)	DD sólo o con otros hidrocarburos clorinados	19-25	106 111	Nematicida	100-500 ha	Alta	± 140
EDB	1, 2-Dibrometano (Dowfume W-84 Nematox 100)	60-85% en 11quifido	8	132	Nematicida	19-94 lts	Alta	± 150
Metil Isocianato	Metil isocianato (MIC)	30-40 lido o sólido (85% WP)	-	-	General	600-1200 lts o 300-400 kgs	Alta	± 280-650
Dibromocloro	1, 2-Dibromo-3 Cloro propano (Fumazone, Nematogón)	Emulsión	0.6	199	Nematicida	19-38 lts	Baja	172

* LD 50 es la dosis letal del 50% de una población de ratas adultas.

CUADRO 2. FUNGICIDAS USADOS COMUNMENTE COMO TRATAMIENTO A LA SEMILLA DE ESTADOS UNIDOS

Nombre Común	Formulación	LD 50* mg/kg	Especificidad	Cultivos	gr de i.a./kg de semilla
Captan	P.H.***	15,000	General	Mate, sorgo, soya maní, hortalizas, algodón	1 - 3
Carboxin**	P.H.	3,820	Basidiomicetes	Granos, algodón	2 - 3
Etridiazol	P.H.	2,000	Ficomicetes	Algodón, sorgo, soya, granos	Usualmente en mezcla 0.2 - 0.5
Maneb	P.H.	6,750	General	Arroz y papa	1 - 2
PCNB	P.H.	1,200	<u>Rhizoctonia,</u> <u>Sclerotinia,</u> <u>Streptomyces</u>	Sorgo, soya, granos	1 - 2
Thiran	P.H.	780	General	Mafz, soya, maní, granos, hortalizas	1 - 4
Dexon**	P.H.70%	89	Ficomicetes ?	--	0.3 - 2

* Dosis letal para el 50% de la población de ratas del ensayo.

** Fungicidas sistémicos.

*** P.H. = Polvo Humectante.

2. Compuestos orgánicos protectivos

- a) Ditiocarbamatos: el primer fungicida desarrollado fue el Tiram, actualmente utilizado más para protección de semillas. De este se han generado 2 sales metálicas de Dimetil ditiocarbamato, la de hierro llamada Ferbam y la de Zinc llamada Ziram.
- b) Etilenditiocarbamatos: en 1943 Dimond y colaboradores descubrieron el efecto fúngico del Etilenditiocarbamato de sodio lo cual dio origen a la fabricación de los fungicidas más usados en la actualidad. El Nabam, por ser soluble en agua provoca alguna fitotoxicidad. Este tiene un DL50 relativamente alta (395 mg/kg) y se ha usado más como fungicida del suelo. El descubrimiento de que las sales de zinc o de manganeso son relativamente insolubles en agua y por consiguiente no puede entrar a la célula del hospedante, permitieron la generalización en el uso de estas dos sales, el Zineb (Zn) y el Maneb (Mn) que tienen un amplio espectro de acción. La poca fitotoxicidad del maneb puede ser minimizado si se combina químicamente (mancozeb) o se mezcla físicamente con zinc. Los EDC afectan varios procesos en la célula del hongo, probablemente por interferir en el grupo sulfidrilo de las proteínas.
- c) Quinonas: sólo el Diclone es aún usado dando un efecto seguro en períodos de postinfección. El mecanismo de acción puede estar relacionado con su poder oxidante.
- d) Compuestos aromáticos
- Clorotalonil: tiene un amplio espectro de acción, siendo efectivo contra Oomicetos (Phytophthora spp.), Ascomicetos (Botrytis spp., Penicillium spp.) y Basidiomicetos (royas). Su DL50 es baja (3750 mg/kg). Su acción fungicida se debe a que probablemente interfiere con el grupo sulfidrilo de las proteínas del hongo.
 - Dicloronitroanilina (DCNA): inicialmente se le encontró especificidad contra Botrytis, de ahí su nombre comercial de Botran. Sin embargo, también es efectivo contra Monilia, Sclerotium, Sclerotinia y Rhizopus. Como tiene una cierta capacidad de penetración, se recomienda para el control de las pudriciones de las frutas. Su DL50 es de 10,000 mg/kg. También se ha encontrado que genera poblaciones resistentes.
 - Pentacloronitrobenceno (PCNB): se ha usado ampliamente como fungicida del suelo. Sin embargo, no es efectivo

contra Pythium, Phytophthora y Fusarium. Parece ser fungistático más que fungicida.

- Bifenil: es un compuesto aromático polinuclear usado ampliamente para el control de la pudrición de post-cosecha en cítricos donde ha demostrado su acción contra Penicillium, Diplodia natalensis, Botrytis cinerea y Phomopsis citrii. No se conoce aún el mecanismo de esta selectividad. Este fungicida es uno de los primeros productos en los que se detectó resistencia causando pérdidas graves en cajas de cítricos con infecciones de Penicillium italicum.

e) Compuestos nitrogenados heterocíclicos

- Hidroftalimidias: los fungicidas Captan, Folpet y Captafol han sido ampliamente usados y efectivos contra varios hongos. Estos compuestos tienen un rango de actividad similar pero no idéntico. Así, Captan es relativamente inefectivo contra mildiús lanosos y polvorientos y royas, pero Folpet es activo contra algunas royas y mildiús polvorientos y Captafol es activo contra algunos mildiús lanosos. Captan no debe ser usado con otros productos químicos alcalinos ya que es inestable a pH mayor de 7. El DL 50 de Captan, Folpet y Captafol es bajo, cerca de 15,000, 10,000 y 4,600 mg/kg respectivamente. Los mecanismos de acción de estos tres fungicidas es probablemente similar. Dado que muchas enzimas tienen grupos tioles, se explica la multirespuesta de la célula fungosa a estos químicos.
- Otros productos nitrogenados heterocíclicos: Dyrene es la única S-triazina que tiene significancia como fungicida. Gliodin es efectivo contra la roña de la manzana. Además tiene efecto adherente y ha sido recomendado para usarlo en otros fungicidas. Su uso ha sido restringido en los Estados Unidos.

f) Fungicidas orgánicos protectivos adicionales

- Diclofluanid: es un fungicida que se ha usado recientemente en Europa pero no en Estados Unidos. Tiene amplio espectro; pero, es particularmente efectivo contra Botrytis spp.
- Dodine: es un fungicida muy efectivo contra enfermedades de los frutales deciduos. Tiene una buena capacidad protectora, pero limitada capacidad terapéutica contra Venturia inaequalis. Es otro ejemplo de pérdidas por generación de resistencia en hongo.
- Etridiazol: es un fungicida de amplio espectro usado contra hongos del suelo; es efectivo contra Pythium spp. y poco efectivo contra Rhizoctonia solani.

3. Compuestos orgánicos sistémicos

En 1966 se informó de un producto que se movía sistémicamente en la planta y que suprimía el crecimiento del hongo dentro de la misma planta. Con este se inició la era de los fungicidas sistémicos. El producto fue una Carboximida y fue selectivamente tóxico para Basidiomicetos. Actualmente los fungicidas sistémicos descubiertos son selectivos en su fungitoxicidad y al menos tienen alguna propiedad terapéutica. La mayor parte de los fungicidas sistémicos tienen limitado su movimiento dentro de la planta. El movimiento se realiza principalmente por la vía de la transpiración (transporte por apoplasto) y es muy poca escala por el floema (transporte por simplasto). Si el fungicida es absorbido por la raíz, se mueve fácilmente hacia el follaje, pero el producto ya en las hojas permanece allí y no se mueve de las hojas senescentes a los tejidos en crecimiento. Cuando el fungicida es aplicado al follaje, usualmente no se mueve de una hoja a otra. El Piroxiclor y el Fosfato Monoetílico de aluminio, son tóxicos para Oomicetos y son transportados fácilmente del follaje a la raíz, pero si se desea proteger la raíz con otro de los fungicidas sistémicos, estos deben de aplicarse al suelo en el área de la raíz (Cuadro 3).

Efectos colaterales del control químico de las enfermedades

1. Daños a la salud humana. Uno de los mayores problemas son aquellos efectos que se detectan a un largo plazo, en especial, los efectos cancerígenos que pueden demorar 25 o 30 años en evidenciarse en una población que ha sido expuesta al producto. Uno de los episodios más trágicos de envenenamiento fue en Irak, ya que varios miles de personas consumieron pan hecho con semilla tratada con un compuesto metil-mercúrico.
2. Daños al ambiente. Los ejemplos más mencionados en la literatura son la muerte de predadores de ácaros por el uso de fungicidas Benzimidazoles, lo cual permite que éstos incrementen su población libremente hasta convertirse en verdadero problema. Aparte de esto, este tipo de fungicidas afecta la lombriz de tierra, causando problemas en la transformación del suelo. Otro problema detectado es la muerte de hongos parásitos de insectos, como por ejemplo, Entomophthora spp., que se ha encontrado parasitando áfidos o el genero Spicaria que parasita Pieris sp.
3. Inducción de plagas. La aplicación de compuestos cúpricos en café para evitar la entrada de la roya, sólo ha servido para asegurar el establecimiento y diseminación de la misma roya del café. La aplicación de Benzimidazoles pueden causar un incremento de problemas por Basidiomicetos.

CUADRO 3. INFORMACION GENERAL SOBRE FUNGICIDAS SISTEMICOS UTILIZADOS EN CENTROAMERICA

Nombre Común o Químico	Nombre Comercial	Selectividad
Acetamidas y Acilalaninas		
N-Cianoetil clorocetamida	Undonkor	Mildiús polvorientos
2-Cian-N-(etilaminocarbonil)- 2-(metoxiimino)-acetamida	Curzate	Oomicetes
Metalaxil	Ridomil	
Furalaxil	Fongarid	
Bensimidazoles		
Benomil	Benlate	Muchos ascomicetes, Deuteromicetes y Algunos Basidio- micetes
Carbendazim	Bavistin	
Metil-tiofanato	Topsin M	
Tiofanata	Topsin	
Tiabendazole	Mertect	
Carboxamidas		
Benodanil	Calirus	Basidiomicetes
Carboxin	Vitavax	
Oxicarboxin	Plantrax	
Piracarbolid	Sicarol	
Morfolinas		
Dodemorf	Meltatox	Mildiús polvorientos, royas
Tridemorf	Calixin	
Fosfatos orgánicos		
S-Bencil di isopropil		
Fosforotiolato	Kitazín P	<u>Piricularia</u> sp.
Edifenfos	Hinosan	Mildiú polvoriento
Pyrazofos	Afregan	
Triamifos	Wepsyn	
Pirimidinas exhidroxipirimidinas		
Bupírimato	Nimrod	Mildiús polvorientos
Dimetirimol	Milcurb	
Etirimol	Milstem	
Fenarimol	Bloc	Algunos Ascomicetes y Basidiomicetes
Nuarimol	Trimidal	
Parimol	Parnon	
Triazoles		
N-Butil-1, 2, 4, Triazol	Indar	Royas de la hoja Mildiú polvoriento <u>Piricularia</u> sp.
Fluotrimazol	Persulon	
Triciclazole	Beam 75	
Sistémicos menos selectivos		
Etilfosfite de Aluminio	Alliete	Diversos hongos
L-Butil- - fenil-1H imidazol-1-propanonitrilo	Sisthane	
2-cloro-6-metoxi-4-(triclorometil)		
Pirimidina	Pyroxiclor	
Cloroneb	Demosan	
Fenaminsulf	Dexon	
Imazalil	Fungaflor	
Protiocarb	Previcur	
Triadimefon	Bayleton	
Tridimenol	Baytan	

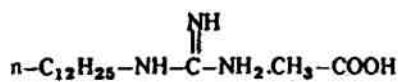
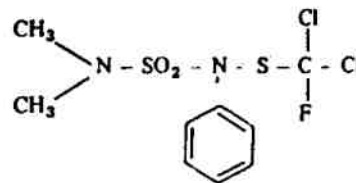
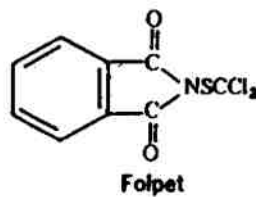
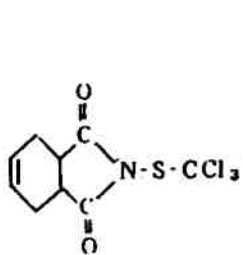
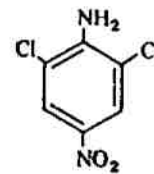
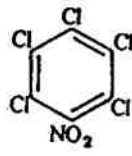
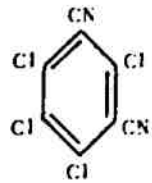
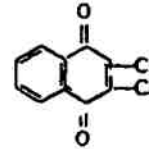
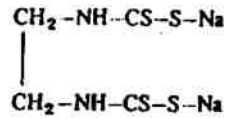
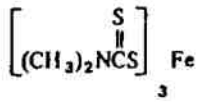
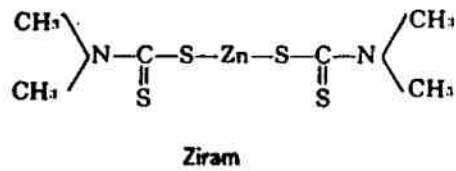
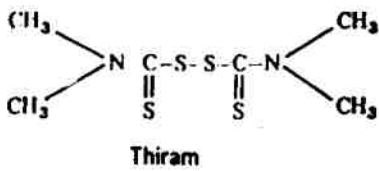


FIGURA 1. Fórmulas estructurales de algunos compuestos fungicidas importantes utilizados en Centro América.

4. Selección de poblaciones resistentes a fungicidas. Hasta 1970 este fenómeno fue muy raro. Sin embargo, en años recientes se han tenido experiencias de generación de resistencia, debido al incremento en uso de fungicidas sistémicos. Uno de los primeros problemas encontrados fueron las pérdidas que provocó Venturia inaequalis en los últimos años de la década de los 60 debido a la ruptura de la resistencia originada por el aumento de la dosis de 2 a 4 veces.

La resistencia a fungicidas ha sido demostrada más frecuentemente en compuestos del grupo de los Benzimidazoles. Incluso algunos autores mencionan que después del uso intensivo de estos fungicidas han aparecido poblaciones resistentes en sólo 3 años. En hongos se ha encontrado también la llamada resistencia cruzada. Aquellos que crearon resistencia con tiabendazol, fueron también resistentes al fuberidazol y al tiofanato de metilo.

En Guatemala poca a ninguna atención se presta al fenómeno de la creación de resistencia. Es importante que quienes se encargan de hacer recomendaciones para el control químico tengan en mente las pérdidas en las que se puede incurrir con la aparición de una población de patógenos resistentes a un fungicida de uso público y extensivo.

BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G. N. 1969. Plant pathology. Academic Press. New York and London. 187-206 p.
- BROWN, A.W.A. 1978. Ecology of pesticides. John Wiley & Sons, Pub. 525 p.
- CREMLYN, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Trad. al español de E. Baradon de Frixione y E. Frixione G. Editorial Limusa. México. 356 p.
- FRY, W. E. 1982. Principles of plant disease management. Academic Press. New York and London. Pp. 273-302.
- MARTIN, H. 1973. The Scientific principles of crop protection. Sixth Edition. Edward Arnold Pub. London. 423 p.

USO DE ENTOMOPATOGENOS*

Alex E. Bustillo P.**

INTRODUCCION

Al igual que el hombre, otros animales y las plantas, los insectos son afectados por microorganismos capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones. Estos microorganismos pertenecen a uno de los siguientes grupos: bacterias, virus, hongos, protozoarios y rickettsias. Aquí también se incluyen los nemátodos, que a pesar de no ser microorganismos, son muy comunes afectando y causando enfermedades en insectos.

Los registros sobre enfermedades de insectos datan de tiempos inmemoriales, pero sólo en las dos últimas décadas se les ha prestado considerable atención. Este renovado interés en el estudio de las enfermedades ha resultado en el desarrollo del control microbial, el cual se refiere al uso inteligente de entomopatógenos para regular o reducir las poblaciones insectiles. El uso de entomopatógenos incluye tanto el manejo adecuado de microorganismos presentes para tomar los más efectivos, como el uso de insecticidas microbiales, que son formulaciones comerciales de los entomopatógenos o sus productos tóxicos usados en el control de insectos.

Con el advenimiento de los programas de manejo integrado que enfatizan el uso armónico de múltiples medidas de control, se considera que los entomopatógenos juegan un papel decisivo en la reducción de los insectos plagas.

* Este material corresponde al capítulo 13 del libro "Manejo integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial". Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada (en preparación).

** Entomólogo, Instituto Colombiano Agropecuario. Estación Experimental Tulio Ospina. Apartado Aéreo 51764. Medellín, Colombia.

En este capítulo se discuten por separado los diversos grupos de patógenos que afectan insectos y sus implicaciones en el control de plagas de importancia económica en el trópico. También se enfatiza la implementación de programas de control microbiano en zonas de minifundios donde el uso de patógenos ha sido muy restringido o completamente nulo.

BACTERIAS

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso y quizás el más estudiado entre los microorganismos asociados con insectos (Bucher, 1960; Heimpel, 1967; Heimpel y Angus, 1963; Anderson y Rogoff, 1966; Falcon 1971a). Las bacterias más importantes desde el punto de vista del control de insectos son las aeróbicas formadoras de esporas del género Bacillus (familia Bacillaceae). En general los entomopatógenos bacteriales se agrupan en: a) cristalíferas formadoras de esporas; b) patógenos obligados, c) patógenos facultativos y d) patógenos potenciales.

Hasta el momento sólo las cristalíferas formadoras de esporas son promisorias en el control de insectos. Un representante típico de este grupo es Bacillus thuringiensis. Solo se discutirá esta bacteria debido a que es la única actualmente comercializada y de gran utilidad en programas de control integrado.

Bacillus thuringiensis

El B. thuringiensis, también llamado Bt, se ha aislado de muchos insectos en diversos lugares del mundo. Hasta el presente se reconocen 19 variedades correspondientes a 14 serotipos diferentes (De Barjac y Bonnefoi, 1968, 1973; Heimpel, 1967; Hall et al, 1977) y de las cuales son más importantes las thuringiensis e israelensis. En 1969, se aisló la raza HD-1 de cultivos en el laboratorio de Bt var. kurstaki perteneciente al serotipo III, encontrándola 10 a 100 veces más potente que las usadas comercialmente hasta esa época (Dulmage 1970). Existen diversas formulaciones comerciales que han aparecido en el mercado mundial (Falcon, 1971b; Ignoffo, 1975; Burgerjon y Dulmage, 1977; St. Julian et al, 1973), de las que son más conocidas Biotrol, Thuricide y Dipel.

Actualmente todas las formulaciones comerciales se basan en los serotipos I, III, IV o V de los cuales el más importante es el III por su mayor virulencia a lepidópteros.

Modo de acción del Bt

Las células del Bt, al momento de la esporulación, además de las endosporas, producen también un cristal en forma de diamante en el esporangio durante el proceso. Este cristal contiene una toxina, denominada delta-endotoxina, capaz de paralizar el intestino de la mayoría de las larvas de lepidópteros. Las larvas susceptibles, después de consumir cierta dosis de Bt, cesan de alimentarse y mueren, o son debilitadas en tal forma que la bacteria puede fácilmente invadir el hemocelo desde el intestino y producir una septicemia letal. Se ha demostrado que los insectos más susceptibles son aquellos cuyos intestinos tienen un pH alcalino que causa la disolución de los cristales en sus componentes tóxicos.

Existen otras toxinas aisladas de diferentes razas de Bt que pueden causar toxicidad a los insectos. Un ejemplo es la enzima fosfolipasa C, producida por células bacteriales en crecimiento que pueden descomponer fosfolípidos esenciales en las células de los insectos.

Uso del Bt

El Bt afecta insectos en los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, y Lepidoptera. Sin embargo, la delta endotoxina sólo afecta los lepidópteros confinando por lo tanto por razones económicas su uso a éste orden. Alrededor de 200 especies han sido plenamente comprobadas como susceptibles al Bt.

Actualmente las formulaciones comerciales de Bt (Biotrol, Dipel, Thuricide) basadas en la raza HD-1, se usan en diferentes partes del mundo en programas de control integrado contra una variedad de lepidópteros de importancia económica. El Bt está registrado en los Estados Unidos para ser usado en los siguientes cultivos: alfalfa, alcachofa, apio, brócoli, col, coliflor, forestales, lechuga, melones, papa y tomate (Heimpel 1967). En Colombia se lo

ha registrado en 12 cultivos para el control de 16 especies de lepidópteros de las familias: Brassolidae, Noctuidae, Pieridae, Pyralidae y Sphingidae. Su principal uso se confina a programas de control integrado en el cultivo del algodón y en menor escala a hortalizas y forestales (ICA, 1973). Situación similar ocurre en otros países de Centro y Suramérica.

El Bt se puede usar en mezclas con otros insecticidas químicos y biológicos. Un ejemplo de esto son los ensayos efectuados para el control del Trichoplusia ni. Aplicaciones del Bt más clordimeform fueron superiores a tratamientos químicos convencionales y aplicado en combinación con el virus de la poliedrosis nuclear del T. ni se obtuvieron porcentajes de control superiores a los obtenidos cuando estos patógenos se usaron sólo (Creighton y McFadden, 1975; McVay et al, 1977).

Una de las ventajas que ha popularizado el uso del Bt en programas de control integrado, es su inocuidad a la fauna benéfica (Dunbar y Johnson, 1973; Wilkinson et al, 1975) y a vertebrados (Ignoffo, 1973). Sin embargo, su uso se ve restringido cuando el insecto a ser atacado no es altamente susceptible a la bacteria y la dosis debe incrementarse considerablemente para obtener un control satisfactorio, elevando los costos de control.

VIRUS

Los virus que causan enfermedades en insectos juegan un papel muy importante en la regulación de sus poblaciones tanto en condiciones naturales como cuando se los usa en programas de control. Existe un volumen considerable de literatura sobre estos entomopatógenos obligados (Hughes, 1977; Aizawa, 1963; Bergold, 1963; Tanada, 1963; Vaughn, 1974; Martignoni e Iwai, 1977).

Los virus, a diferencia de las bacterias, son generalmente más específicos e infecciosos y no se pueden propagar in vitro en medios artificiales. Virus patogénicos a insectos se han aislado principalmente de los órdenes Lepidoptera e Hymenoptera y en menor número de Diptera, Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, Neuroptera y Trichoptera (David, 1975).

Los virus patogénicos a insectos se clasifican de acuerdo al criterio establecido para otros virus de animales. Estos incluyen el tipo de ácido nucleico dentro del virión o partícula infecciosa del virus, la morfología del virión, la simetría de las subunidades de la capa proteínica, la presencia o ausencia de una envoltura rodeando el virión, su tamaño y grado de resistencia a ciertos químicos. Inicialmente la clasificación se basó en características no muy estables como el insecto huésped del cual se aislaba el virus, tejidos del insecto afectados y signos patológicos resultantes de la infección, los cuales crearon mucha confusión. La clasificación genérica más aceptada actualmente divide los virus en dos grandes grupos de acuerdo a la composición del ácido nucleico (ADN o ARN). Para fines prácticos, los entomovirus se dividen en cinco grupos: a) baculovirus; b) virus citoplasmáticos; c) entomopoxvirus; d) virus denonucleosos; y e) virus iridiscentes.

Modo de acción de los virus

Los virus, al igual que las bacterias y la mayoría de otros patógenos, deben ser ingeridos para que causen enfermedad y muerte a un huésped susceptible. De acuerdo al grupo, afectan sitios específicos dentro del insecto, destruyendo las células, lo que resulta en enfermedad. Es así como algunos se multiplican de preferencia en tejidos del mesodermo, ectodermo y endodermo, mientras otros afectan el tejido adiposo y la epidermis, o las células epiteliales del intestino medio.

El proceso de infección depende de varios factores internos y externos tales como: a) la susceptibilidad del insecto; b) la edad o tamaño del insecto (como disponibilidad de alimento, competencia por espacio); d) virulencia del virus; y e) temperatura.

Muy poco se sabe sobre infecciones virales latentes. Se cree que los virus pueden sobrevivir en una población de insectos por varias generaciones sin causar síntomas visibles (virus ocultos). Pero cuando los insectos son sometidos a condiciones desfavorables, las infecciones virales surgen causando en muchos casos epizootias de grandes proporciones en las poblaciones insectiles. Las enfermedades virales en insectos se caracterizan por la pérdida del apetito, el cuerpo se torna flácido, presentan movimientos hacia la parte superior de las

plantas, toman posiciones colgantes y el fluido del cuerpo se escapa del integumento.

Uso de los virus

Los entomovirus son los patógenos más populares en los programas de control integrado debido a que en muchos casos se han reportado efectos espectaculares en el control de ciertas plagas. El virus de poliedrosis nuclear (VPN) del I. ni es un típico ejemplo en Colombia, donde fue introducido desde California en 1971 (Cujar y Alcaraz 1973). Su efecto y dispersión fue tan dramático que I. ni dejó de ser un problema serio en el algodón.

Actualmente existen varias formulaciones comerciales de virus que han pasado todas las regulaciones sobre seguridad humana y contaminación ambiental. Sin embargo, como el VPN del Heliothis virescens, no son lo suficientemente virulentas, requieren de dosis muy altas y por lo tanto costosas para alcanzar niveles aceptables de control.

A pesar de que las formulaciones comerciales son relativamente recientes, los entomovirus se han venido utilizando hace mucho en el control de diversas plagas agrícolas. Los agricultores de diversos países en el mundo se han dado cuenta de la bondad de estos patógenos y se han encargado de colectarlos en el campo, almacenarlos y luego dispersarlos en los próximos cultivos y en esta forma asegurar un inóculo uniforme del virus todos los años. Esta práctica se ha llevado a cabo especialmente con los VPN del I. ni, Spodoptera frugiperda y H. virescens en diversos cultivos en el trópico.

En general, el proceso es sencillo. Las larvas infectadas colectadas en el campo se suspenden en agua (pH 6,0-8,0), luego se licúan para homogenizar la suspensión. Para aplicarlo en el campo la suspensión se filtra con el fin de separar las partes grandes del insecto. También es conveniente agregar un agente humectante. A esta solución se agrega suficiente agua para establecer una dosis aproximada de 20 larvas infectadas por hectárea, la suspensión del virus preparada así se puede asperjar en el campo con los equipos convencionales. El virus colectado en el campo también se puede almacenar por períodos largos hasta de dos años bajo refrigeración.

HONGOS

Las infecciones fungosas son muy comunes en insectos y relativamente fáciles de detectar debido a que generalmente sus cuerpos aparecen cubiertos por micelios o cuerpos fructíferos del hongo. Hasta el momento se han registrado aproximadamente 40 géneros de hongos entomopatógenos. Sin embargo, sólo unos pocos se han investigado intensivamente con el fin de usarlos en programas de control microbial. Los hongos entomopatógenos más estudiados pertenecen a los géneros: Beauveria, Metarrhizium, Entomophthora, Coelomomyces, Cordyceps, Nomuraea, Aschersonia, e Hirsutella (Yendol y Roberts, 1970; Roberts y Yendol, 1971; Roberts, 1973; Ferron, 1978).

Beauveria

Las especies del género Beauveria son principalmente parásitos de insectos. Dos especies, B. bassiana y B. tenella, son las más importantes. La última se ha usado en experimentos de control microbial en Europa, especialmente contra larvas de Melolontha. B. bassiana es muy conocido por su amplio rango de huéspedes y distribución geográfica. Su patogenicidad se ha probado contra más especies de insectos que cualquier otro hongo. En el pasado, este patógeno se distribuyó comercialmente con el nombre de "Boverin" para el control del cucarón de la papa, Leptinotarsa decemlineata. En el trópico una especie afín que afecta solanáceas, L. undecemlineata, es comúnmente atacada por este patógeno, sugiriendo la posibilidad de utilizarlo en el control de esta plaga. B. bassiana se ha encontrado atacando a la broca del fruto del café, Hypothenemus hampei, en Guatemala.

Metarrhizium

En el género Metarrhizium existen más de 200 especies atacando siete órdenes de insectos. La especie M. anisopliae es la más difundida geográficamente, por lo cual es la más estudiada. En el Brasil esta especie es objeto de estudio para desarrollar una preparación comercial que contenga conidias de larga vida. Resultados promisorios se han obtenido en pruebas semicomerciales

en el control de las salivitas de los pastos Zulia entreriana y Aeneolomia selecta y en caña de azúcar contra Mahanarva posticata (Guagliumi et al, 1974). Durante los ensayos se observó que otros insectos (Metamasius hemipterus, Diatraea sp., Spodoptera sp.) eran también afectados por el hongo.

Entomophthora

Se han encontrado más de 100 especies de Entomophthora atacando insectos. Entre las especies más conocidas y difundidas están E. muscae afectando la mosca casera y E. planchoniana que normalmente ataca áfidos. En cultivos de cítricos en el trópico es frecuente observar este último patógeno sobre las especies Aphis spiraecola y Toxoptera citricidus.

Coelomomyces

El género Coelomomyces pertenece a un grupo de hongos parásitos obligados de hábitat acuático. Su importancia radica en que pueden constituirse en factores importantes de control contra larvas de mosquitos, especialmente de los géneros Culex y Aedes.

Cordyceps

Generalmente especies de Cordyceps afectan adultos de dípteros y larvas o pupas de lepidópteros. La especie C. cerca sobolifera ataca prepupas y pupas del defoliador del ciprés, Glena bisulca, en Colombia (Drooz y Bustillo, 1972).

Nomuraea

El género Nomuraea (Spicaria) contiene una de las especies más comunes en Centro y Suramérica, N. rileyi. Este patógeno afecta plagas de gran interés agrícola como son Anticarsia gemmatalis en soya H. virescens y I. ni en algodón y S. frugiperda en maíz. Sus ataques son localizados en lugares de alta humedad y puede diezmar rápidamente poblaciones de insectos. Entre los agricultores existe la práctica de coleccionar las larvas enfermas y luego dispersarlas de nuevo en el campo.

Aschersonia

La especie más frecuentemente encontrada en Centro y Suramérica es A. aleyrodis. Este hongo se registra comúnmente infestando la mosca prieta de los cítricos, Aleurocanthus woglumi (Bustillo, 1970; Quezada, et al, 1973; Gracias, 1980). Altos niveles de infección se han observado en lugares donde las condiciones de temperaturas y humedad la favorecen. También afecta a la escama de nieve de los cítricos, Unaspis citri, y la escama articulada, Selenaspidus articulatus, plagas de importancia económica en cítricos. Este hongo es cultivado en medios artificiales y utilizando en forma experimental en la Florida en el control de cóccidos plagas de cítricos.

Hirsutella

El género Hirsutella tiene como principal representante la especie H. thomposnii que afecta en la Florida al ácaro tostador de los cítricos, Phyllocoptruta oleivora, plaga ampliamente distribuida en las zonas tropicales donde se cultivan cítricos. Ensayos recientes en Colombia han mostrado que H. thomposnii es también patogénico a una plaga importante de la palma africana, el ácaro Retracrus elaeis (Urueta, 1980).

Modo de acción de los hongos

Los hongos entomopatógenos pueden causar infección en cualquier estado de desarrollo del insecto. A diferencia de las bacterias y virus, que deben ser ingeridos con el alimento por los insectos, los hongos atacan a través del integumento. Al entrar en contacto con la cutícula del insecto, las esporas inician el proceso de germinación, el cual requiere de condiciones específicas de temperatura y humedad. Durante la germinación producen enzimas que destruyen la pared celular y permiten que el hongo penetre y llegue a la cavidad hemocélica, donde se reproducen vegetativamente hasta llenar todo el interior del insecto y matarlo, ya sea por el daño mecánico inflingido a los diversos órganos, o por la liberación de toxinas resultantes de su metabolismo. Cuando las condiciones ambientales son favorables ocurre la esporulación que normalmente se manifiesta exteriormente en el insecto por los diversos cuerpos fructíferos formados.

Uso de los hongos

A pesar de que las infecciones fúngicas en insectos son tan comunes, no se ha logrado un manejo consistentemente exitoso, debido a que la mayoría requieren condiciones precisas de humedad y temperatura para su desarrollo. Hasta el momento no existe ninguna formulación comercial en uso debido especialmente a la dificultad y los altos costos en la producción masiva de formulaciones que contengan conidias que resistan largos períodos de almacenamiento. El uso de hongos es promisorio, especialmente cuando se integre con otras medidas de control, ya que se preve que solos no podrán jugar un papel dominante en la supresión de plagas.

NEMATODOS

Los nemátodos parásitos de insectos pertenecen a las familias Mermithidae, Neoaplectanidae y Sphaerulariidae. Los miembros de las dos primeras parecen ser los más promisorios en el control biológico de insectos (Nickle 1972, 1973; Poinar, 1971; Welch, 1963, 1965).

La identificación de los nemátodos entomófagos se debe dejar a los especialistas, pero como norma general se puede obtener una idea del grupo al que pertenecen si se siguen éstas indicaciones. Cuando en el interior de un insecto se encuentran uno o dos gusanos largos probablemente se trate de mermitidos. Si hay uno o unos pocos nemátodos de tamaño medio y aproximadamente 500 larvas, probablemente pertenecen al grupo sphaerulariidos. Si se encuentran muchas hembras y machos de tamaño medio en insectos muertos o moribundos junto con 100.000 a 200.000 larvas pequeñas de nemátodos y bacterias, probablemente se trate de una especie de Neoaplectana (Nickle, 1972).

Mermithidae

Los nemátodos mermitidos son considerados muy promisorios en el control biológico de insectos plagas. Sus principales características son su inocuidad a otros animales diferentes a insectos, la facilidad de producción masiva y de

almacenamiento, y perpetuación en el nuevo sitio, donde pueden ocasionar altos niveles de infección a la plaga objeto de control.

La especie Romanermis culicivorax (Reesimermis nielsenii) es el primer nemátodo desarrollado para su distribución comercial en el control de mosquitos (Nickel, 1977). Bajo el nombre comercial de "Skeeter Doom" se distribuye en los Estados Unidos con el fin de dispersarse en lagos, lagunas u otros lugares que sirven de multiplicación a los mosquitos. El nemátodo ataca más de 60 especies de larvas de mosquitos.

En el género Hexameris se encuentran muchas especies de interés en el control de plagas agrícolas. H. albicans tiene un amplio rango de huéspedes lepidópteros y se encuentra en muchas partes del mundo. Entre los insectos que afecta están Diatraea saccharalis en caña de azúcar, S. frugiperda en maíz y el barrenador de las meliáceas, Hypsipyla grandella (Nickle y Grijpma, 1974).

Neoaplectanidae

La familia Neoaplectanidae contiene el género Neoaplectana del cual existen alrededor de 10 especies. La especie N. carpocapsae (= N. dutkyi), es objeto de intensa investigación en muchas partes del mundo debido a la facilidad de cría del nemátodo (Bustillo, 1976) y a que tiene un amplio rango de huéspedes.

En Colombia se han llevado a cabo experimentos de campo aplicando suspensiones de N. carpocapsae en el cogollo del maíz para el control de S. frugiperda, obteniéndose niveles de control del 70%. El cogollo del maíz mantiene una alta humedad lo cual facilita la supervivencia del nemátodo en este nicho (Landazabal et al, 1973).

Modo de acción de los nemátodos

Los nemátodos de insectos son parásitos obligados. Buscan activamente y penetran el cuerpo de larvas, pupas o adultos de insectos. Presentan estiletes que, con la ayuda de secreciones enzimáticas de las glándulas esofágicas, son capaces de entrar al cuerpo de insectos en unos pocos minutos. Una vez dentro de la cavidad hemocélica de la larva, el nemátodo obtiene alimento de la

hemolinfa por difusión a través de su cutícula. Estos nemátodos utilizan algunos de los aminoácidos y ésteres que el insecto produce para su nutrición y producción de huevos. Por lo tanto, en insectos parasitados por nemátodos es común la esterilidad o la reducción en la producción de huevos.

PROTOZOARIOS

Los protozoarios entomopatógenos juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de algunos insectos. Sin embargo, se les ha prestado poca atención como agentes de control microbial debido a que requieren mucho tiempo para matar al huésped y por consiguiente no ocasionan un efecto inmediato en las poblaciones de las plagas como lo hacen las bacterias y los virus. A pesar de esto, se les considera útiles en programas de manejo de plagas que enfatizan la conservación y aumento de los enemigos naturales existentes (Henry, 1981; McLaughlin, 1971; Pramer y Rabiaí, 1973; Wisler, 1963).

A continuación se discutirán dos de los siete grupos que afectan a los insectos, las neogregarinas y las microsporidias, que están representadas por especies de interés en el trópico.

Neogregarinas

Las neogregarinas se han aislado de Lepidoptera, Coleoptera y Orthoptera. Sólo dos especies en este grupo ha recibido considerable atención: Mattesia grandis y M. trogodermæ. En el campo se han efectuado ensayos usando M. grandis contra el picudo del algodón, Anthonomus grandis.

Microsporidias

Las microsporidias comúnmente se encuentran atacando insectos bajo condiciones naturales. Uno de los géneros encontrados es Nosema, cuyas especies, N. heliothidis y N. trichoplusiae, que afectan respectivamente H. virescens y T. ni, han recibido considerable atención en los últimos años. La infección de N. heliothidis en los adultos interfiere con el proceso reproductivo del insecto.

Vairimorpha necatrix se ha aislado de, como mínimo, 14 especies de larvas de lepidópteros y ha mostrado ser patogénica a otros 35 lepidópteros entre ellos especies de importancia económica como H. zea, H. virescens, T. ni y Agrotis ipsilon.

Modo de acción de los protozoarios

La ruta primaria de infección de los protozoarios es el tracto alimenticio; para alcanzar esta ruta la mayoría de los protozoarios deben ser ingeridos. Una vez en el intestino penetran hacia la cavidad hemocélica en donde se multiplican y causan enfermedad en los insectos. Su acción es muy lenta, tomando en muchos casos varios meses para desarrollar la enfermedad y posterior muerte del insecto. Rara vez alteran rápidamente las funciones vitales del huésped.

Uso de los protozoarios

Hasta el momento no existe ninguna formulación comercial basada en protozoarios. Existe mucho interés en desarrollar varias especies que atacan plagas de granos almacenados, en donde se piensa que pueden jugar un papel decisivo en la regulación de las poblaciones plagas.

RICKETTSIAS

Las rickettsias entomopatógenas no ofrecen ningún uso potencial en el control microbial de insectos debido a que se ha demostrado que algunos grupos son patogénicos a vertebrados, especialmente animales de sangre caliente. Las rickettsias son patógenos obligados y tienen algunas características similares a virus y bacterias. (St. Julian et al, 1973; Vaughn et al, 1974).

CONCLUSIONES

Es muy poco lo que se ha estudiado y se conoce sobre enfermedades de insectos en Latinoamérica. La mayoría de los estudios comprenden labores de reconocimiento de patógenos en el campo y la subsecuente identificación mediante

el envío de muestras a fitopatólogos locales o a especialistas en el exterior (Rodríguez y Fargues, 1974; Fassiatiova et al, 1978; Bustillo, 1979a, 1979b; Gottwald, 1981). Esta situación refleja la falta de apoyo gubernamental a programas de esta naturaleza. Las zonas tropicales, debido a sus características climáticas, ofrecen un gran potencial para encontrar nuevos entomopatógenos o nuevas razas más virulentas de las ya conocidas. Con excepción de México, no existe en ningún otro país latinoamericano una infraestructura que garantice el desarrollo y continuidad de investigaciones entomopatológicas. La investigación realizada hasta el momento obedece al interés particular de algunos entomólogos y es así como unos pocos patógenos se han estudiado en aspectos sobre su morfología, patogenicidad, sistemas de producción en laboratorio y su uso a escala semicomercial (Revelo, 1973; Guagliumi et al, 1974; Bustillo, 1976; Ureta, 1980; Gracias, 1980; Jiménez y Bustillo, 1981).

La idea de desarrollar entomopatógenos en insecticidas microbiales es una realidad como lo demuestran las formulaciones comerciales de B. thuringiensis usadas en el control de lepidópteros, varios virus poliédricos nucleares (Baculovirus) especialmente los del I. ni y H. virescens y nemátodos para el control de mosquitos. El uso del Bt se ha generalizado en muchos países de Centro y Suramérica debido a la producción de razas más virulentas y a la disminución en sus costos de producción. La aplicación de esta bacteria se confina a programas de control integrado especialmente contra plagas del algodón, hortalizas y en menor escala forestales. Los virus son probablemente, después del Bt, los más usados en programas de control integrado en cultivos de algodón, frijol, maíz y palma africana. Sin embargo, el mayor éxito se ha obtenido, no con formulaciones comerciales costosas y poco virulentas, sino con la introducción y movilización de estos patógenos a zonas en donde no existen o su incidencia es muy baja (Cujar y Alcaraz, 1973). En Centro y Suramérica es común la práctica de coleccionar larvas enfermas para luego distribuir las en campos no infectados.

El uso de hongos como agentes de control microbioles es todavía muy prematuro a pesar de los avances que se han hecho en la producción de conidias de mayor longevidad en cultivos de laboratorio. Sin embargo, existe un gran interés en utilizar preparaciones semicomerciales como es el caso del uso de M. anisopliae para el control de varias plagas de pastos y caña de azúcar en el

Brasil. Los nemátodos son muy promisorios; la especie R. culicivora que recientemente salió al mercado y podría jugar un papel muy importante en el trópico en programas de salud pública para el control de mosquitos vectores de enfermedades en el hombre. Una campaña de esta naturaleza tendría que ser patrocinada por entidades gubernamentales y sus efectos serían altamente satisfactorios, especialmente si se considera los azares que el uso de insecticidas químicos ocasiona en el hombre y en el medio ambiente cuando se trata de aplicarlos en los lugares de multiplicación de los mosquitos.

Actualmente el uso de insecticidas microbiales está confinado a la agricultura tecnificada, especialmente latifundios, donde el alto costo de estas formulaciones puede ser absorbido por los buenos retornos de las cosechas. En minifundios la situación es muy diferente debido a que la agricultura se caracteriza especialmente por estar en zonas poco accesibles o montañosas, donde es difícil utilizar maquinaria agrícola, los cultivos son múltiples, los rendimientos de las cosechas bajos y la mano de obra es abundante. Algunas de estas características se podrían utilizar para implementar programas de control microbial en minifundios. Inicialmente se requiere una labor de educación a los agricultores con el fin de que se percaten de los beneficios del uso de patógenos de insectos. Luego se deben llevar a cabo labores de reconocimiento para evaluar los diversos problemas de plagas existentes y que patógenos se encuentran presentes en la zona y cuales podrían constituirse en candidatos para su introducción. La organización de una cooperativa a nivel regional, con asesoría técnica, sería de una gran utilidad para la producción y distribución de ciertos patógenos que como virus, nemátodos y hongos se puedan multiplicar a una escala semicomercial y a costos relativamente bajos. El establecimiento inicial de un programa piloto mostrará las bondades de un programa de esta naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- AIZAWA, K. 1963. The nature of infections caused by nuclear-polyhedrosis viruses. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology; an advanced treatise*. New York Academic Press. Vol.1, p. 318-412.
- ANDERSON, R. F., AND M. H. ROGOFF. 1966. Crystalliferous bacteria and insect toxicants. In Grosby, D. G. *Natural pest control agents. Advances in Chem. Series Nº53, Amer. Chem. Soc., Washington, D. C.* p. 65-79.
- BERGOLD, G. H. 1963. The nature of nuclear-polyhedrosis viruses. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology; an advanced treatise*. New York, Academic Press. p. 413-564.
- BUCHER, G. E. 1960. Potential bacterial pathogens of insects and their characteristics. *J. Insect Pathol.* 2: 172-195.
- BURGERJON, A. and DULMAGE, H. 1977. Industrial and international standardization of microbial pesticides. I. *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, 22: 121-129.
- BUSTILLO, A. E. 1970. La mosca negra de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), un problema severo en el Tolima. *Agric. Trop. (Colombia)* 26(10): 720-722.
- _____. 1975. Control microbiológico. IICA (Colombia) Regional 6. Boletín informativo Nº5.
- _____. 1976. Patogenicidad del nemátodo *Neoplectana carpocapsae* en larvas, prepupas y pupas de *Oxydia trychiata*. *Rev. Colombiana Ent.* 2(4): 139-144.
- _____. 1979. Glosario sobre patología de insectos. ICA (Colombia). Documento de Trabajo Nº4. 27 p.
- _____. 1979a. Aspectos generales sobre el insecticida microbioal *Bacillus thuringiensis*. (Sociedad Colombiana de Entomología) SOCOLEN. Boletín de Divulgación Nº3. 380 p.
- _____. 1979b. Enfermedades víricas en insectos. In Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, 6º "SOCOLEN", Memorias, Cali, Colombia. Julio 25-27. p 241-280.
- _____. 1981a. Infecciones en insectos causados por nemátodos. Memorias VIII Congreso de SOCOLEN, Medellín, Colombia. Julio 22-24, 1981.
- _____. 1981b. Enfermedades en insectos causadas por hongos: Micosis. Memorias VIII Congreso de SOCOLEN, Medellín, Colombia. Julio 22-24, 1981.
- CREIGHTON, C. S. and McFADDEN, T. L. 1975. Cabbage caterpillars: efficacy of chlordimeform and *Bacillus thuringiensis* in spray mixtures and comparative efficacy of several chemical and *B. thuringiensis* formulation, *J. Econ. Entomol.* 68: 57-60.
- CUJAR, M. A. and ALCARAZ, H. V. 1973. The nuclear polyhedrosis virus, *Trichoplusia ni* (Hubner), used to determine its effectiveness as a biological control in cotton. *Fitotec. Latinoam.* 9: 28-35.

- DAVID, W. A. L. 1975. The status of viruses pathogenic for insects and mites. *Ann. Rev. Ent.*, 20: 97-117.
- DE BARJAC, H. and BONNEFOI, A. 1968. A classification of strains of Bacillus thuringiensis Berliner with a key to their differentiation. *J. Invertebr. Pathol.*, 11: 335-347.
- DROOZ, A. T. and BUSTILLO, A. E. 1972. Glennia bisulca a serious defoliator of Cupressus lusitanica in Colombia. *J. Econom. Entomol.*, 65: 89-93.
- DUMAGE, H. T. 1970. Insecticidal activity of HD-1, a new isolate of Bacillus thuringiensis var. alesti. *J. Invertebr. Pathol.*, 15:232-239.
- DUNBAR, J. P. and JOHNSON, A. W. 1973. Bacillus thuringiensis: effects on the survival of a tobacco budworm parasitoid and predator in the laboratory. *Environ. Entomol.*, 4: 352-354.
- FALCON, L. A. 1971a. Use of bacteria for microbial control. In Burges, H. D. and Mussey, N. W., eds. *Microbial control of insects and mites*. New York. Academic Press. p. 67-95.
- _____. 1971b. Microbial control as a tool in integrated control programs. In Huffaker, C. B., ed. *Biological Control*, New York. Plenum press. p. 346-364.
- FASSIATILOVA, O.; HOSTOUNSKY, Z.; MIXIKOVA, S. y SAMSINAKOVA, A. 1978. Hongos entomófagos de plagas en Cuba. *Poeyana (CUBA) N°183*; p. 1-14.
- FERRON, P. 1978. Biological control of insects pests by entomogenous fungi. *Ann. Rev. Entomol.* 23: 409-442.
- GOTTWALD de A., C. 1981. Manejo de hongos entomopatógenos en México. In Reunión Nacional de Control Biológico, 10a, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, p. 64-85.
- GUAGLIUMI, P.; MARQUES, E. J. y VILAS BOAS, A. M. 1974. Contribuição ao estudo de cultura e aplicação de Metarrhizium anisopliae (Metsohn.) Sorokin no controle da "cigarrinha da folha", Mahanarva posticata (Stal) no Nordeste do Brasil. Recife, CODECAP, Bol. Tecn. N°3, 45 p.
- HALL, J. M.; ARAKAWA, K. Y.; DULMAGE, H. T. y CORREA, J. A. 1977. The pathogenicity of strains of Bacillus thuringiensis to larvae of Aedes and to Culex mosquitoes. *Mosquito News*, 37: 246-251.
- HEIMPEL, A. M. 1967. A critical review of Bacillus thuringiensis Berliner and other crystalliferous bacteria. *Ann. Rev. Entomol.* 12: 287-316.
- _____. and ANGUS, T. A. 1963. Diseases caused by certain sporeforming bacteria. In Steinhaus, E. A. ed. *Insect Pathology: An advanced treatise* New York Academic Press. Vol.2, p. 21-73.
- HENRY, J. E. 1981. Natural and applied control of insects by protozoa. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 49-73.
- HUGHES, K. M. 1977. Observations on the morphology of polyhedrosis viruses from six forest insects. *Can. Ent.* 109: 759-762.

IGNOFFO, C. M. 1973. Effects of entomopathogens on vertebrates. *Annals New York Acad. Sci.*, 217: 141-164.

_____. 1975. Entomopathogens as insecticides. *Environmental letters* 8(1): 23-40.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1975. Guía para el control de plagas. Programa de Entomología Manual de Asistencia Técnica N°1, 3a. ed., Bogotá, 174 p.

JIMENEZ, J. A. y BUSTILLO, A. E. 1981. Histopatología y dosis letal media de una poliedrosis nuclear en larvas de *Spodoptera frugiperda*. In Reunión Nacional de Control Biológico, 9a, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, p. 8-61.

LANDAZABAL, J. FERNANDEZ y FIGUEROA, A. 1973. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), con el nemátodo *Neoplectana carpocapsae* en maíz. *Acta-agronómica* 23(3-4): 41-70.

MARTIGNONI, M. E. and IWAI, P. J. 1977. A catalog of viral diseases of insects and mites. 2nd. ed. USDA Forest Service. Pacific Northwest For. and Range Exp. Sta., Gen. Tech. Report PNW-40. 28 p.

MCLAUGHLIN, R. E. 1971. Use of protozoans for microbial control of insects. In Burges, H. D. and Hussey, N. W., eds. *Microbial Control of Insects and Mites*. New York, Academic Press. p. 151-172.

McVAY, J. R.; GUDANSKAS, R. T. and HARPER, J. D. 1977. Effects of *Bacillus thuringiensis*, nuclear polyhedrosis virus mixtures on *Trichoplusia ni* larvae. *J. Invertebr. Pathol.* 29: 367-372.

NICLKE, W. R. 1972. Nematode parasites of insects. Proc. Ann. Tall Timbers Conf. Feb. 24-25, 1972. 163 p.

_____. 1973. Identification of insect parasitic nematodes -A review. *Esp. Parasitol.* 33: 303-317.

_____. 1977. Taxonomy of nematodes that parasitize insects, and their use as biological control agents. In Romberger, J. A. ed. *Biosystematics in Agriculture*. Pub. Allenheld, Osmun and Co., p. 37-51.

_____ and Grijpma, P. 1974. Studies of the Shootborer *Hypsipyla grandella*. XXV. *Hexameris albicans* a parasite of the larva. *Turrialba* 24 (2): 222-226.

POINAR, G. O., Jr. 1971. Use of nematodes for biological control of insects. In: Burges, A. D. and Hussey, N. W. eds. *Microbial control of insects and mites*. New York, Academic Press. p. 181-201.

_____ and THOMAS, G. M. 1978. Diagnostic manual for the identification of insect pathogens. New York, Plenum Press. 218 p.

PRAMER, D. and AL-RABIAI, S. 1973. Regulation of insect populations by protozoa and nematodes. *Ann. New York Acad. Sci.* 217: 85-92.

QUEZADA, J. R.; DE MIRA, A.; CORNEJO, C. y HIDALGO, F. 1973. Control Biológico e Integrado de la Mosca Prieta de los Cítricos en El Salvador. San Salvador, Universidad de El Salvador, Departamento de Biología. 39 p.

REVELO, M. A. 1973. Efectos del *Bacillus thuringiensis* sobre algunas plagas lepidópteras del maíz bajo condiciones tropicales. *Revista ICA*, (Colombia). 8: 429-503.

- ROBERTS, D. W. 1973. Means for insect regulation: Fungi. *Annals New York Acad. Sci.* 217: 76-84.
- _____ and YENDOL, W. G. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In Burges, H. D. and Hussey, N. W. eds. *Microbial control of insects and mites*. New York. Academic Press. p. 125-149.
- RODRIGUEZ, D. y FARGUES, J. 1974. Estudio preliminar sobre la patogenicidad de hongos imperfectos (Denteromycetes) entomógenos en Noctuidae Nueva. *Agric. Trop. (Colombia)* 27(3): 30-37.
- SMITH, K. M. 1976. *Virus-insect relationships*. London. Longman Group limited, 291 p.
- STEINHAUS, E. A. 1949. *Principles of insect pathology*. New York. McGraw-Hill, 757 p.
- _____. 1946. *Insect microbiology* Ithaca, New York. Comstock Publ. 763 p.
- ST. JULIAN, G.; BULLA, L. A.; SHARPE, E. S. and ADAMS, G. L. 1973. Bacteria, Spirochetes, and Rickettsia as insecticides. *Annals New York Acad. Sci.* 217: 65-75.
- TANADA, Y. 1963. Epizootiology of infectious diseases. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology an advanced treatise*. New York, Academic Press. Volume 2, p. 423-475.
- URUETA, E. J. 1980. Control del ácaro *Retracus elaeis* Keifer mediante el hongo *Hirsutella thompsonii* Fisher e inhibición de éste por dos fungicidas. *Rev. Colombiana Ent.* 6: 3-10.
- VAUGHN, J. 1974. Virus and rickettsial diseases. In Cantwell, G. E., ed. *Insect diseases*. New York, Marcel Dekker. Vol.1. p. 49-86.
- WEISER, J. 1963. Sporozoan infections In Steinhaus, E. A. ed. *Insect pathology: an advanced treatise*. New York, Academic Press. Vol.2, p.291-334.
- _____. 1977. *An atlas of insect diseases*. Second edition. The Hague; Dr. W. Junk, 240 p.
- WELCH, H. E. 1963. Nematode infections. In Steinhaus, E. A. ed. *Insect pathology an advanced treatise*. New York, Academic Press. Vol.2, p. 367-392.
- _____. 1965. Entomophilic nematodes. *Ann Rev. Ento.* 10: 275-302.
- WILD, P. 1971. Classification and nomenclature of viruses. *Monographs in Virology*, Vol.5. 81 p.
- WILKINSON, J. D., BIEVER, K. D. and IGNOFFO, C. M. 1975. Contact toxicity of some chemical and biological pesticides to several insect parasitoids and predators. *Entomophaga*, 20: 113-120.
- YENDOL, W. G. and ROBERTS, D. W. 1970. Is microbial control with entomogenous fungi possible? *Proceedings of the 4th International Colloquium on Insect Pathology*, College Park, Md: 28-42.

PRINCIPALES ASPECTOS A CUBRIR EN EL ESTUDIO BIOSISTEMÁTICO DE ENEMIGOS NATURALES*

José Rutilio Quezada**

INTRODUCCION

Los insectos benéficos (depredadores y parasitoides) son objeto de mucho interés para los programas MIP. El número de especies es incalculable y se les encuentra asociados a diversas poblaciones de especies plagas o potencialmente dañinas. Estos organismos benéficos exhiben una variedad de hábitos, preferencia de hospederos, formas de apareamiento y reproducción, adaptaciones al medio, etc., al grado de que cada especie en sí puede ser motivo de un estudio especial, como lo muestra la abundante literatura existente.

Resultaría imposible, en las condiciones en que se desenvuelven los proyectos MIP, el estudiar todos los grupos y especies benéficas que se encuentran asociadas a los cultivos de interés para el programa. Sin embargo, al profundizar en el trabajo del manejo integrado de plagas, se encontrarán insectos benéficos tan importantes en la regulación de plagas, otros insectos, o malezas, que ameritará hacer un estudio detallado sobre la biología, ecología y sistemática de tales organismos, para así poder aprovecharlos mejor en las tareas de fitoprotección.

Una vez realizado el hallazgo de un enemigo natural considerado de interés real, y seguros de comenzar un pie de cría del mismo, es necesario trazar un plan de trabajo para su estudio biosistemático. La finalidad de este documento es la de proporcionar ideas generales acerca del tema, dejar un esquema de trabajo y proporcionar una bibliografía ampliatoria y complementaria.

* Conferencia presentada en el Curso "Tácticas Potenciales del Manejo Integrado de Plagas" de MIP/CENTA en El Salvador. Mayo 26-31, 1986.

** Entomólogo Proyecto MIP/CATIE, Turrialba, Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Es indudable que estos van a variar mucho de acuerdo al insecto objeto de estudio, pero esencialmente abarcarán las siguientes áreas:

Cría del huésped o presa

Para estudiar un enemigo natural debe tenerse como base una cría de su presa (si es depredador) o huésped (si es parasitoide). Esa cría involucra la producción suficiente del estadio adecuado, ya que los parasitoides sobre todo, pueden ser exclusivos en sus necesidades de reproducción. Sabido es que existen parasitoides de huevos, de larvas, de pupas y aún de adultos. La cría del huésped, entonces, será dirigida a mantener un constante suplemento del estadio adecuado para la cría del parasitoide.

En el caso de los depredadores, la situación puede ser relativamente menos complicada. El trabajo de insectario involucra así el manejar tres niveles tróficos: la planta hospedera (o sus productos como tubérculos, frutos, follaje); el huésped (fitófago); y el enemigo natural (carnívoro). Actualmente existen dietas artificiales que permiten la cría de una variedad de hospederos en forma más higiénica y relativamente fácil.

Cría del enemigo natural

Establecida la cría del hospedero, éste es ofrecido en cantidades suficientes para mantener un pie de cría del insecto benéfico, de tal forma que también se encuentre siempre disponible en sus distintas etapas de desarrollo, para facilitar sus estudios biosistemáticos.

Técnicas de manejo

Para manejar todo el material involucrado en estos trabajos (plantas hospederas o sus productos, dietas alimenticias, insectos fitófagos y carnívoros) hay que desarrollar técnicas de manejo para cada nivel trófico. El invernadero juega un papel importante para la producción adecuada, perenne y sin contaminación del material vegetal. Plantas enmacetadas (o sus productos, según el

caso) se colocan en las jaulas de cría del hospedero. Este a su vez se ofrecerá al depredador o parasitoide. Se necesita evitar las contaminaciones de tales crías, las que se pueden manejar con las manos, pinzas o pinceles finos, según el tamaño y delicadeza del material. Las plantas necesitan su riego adecuado. Los insectos benéficos aceptan gotitas de miel como suplemento alimenticio, así como agua en finas gotas, dispensada por medio de atomizadores.

Técnicas de medición y microscopía

Los especímenes muertos y pinchados, o aún vivos (como en las mediciones de cápsulas cefálicas de larvas) necesitan ser medidos bajo el microscopio, para lo que se usa un dispositivo calibrado en uno de los oculares. Las técnicas de montaje de especímenes muy pequeños incluyen la preparación de láminas microscópicas, usándose el líquido de Hoyer o bálsamo del Canadá, así como barniz de uñas transparente para sellar las láminas cubreobjetos.

TAXONOMIA

El aspecto taxonómico podrá abarcar distintos niveles de actividad, según sea el conocimiento genérico o específico que se tenga del organismo. Por lo general se carece de taxónomos en el área, aunque técnicos en los países manejan y conocen grupos importantes de insectos. El estudio taxonómico incluye, entre otras, las siguientes actividades:

Revisión del grupo

La familia o el género pueden ser revisados y actualizados, ya que estas categorías suelen cambiar.

Especies en el género

El taxónomo tiene que poner al día las especies incluidas en determinado género e incluir en él a la especie objeto de estudio, confirmando su nombre científico o dándole uno si se trata de una especie nueva. Es importante también que establezca y registre las sinonimias.

Claves para especies

Un trabajo taxonómico se debe acompañar de las claves para las especies contenidas en el género, de modo que abarquen entre ellas a la que es objeto de estudio. Esto es esencial en el caso de que tal especie sea nueva para la ciencia. A veces resulta conveniente, por razones didácticas, elaborar claves pictóricas, que tienen un gran valor práctico para el técnico de campo o laboratorio.

Descripción de una especie nueva

Abarca el detallado diagnóstico morfológico de una especie, incluyendo: descripción de la hembra y del macho: cabeza, ojos, ocelos, antenas, patas, tarsos, etc. con los detalles exactos para la especie. La descripción pasa después a señalar el hospedero u hospederos en que consta que se reproduce, de los hábitats frecuentados. Hay que anotar tipos (holotipos objeto de la descripción original, paratipos guardados en las colecciones o enviados a museos). Es útil consignar notas adicionales relevantes que enriquezcan la información acerca de la especie descrita.

BIOLOGIA

El estudio biológico de un enemigo natural es un aspecto esencial para conocerlo y aprovechar mejor sus potencialidades como agente de control biológico.

Variaciones morfológicas

En una misma especie se dan variaciones morfológicas, además de las obvias entre individuos de distinto sexo. El tamaño varía dentro de cierto rango y puede ser producto de las diferencias nutricionales. Aparecen a veces formas atípicas que presentan variaciones en el número de segmentos antenales, para el caso, o en la venación de las alas. El color puede también variar.

Variaciones biológicas

Son las que se presentan en relación con el comportamiento, la capacidad reproductiva, la duración del ciclo biológico, etc.

Morfología y desarrollo de estadios inmaduros

Es necesario estudiar el ciclo biológico total, así:

Huevo. Su forma y tamaño características (textura del corion, contenido vitelino, formas de respiración), tiempo de incubación, porcentaje de eclosión.

Etapas larvales. Es muy importante conocer las etapas larvales, su número y características, desarrollo de órganos como intestinos, glándulas salivares, tráqueas, etc. Las mandíbulas en cada etapa pueden tener características especiales que permiten un diagnóstico adecuado del número de estadios y su duración.

Pre-pupa. Etapa en que la larva ya no se alimenta. Después de la última muda ocurre (entre los parasitoides) la expulsión del contenido intestinal acumulado (meconio), cuyas características son a menudo importantes en la taxonomía.

Pupa. Estadio en que se llevan a cabo los cambios para que resulte el adulto (descripción y duración).

Adulto. Notas sobre la emergencia de los adultos son de gran interés: proporción de sexos, ¿emergen primero los machos? ¿Hay copulación inmediata?, etc. ¿Existe la poliembrionía? ¿Parasitismo gregario o solitario?

Factores que inciden en el ciclo biológico

Notas sobre temperatura, humedad relativa y otros factores físicos que aceleren o retarden el ciclo biológico son de mucho interés, sobre todo los verificados en el campo. ¿Cuántas generaciones ocurren en el año? ¿Existe un período de dormancia (estivación, diapausa)? Estas son algunas preguntas que

pueden dar respuestas relevantes para el manejo de las plagas y el mejor aprovechamiento de sus enemigos naturales.

ECOLOGIA Y ETOLOGIA DE LA HEMBRA ADULTA

La hembra adulta de un enemigo natural es, en la práctica, el miembro más importante del par, al menos en el caso de los parasitoides. Esto porque el macho generalmente se limita a copular e inseminar a las hembras. (En los depredadores, cuyos adultos buscan y devoran presas, los machos son igualmente valiosos). Es más, entre los himenópteros parasíticos se pueden dar casos de partenogénesis en la que hay una virtual ausencia de machos.

Búsqueda del huésped

Observaciones de como la hembra inseminada busca sus huéspedes. ¿Dónde y cómo? ¿Al azar o en forma orientada?

Período de pre-copulación

¿Necesita copular la hembra para reproducirse? ¿Existe un período precopulatorio o la copulación ocurre inmediatamente después de la emergencia?

Copulación

Observaciones y anotaciones del comportamiento de ambos sexos en la copulación. ¿Existe alguna forma de cortejo? Modo de copulación. Actitud del macho. Duración de la copulación. ¿Son las hembras promiscuas o sólo copulan una vez?

Período de pre-oviposición

¿Existe un período en el cual las hembras recién emergidas o copuladas no ovipositan, aun en la presencia de huéspedes adecuados? ¿O es la oviposición inmediata? ¿Necesitan algún estímulo nutricional previo (miel, agua, néctar, líquidos del huésped)?

Nutrición

¿Necesita la hembra nutrirse del huésped o sus exudaciones? ¿Una hembra de depredador come presas antes de ovipositar? Observaciones sobre succión del huésped en el caso de que ocurra, incluyendo: formación del tubo de succión, alimentación (tiempo y frecuencia).

Preferencia de huéspedes o presas

Experimentos que ofrecen huéspedes o presas distintas (pero relacionadas taxonómicamente) para anotar la preferencia exhibida por los enemigos naturales y acaso facilitar así la cría masiva con materiales más baratos o más accesibles.

Oviposición

Estudio del proceso de oviposición, con sus secuencias de comportamiento: aceptación del huésped, uso del ovipositor, etc. Conviene diseñar experimentos para determinar la oviposición diaria y total de una hembra para conocer su potencial biológico. ¿Son los huevos colocados cerca, sobre o dentro del huésped?

Descendencia total

Determinación del número de descendientes que una hembra es capaz de producir, dato importante en las estrategias de cría, liberación y evaluación.

Longevidad

¿Cuál es la duración de la vida de un enemigo natural? Algunos pueden durar muchos días, aún meses. Otros tienen vidas efímeras. La longevidad de una especie determinada dependerá del ambiente, sobre todo de su nutrición, por lo que puede someterse experimentalmente a dietas como: agua sola, miel sola, agua con miel y ausencia de alimento. Los resultados pueden arrojar mucha luz

sobre la capacidad de sobrevivencia de los enemigos naturales y sobre sus requerimientos nutricionales, con lo que pueden ingeniarse prácticas para su conservación y aumento en el campo.

Factores físicos y biología

¿Qué efectos tienen la temperatura y humedad en la duración del ciclo biológico? ¿En la descendencia total? ¿En la longevidad?

Estudios de ovisorción

En la ausencia de presas u hospederos adecuados, las hembras recurren a una "economía biológica" absorbiendo sus propios huevos y "reciclándolos" en su sistema hasta que encuentran condiciones propicias para ovipositar. Se pueden diseñar experimentos en los que los enemigos naturales se sujeten a varios tipos de "estrés" como: ausencia de hospederos (o presencia de hospederos inadecuados). La disección de las hembras y la observación microscópica de sus ovarios puede revelar el fenómeno de ovisorción. En los depredadores se puede observar oviposición y aún emergencia de larvitas. Pero, en ausencia de presas, los adultos pueden recurrir al canibalismo, comiendo sus propios huevos, y aún larvas y pupas en condiciones de hambre extrema.

Partenogénesis

¿Existe la partenogénesis y de qué tipo? ¿Teliozoquia, arrenozoquia? ¿Partenogénesis facultativa? Hay especies en que los machos son muy raros o no existen. ¿Es posible someter a las larvas o pupas a factores como temperaturas elevadas y hacer que se produzcan machos? ¿Son esos machos funcionales? ¿Cómo se comportan? ¿Copulan o inseminan a las hembras?

EFECTOS DE LA DENSIDAD

Es importante conocer los efectos que puedan tener las distintas densidades de enemigos naturales en presencia de un número fijo de presas o huéspedes.

Superparasitismo

Puede producirse cuando hay demasiados parasitoides en relación con el número de huéspedes; el grado en que el parasitismo total disminuye, permitiendo que escapen muchos huéspedes.

Canibalismo

Ya se ha mencionado que los depredadores, cuando están sometidos al "estrés" del hambre, pueden comer a sus propios descendientes. El mismo fenómeno puede observarse cuando a una población elevada de depredadores se le ofrece un número relativamente bajo de presas. Hay mecanismos de dispersión que ocurren en el campo, por lo que los depredadores, que se ven abundar en un período, pueden desaparecer "de repente". Este fenómeno es importante comprenderlo para propósitos de detección y aprovechamiento de los depredadores, transportándolos a tiempo a nuevos sitios antes de que ocurra su dispersión.

CONCLUSIONES

Los estudios biosistemáticos de enemigos naturales son un elemento esencial en las investigaciones sobre control biológico. El esquema que se ha presentado en este documento contiene los detalles cercanos a lo que idealmente debería cubrirse en esos trabajos. Sin embargo, se reconoce que hay limitaciones de distinta índole que harían imposible desarrollar todos los temas. Los técnicos que trabajan en MIP no podrán siempre abarcar tanto detalle y deberán tomar estas ideas como una guía general de la que podrán escoger los aspectos más relevantes. Los trabajos más detallados pueden, sin embargo, servir como temas de tesis para los estudiantes de ciencias agronómicas o biología, lo cual puede recibir el adecuado estímulo de parte de quienes están impulsando el MIP en los distintos niveles.

Los resultados de los trabajos realizados no debieran quedar reducidos a una tesis o a un informe que se pierde en las gavetas de los escritorios. Es necesario que salgan a la luz en publicaciones apropiadas, tales como revistas

profesionales y boletines técnicos de distribución amplia, para que contribuyan efectivamente a enriquecer la bibliografía sobre control biológico y manejo integrado de plagas.

BIBLIOGRAFIA

- CLAUSEN, C.P. 1962. Entomophagous Insects. New York, McGraw Hill. 688 p.
- DE BACH, P. (editor). 1964. Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. México, D.F., Continental. 949 p.
- NEEDHAM, J. G. et al. 1937. Culture Methods for Invertebrate Animals. Ithaca, N. Y., Comstock. 590 p.
- PETERSON, A. 1953. A Manual of Entomological Techniques. Ann Arbor, Mich., Edwards. 367 p.

CUADRO-RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS A SEGUIR EN EL ESTUDIO BIOSISTEMÁTICO DE ENEMIGOS NATURALES

INTRODUCCION

MATERIALES Y METODOS

Cría de huésped o presa
 Cría del enemigo natural
 Técnicas de manejo
 Técnicas de medición y microscopía

TAXONOMIA

Revisión del grupo (familia, género)
 Especies en el género. Sinonimias
 Claves para especies
 Claves pictóricas (si son relevantes)
 Características distintivas de la especie
 Descripción de hembra
 Descripción de macho
 Hábitats y hospederos (o presas)
 Tipos (holotipo y paratipos)
 Notas Adicionales

BIOLOGIA

Variaciones morfológicas y biológicas
 Morfología y desarrollo de estadios inmaduros
 El huevo
 Etapas larvales
 Prepupa
 Pupa
 Ciclo biológico total
 Factores que aceleran o retardan el ciclo

ETOLOGIA Y ECOLOGIA DE LA HEMBRA ADULTA

Búsqueda del huésped
 Periodo de pre-copulación
 Copulación

Periodo de pre-oviposición
 Nutrición (succión del huésped, comida de presa)
 Preferencia de huésped o presas
 Oviposición
 Oviposición diaria y total
 Descendencia total
 Longevidad
 Sin agua ni alimento
 Miel como único alimento
 Sólo agua
 Efecto de temperatura en la descendencia total
 Efecto de temperatura en longevidad
 Estudios de ovivorción
 Efecto de huéspedes o presas no preferidas
 Partenogénesis
 Producción de machos

Longevidad
 Comportamiento
 Copulación

EFECTO DE LA DENSIDAD

Comportamiento a distintas densidades
 Superparasitismo
 Canibalismo

CONCLUSIONES

RESUMEN

Limitaciones-depende de objetivos, alcances, etc.

BIBLIOGRAFIA

QUIMIOTERAPIA EN NEMATODOS*

Nahúm Marbán-Mendoza**

Los nematicidas son sustancias químicas que poseen un amplio espectro de actividad biológica y que se emplean para controlar nemátodos fitopatógenos.

Su uso empezó a generalizarse 200 años después de la descripción del primer nemátodo fitopatógeno realizada por Needham en 1743. En la actualidad, se considera que los nematicidas comparten aproximadamente del 5 al 7% del mercado mundial de plaguicidas, volumen cuyo valor es del orden de varios cientos de millones de dólares por año.

Los agricultores utilizan los nematicidas para incrementar el valor de sus cultivos por unidad de superficie. El incremento en el valor del cultivo no sólo involucra la obtención de mejores rendimientos en tonelaje, sino también en la calidad de los mismos. El uso principal de los nematicidas, es para controlar fitonemátodos en los suelos antes de la siembra o en el momento de la misma; cuando así se utilizan, se habla de tratamientos al suelo. No obstante, se aplican con fines fitosanitarios, como en la desinfección de suelos para viveros, bulbos, esquejes, etc., así también como para controlar nemátodos asociados a los cultivos perennes.

En los Estados Unidos de Norteamérica estos productos son aplicados año tras año en aproximadamente 0.8 millones de hectáreas, área que representa cerca del uno por ciento del total de la superficie agrícola cultivada. (Johnson, 1985). Con frecuencia, las superficies tratadas con fungicidas e insecticidas son mayores que las tratadas con nematicidas; sin embargo, los volúmenes totales de éstos exceden substancialmente a la de los primeros (Bunt, 1975).

* Reproducido con autorización del autor del Libro "Fitonematología Avanzada I". Comp. por Nahúm Marbán Mendoza e Ivan J. Thomason.

** Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados Montecillos, México CP 56230, México.

Por muchos años los nematicidas fueron aceptados y usados sin gran consternación; simplemente se aplicaban y hasta se les daba pocos créditos en cuanto a su eficacia para controlar los nemátodos. Tampoco llamaban la atención sobre los riesgos de su empleo tanto para la salud de los consumidores, como para la calidad del medio ecológico. Sin embargo, esta situación ha cambiado dramáticamente en la última década y ahora se hacen serios cuestionamientos en torno a ello. Una consecuencia afortunada de este cambio de actitud ha sido el incremento en las investigaciones básicas sobre estos productos para entender mejor la manera como se comportan en los suelos, agua y plantas; su modo de acción a diferentes niveles; molecular, submolecular, etc.

El retiro del mercado de algunos productos ha reducido el número disponible en el mercado internacional (Cuadro 1), y simultáneamente se buscan afanosamente otras alternativas de control para contender eficazmente contra estos microorganismos deletéreos para la producción agrícola. En el presente escrito, se expondrá brevemente la problemática de estos compuesto, pretendiendo con ello estimular el interés en la investigación sobre el control químico, considerado como el método más usual para controlar los nemátodos. En el pasado reciente se han publicado excelentes revisiones sobre este tema (Castro y Thomason, 1971; Evans, 1973; Bunt, 1975; Van Gundy y McKenry, 1977; Wright, 1981 y Spurr, 1985).

CLASES DE NEMATICIDAS

Nematicidas Fumigantes

El control químico de nematodos ha pasado por dos etapas importantes: la utilización de materiales fumigantes y el uso de compuestos no fumigantes. Desde la aplicación del disulfuro de carbono en Europa contra Heterodera schachtii en 1881, tuvieron que pasar aproximadamente 80 años para que el uso de los fumigantes se generalizara. Estos compuestos se formulan por lo general en forma de líquidos y se dividen en dos grupos químicos:

1. Los hidrocarburos alifáticos halogenados como el dibromuro de etileno, las mezclas de 1,3-dicloropropeno (1,3-D y DD), el DBCP (1,2-dibromo-3-cloropropano) y el bromuro de metilo.
2. Los liberadores del isotiocianato de metilo (ITM), como el Dazomet o Milone (3,5 - dimetil - tetrahidro - 2H - 1,3,5 - thiadizina - 2 tiona). Vorlex (Mezcla de isotiocianato de metilo e hidrocarburos halogenados, etc.).

Los nematicidas fumigantes deben su nombre a que en las condiciones en que normalmente se efectúan las prácticas agrícolas, se gasifican al aplicarse en los suelos debido a sus características fisicoquímicas (presión alta de vapor), difundiendo en menor o mayor proporción entre los laberintos formados por las partículas de los suelos.

En términos generales, la respuesta de los microorganismos del suelo a los fumigantes cae dentro de los límites de la función, concentración vs. tiempo de exposición al toxicante. Los nemátodos expuestos a la acción de los nematicidas de hidrocarburos halogenados, muestran al inicio una fase hiperactiva, la cual disminuye inmediatamente hasta que el nemátodo se inmoviliza pudiendo estar muerto o narcotizado. En este último caso, los nemátodos pueden recuperar totalmente su actividad biológica como sucede con el DBE (Evans and Thomason, 1971). No obstante, la mayoría de estos productos causan la muerte de una manera relativamente rápida, reduciendo dramáticamente las poblaciones de nemátodos en los suelos tratados. Los hidrocarburos halogenados penetran directamente la cutícula de los nemátodos poniéndose en contacto con los sitios específicos de actividad fisiológica. Causan aniquilación de una gran variedad de enzimas (proteasas y esterases) y/o la oxidación de las porfirinas de hierro y hemoproteínas las cuales se encuentran en las oxidasas mitocondriales. La oxidación de estos centros en el sistema respiratorio es muy rápida. De esta manera estos nematicidas inhiben simultáneamente muchas enzimas y/o sitios metabólicos, deteniendo varios procesos vitales y con ello provocando la muerte inmediata (Wade and Castro, 1973; Evans, 1973).

Se considera que en el período de 1943-1983 estos hidrocarburos dominaron el mercado de nematicidas por ser muy efectivos contra nemátodos y también contra otros patógenos del suelo; insectos y malezas. Por mucho tiempo fueron

relativamente baratos ya que el petróleo (materia prima) también lo fue. Por otro lado, se ajustaban perfectamente a la concepción del empleo de nematicidas de ese entonces y el cual consistía en aplicar enormes volúmenes a los suelos (de 300 a 2000 kg/ha) para abatir drásticamente e inmediatamente a las poblaciones. En las dos últimas décadas su uso empezó a disminuir por varias razones, pero principalmente por haberseles determinado efectos nocivos para el hombre y el medio ecológico. Sin embargo, por estas fechas su contraparte, los no-fumigantes, empezaban a mostrar sus ventajas. En la actualidad se encuentran fuera del mercado el DBE, el DBCP y del DD solo se fabrican el 1,3 dicloro-propeno o Telon II, que junto con el bromuro de metilo constituyen los únicos productos de esta categoría, disponibles en el mercado.

Con respecto a los compuestos liberados del isotiocianato de metilo, se sabe que el Metan y el Dazomet se descomponen con el agua para dar origen al ITM el cual penetra la cutícula de los nemátodos y reacciona con los aminoácidos, oxidasas y los sitios nucleofílicos de las proteínas (Kaufmann, 1967). Por ello, son compuestos muy efectivos para controlar no sólo a los nemátodos sino a otros fitopatógenos del suelo, insectos y malezas. Estos productos están ocupando paulatinamente el mercado que anteriormente era predominante de los hidrocarburos halogenados (Spurr, 1985).

Nematicidas no Fumigantes

Estos productos fueron desarrollados a mediados de la década de los 60 y por algún tiempo permanecieron en forma discreta en el mercado, ya que no competían con los fumigantes en cuanto a la filosofía imperante en el control de los nemátodos. No tuvieron que pasar muchos años para que en las numerosas investigaciones que hicieron con ellos en diversos cultivos, se observaran las ventajas que ofrecían en comparación con los fumigantes: poco fitotóxicos; fácil de aplicar no requiriendo de equipo sofisticado; controlan a los nemátodos con dosis mucho menores (2,5 - 5,0 kg i.a./ha); tienen menos poder residual y son sistémicos con propiedades insecticidas y acaricidas y por ende muy recomendables para emplearse en los programas modernos de manejo de plagas (Hough Thomason, 1975; Marbán - Mendoza y Viglierchio, 1980a; Wright, 1981).

En los últimos 25 años prácticamente no se ha desarrollado un nuevo producto nematocida y en lo que concierne a los no-fumigantes, los únicos que tienen registro comercial pertenecen al grupo de los organofosforados u organocarbamatos. Existen otros compuestos en esta categoría que poseen propiedades nematocidas y que se discutirán más adelante, pero que no se comercializan como tales sino como fungicidas, insecticidas o vermífugos.

Los productos organofosforados y carbamatos comerciales se formulan en gránulos y en soluciones emulsificables. Dos de éstos, aldicarb (Temik) y ethoprop (Mocap), y los fumigantes Telon II, bromuro y metilo y el isotiocianato de metilo significaron el 90% de todas las ventas de nematocidas para los E.U.A. en 1984 (Spurr, 1985).

Modo de Acción: Por lo general se acepta que los compuestos organofosforados y carbamatos actúan inhibiendo la actividad neuromuscular reduciendo la capacidad de movimiento, infección, alimentación de los nemátodos y con ello afectando la tasa de desarrollo y reproducción (Nelson, et al., 1973; Bunt, 1975).

Sin embargo últimamente se ha determinado que a muy bajas concentraciones estos compuestos afectan sutiles actividades sensoriales y de comportamiento de los nemátodos como la atracción sexual (Hough y Thomason, 1975) y la atracción radical (Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980b), aspectos que pueden ser importantes para la protección de hospedantes.

La inhibición de éstos y otros aspectos de comportamiento (eclosión, emergencia, defecación, osmoregulación, etc.) podría no causar directamente la muerte de los nemátodos. Recuérdese que los nemátodos no dependen de su movimiento para realizar el intercambio gaseoso y que aún los inmóviles pueden soportar prolongados períodos de hambruna. Sin embargo, con el tiempo, los nemátodos así afectados mueren al agotarse sus reservas o al ser fácil presa de sus enemigos naturales.

Lo anterior ha ocasionado que a estos productos se les denomine también como "nematásticos" o "nematistáticos".

La comprensión actual de la actividad fisiológica y de los efectos tóxicos de los compuestos carbamatos y organofosforados se debe esencialmente a estudios llevados a cabo en vertebrados e insectos. Generalmente se acepta que la actividad fisiológica en estos organismos se origina por la perturbación del mecanismo de transmisión nerviosa mediante el bloqueo de la enzima acetilcolinesterasa. Aspectos actualizados sobre la inhibición de esta enzima han sido revisados por Aldridge, 1971 y Corbett, 1974. En los sistemas colinérgicos la acetilcolina actúa como mediador químico en las sinápsis (unión anatómica entre dos neuronas) induciendo la despolarización de las membranas para generar los impulsos nerviosos. Al inhibirse la acetilcolina por la acetilcolinesterasa el fenómeno se interrumpe, restableciéndose la normalidad del sistema.

El aspecto fundamental de la inhibición causada por los carbamatos y organofosforados es que reaccionan con la enzima en una forma análoga a lo que normalmente ocurre con el sustrato. En ambos hay acetilación del sitio activo de la colinesterasas inhibiéndose el lugar donde normalmente se llevaría a cabo la reacción. El efecto inhibitorio ocurre como consecuencia de la vida media relativamente grande de la enzima fosforilada o carbamilada, en comparación con la enzima acetilada de la reacción fisiológica normal. La colinesterasa únicamente puede recuperarse de su estado acetilado a través de la hidrólisis, reacción que es conocida con varios nombres v.gr. reactivación espontánea, desacetilación, descarbamilación o desfosforilación (Reiner, 1971).

Por lo anterior se pueden diferenciar tres eventos en la reacción: se forma un complejo (1), ocurre la acetilación, fosforilación o carbamilación (2) y hay desacetilación, desfosforilación o descarbamilación con las constantes de reacción K_1 , k_2 y k_3 , respectivamente. De estos tres eventos el último (k_3) es el más lento. La comparación de los valores en la vida media de la reactivación espontánea (k_3) tanto de las enzimas acetiladas como las carbamiladas, indican que estos complejos son rápidamente activados por hidrólisis, mientras que las enzimas fosforiladas se hidrolizan de manera muy lenta. Es precisamente este aspecto el que explica el porqué de los compuestos organofosforados son los inhibidores más potentes de las colinesterasas (O'Brien, 1966; Aldridge, 1971).

Ahora bien, ¿poseen los nemátodos un sistema colinérgico? A pesar de que no se ha demostrado categóricamente que la acetilcolina juega un papel crítico

en la transmisión neuromuscular, existen sin embargo, algunas evidencias experimentales; principalmente farmacológicas y electrofisiológicas con Ascaris lumbricoides (Del Castillo, 1969) y Caenorhabditis elegans que indican la existencia de estos sistemas. También cabe señalar los numerosos estudios que se han llevado a cabo con distintas especies de nemátodos para demostrar indirectamente su presencia. En ésto destacan las pruebas "in vitro" sobre diversos aspectos del comportamiento que se discutirán enseguida, así como las histoquímicas y químicas. Lo cierto es que hay un número considerable de reportes positivos con diversas especies de nemátodos donde se menciona la presencia de colinesterasas (Rohde, 1960; Evans, 1973; Nelmes et al., 1973; Le Patourel y Wright, 1976; Wright y Awan, 1976; Goh y Davey, 1976; Main, 1980 y Spurr, 1985).

EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS NEMATODOS

En los últimos años, varios autores han reportado los efectos de diversos productos carbamatos y organofosforados en el comportamiento de distintos estadios de diferentes especies de nemátodos. A pesar de la diversidad de metodologías empleadas, es interesante señalar las diferencias obtenidas entre compuestos ensayados, particularmente cuando la evaluación de la respuesta del organismo se hace manteniéndolos en contacto directo con el toxicante. Y es que una de las características de la acción de los compuestos carbamatos y organofosforados es la reversibilidad del efecto cuando el toxicante es removido del nematodo, usualmente dializándolos con agua (Nelmes, et al. 1973; Bunt, 1975; Steel, 1977; Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980a,b; McGarvey, et al. 1984). A continuación se resumirán algunos de los resultados obtenidos con distintos aspectos del comportamiento.

Eclosión: La eclosión de los huevecillos de Meloidogyne arenaria fue inhibida por la acción de los carbamatos oxamyl y aldicarb y el fosforado fenamifos (Bergé y Cuany, 1972). Aldicarb suprimió totalmente la eclosión de los huevos en los quistes de Globodera rostochiensis, Heterodera schachtii y Punctodera chalcensis (Osborne, 1973; Hough y Thomason, 1975; Steel, 1977; Marbán-Mendoza y Marroquín Andrade, 1981).

Movimiento: Experimentos de laboratorio mostraron que aldicarb a las concentraciones de 1-5 ppm inhiben el movimiento de los nemátodos; G. rostochiensis, M. incognita, H. schachtii, Aphelenchoides avenae y Panagrellus redivivus (Nelmes, 1970; Nelmes et al. 1973; Hough y Thomason, 1975; Batterby, et al. 1976). La dispersión en discos de arena de Pratylenchus vulnus fue inhibida por carbofuran (2,2 ppm) y fenamifos (0,3 ppm), después de 12 hr de incubación (Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980a). La emigración de los juveniles de G. rostochiensis (0,6 ppm) y M. incognita (5,0 ppm) fue inhibida por el carbamato oxamyl (Evans y Wright, 1982). Mc Garvey, et al. 1984, reportaron el movimiento de los J2 de M. incognita fue totalmente suprimido a la concentración de 4 ppm.

Alimentación: El proceso alimenticio de Aphelenchus avenae fue perturbado cuando fue incubado en soluciones del producto thionazin (Kondrollochis, 1972). Myers, 1972, reportó la inhibición del fenómeno alimenticio en Aphelenchoides rutgersi tratados con aldicarb, fenamifos en cultivos axénicos. La transmisión de virus por Xiphinema diversicaudatum y Longidorus elongatus, así como su capacidad para inducir agallas, fueron inhibidas con concentraciones subletales de oxamyl (0,1 - 1,0 ppm), según lo reportó Forer, et al. 1975.

Penetración: Un número considerable de trabajos se han publicado sobre el efecto de selectos compuestos carbamatos y organofosforados sobre la capacidad de invasión o penetración a tejidos vegetales por parte de diversas especies de nemátodos: Reddy y Seshadri, 1971 (Meloidogyne spp.), thionazin y aldicarb; Di Sanzo, 1973 (Pratylenchus penetrans y Tylenchorhynchus claytoni furadan; Bunt, 1975 (D. dipsaci y M. incognita) oxamyl; Hough y Thomason, 1975 (H. schachtii y M. incognita aldicarb; Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980c (P. vulnus) carbofuran y fenamifos.

Atracción: Es una de las respuestas del comportamiento de los nemátodos de mayor interés para entender el modo de acción de los carbamatos y organofosforados. Desafortunadamente se requiere de técnicas muy sensibles para poder medir los efectos de estos productos a dosificaciones bajas y por ello no se han hecho suficientes investigaciones. Entre lo reportado se destaca: bloqueo de la orientación (P. penetrans y I. claytoni) con 10 ppm de carbofuran (Di Sanzo, 1973). Inhibición de la atracción sexual de los machos (H. schachtii) con 0,01 de aldicarb (Hough y Thomason, 1975). Inhibición de la atracción (P. vulnus) a

raíces de frijol con 0,22 y 0,15 ppm de carbofuran y fenamifos, respectivamente (Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980b). Reducción de la atracción sexual de los machos (G. rostochiensis) con 1,0 ppm de oxamyl (Evans, 1973).

Reproducción y Desarrollo: Un número considerable de esfuerzos se ha dedicado para el estudio de estos dos aspectos. Reddy y Seshadri (1971), encontraron que el thionazin reducía la capacidad de reproducción de M. incognita. Efectos parecidos fueron reportados por Myers (1972) en A. rutgersi tratado con aldicarb, fenamifos y fensulfotion a las dosis de 0,2 - 5 ppm. La reproducción y desarrollo de G. rostochiensis fue suprimida por el producto thioxamil. Resultados diversos con otros productos en diferentes nemátodos han sido reportados (Bunt, 1975; Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980c; Evans y Wright, 1981; Hara y Kaya, 1982).

Como se dijo antes, una característica importante de la acción de los carbamatos y organofosforados es la reversibilidad, ésto es, que los nemátodos expuestos directamente a la acción de estos compuestos, aún bajo considerables dosis/tiempos de exposición, pueden recuperarse totalmente, una vez liberados de su acción mediante lavados sucesivos con agua, D. dipsasi incubado 24 hr con oxamyl (10.000 ppm) y fenamifos (10 ppm) y P. vulnus incubado 7 días con carbofuran (277 ppm) y fenamifos (3,3 ppm) se recuperaron totalmente después de lavarse; Bunt (1975) y Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980b,c, respectivamente.

La variación observada en la efectividad de los distintos productos organofosforados y carbamatos con las diferentes especies de nemátodos, podría explicarse en parte, en función a las diferencias de las tasas de incorporación, metabolismo y eliminación de cada plaguicida. Un producto que se acumula en el interior del cuerpo del animal no necesariamente significa que tiene mayor potencia. El aldicarb se acumula en ciertos nemátodos en menor proporción que otros productos como el phorate y sin embargo es definitivamente mejor nematocida que éste (Batterby et al. 1977).

No obstante que el matar nemátodos con los nematicidas no fumigantes es fácil de lograr a dosificaciones altas, la comparación relativa de sus actividades en concentraciones subletales es mucho más difícil. Por razones económicas y para la protección del medio ecológico, el entender la influencia de los

no fumigantes sobre la actividad biológica de los nemátodos con concentraciones subletales, es de mayor interés. De esta manera, para propósitos de control, la muerte de los nemátodos podría no ser necesaria; mejor sería la perturbación del comportamiento, v.gr. atracción, infección, etc. Para ilustrar mejor este razonamiento, en el Cuadro 2 se registran los valores de tres índices toxicológicos de diferentes compuestos anticolinesterasa con propiedad insecticida -nematicida. Los valores del índice IM indican la concentración del inhibidor que se requiere para producir el 50% de inhibición de la actividad colinesterásica. Observando dichos valores se muestra que tanto el aldicarb como el carbofuran tienen casi la misma actividad colinesterásica; mientras que el fenamifos parece ser mil veces más efectivo.

En la medida en que estas evaluaciones se realicen utilizando diferentes sustratos, es muy difícil saber hasta que grado lo obtenido con el fenamifos se debe a sus propiedades especiales, o a la gran sensibilidad de la colinesterasa del suero de caballo. Estas observaciones coinciden con las estipuladas por Vettorazzi (1976) y Casarett y Doull (1975), quienes sugirieron que la supresión de colinesterasas como un indicador inequívoco de la toxicidad, era poco confiable en virtud de las frecuentes inconsistencias en las correlaciones entre los niveles de la colinesterasa y la toxicidad.

Por otro lado, se utiliza la toxicidad oral en ratas como un índice de toxicidad relativa de estos nematicidas, los valores DL50 indican que el aldicarb es tres o cuatro veces más activo que el fenamifos, el cual a su vez es también 3 ó 4 veces más activo que el carbofuran. Aunque la DL50 es un índice definitivo para la dosis oral en ratas, las extrapolaciones de toxicidad relativa para otros organismos y otras formas de dosificación, es muy cuestionable. Téngase en mente que la muerte es una consecuencia acumulativa de la perturbación de un gran número de reacciones fisiológicas, no necesariamente las mismas entre los distintos organismos.

Quizá un índice toxicológico más sensible y directamente aplicable para ciertos nemátodos podría basarse en la inhibición específica de ciertas respuestas de su comportamiento. En este tipo de indexación, la dosis efectiva para H. schachtii en la cual se logra la inhibición de la orientación sexual de los machos es de 5.25×10^{-8} de aldicarb (Hough y Thomason, 1975). Con P. vulnus se

logró bloquear la orientación hacia las raíces del hospedante con 1.0×10^{-7} de fenamifos y 1.0×10^{-6} de carbofuran (Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980c). Estas observaciones apoyan lo sugerido por Casarett y Doull (1975) quienes sostienen que el criterio ideal sería aquel más estrechamente vinculado con los eventos moleculares que resultan de la exposición a los toxicantes. Sin embargo, es evidente que cualquier respuesta del comportamiento que se aproximara al nivel molecular de actividad, aún tratándose del mismo nemátodo, podría ser inaplicable para la indexación de varios nematicidas.

Hasta ahora parece ser que un solo sistema de indexación podría no ser práctico para medir la toxicidad en los nemátodos y cada sistema nemátodo-nematicida debe de tratarse individualmente hasta que se generen suficientes conocimientos que permitan generalizar.

¿COMO ACTUAN EN EL CAMPO?

Los nemátodos son organismos semiacuáticos en el medio edáfico y por lo tanto, la exposición a nematicidas o cualquier otra sustancia, se lleva a cabo esencialmente a través de las soluciones del suelo. El movimiento y dispersión de los nematicidas no fumigantes en el suelo es pobremente entendido; su distribución es difícil y de aquí las prácticas comunes de campo para incorporarlos mecánicamente. Generalmente se considera que el movimiento de los nematicidas en el suelo ocurre esencialmente por transferencia de masas y en menor grado por difusión. La dispersión en el suelo está gobernada, en gran medida, por tres factores principales: las propiedades físicas del nematicida, las propiedades físicas del tipo de suelo y la cantidad de agua externa, ya sea en forma de lluvia o de riego. Por otro lado la extrapolación de su eficacia con base en los niveles de concentraciones reportadas, se enmascaran por el factor humano en donde se involucran las dimensiones reales de la aplicación. Las dosis pueden darse en términos de área sin considerar la profundidad, o por litros de suelo por hectárea sin una profundidad específica; las concentraciones en ppm especificadas o sin especificar, relacionadas con el volumen o el peso de las soluciones del suelo, etc. Reconociendo estos factores modificadores, y presumiendo que el compuesto activo de un nematicida aplicado a las dosis recomendadas por el fabricante en la etiqueta, está homogéneamente distribuido en la fase acuosa

de los primeros 20 cm de suelo, es posible calcular teóricamente las concentraciones máximas en solución de nematicidas con el carbofuran y fenamifos en distintas clases de suelo a la capacidad de campo.

Con el propósito de hacer comparaciones, se incluyen también en el cuadro 3, los umbrales de las respuestas del comportamiento de P. vulnus a estos dos nematicidas, en función a los incrementos de concentraciones. De acuerdo con estos datos, es muy poco probable que ocurran concentraciones letales con el producto carbofuran, aspecto que marginalmente podría ocurrir con el fenamifos en los suelos ligeros.

El control efectivo de los no fumigantes, en el campo, parece estar en función de la concentración vs. tiempo de exposición. Esto a su vez, está influido por la materia orgánica del suelo, el pH, la textura, el movimiento y la temperatura del suelo, la lluvia y la naturaleza del hospedante, etc. El resultado es un amplio rango de concentraciones posibles, en cambios continuos y en concordancia también con cambios incesantes en el período de exposición.

En esta situación dinámica, la actividad del nemátodo también se encuentra en un flujo dinámico como consecuencia de las diferentes respuestas de comportamiento v.gr, movimiento, dispersión, atracción, penetración y desarrollo. En vista de estas complejidades, es evidente que quedan todavía por ser resueltos muchos de los parámetros involucrados en el uso de los nematicidas no-fumigantes en las aplicaciones del suelo.

COMPUESTOS DIVERSOS

Existen compuestos químicos no fumigantes con excelentes propiedades anti-helmínticas y/o fungicidas y que son de interés por poseer también actividades antinematodo. Destacan por su importancia: los bencimidazoles, el diflubenzuron (DFB) y el pentacloronitrobenceno (PCNB).

Bencimidazoles: Incluyen fungicidas y vermífugos comerciales. Dos compuestos muy conocidos son el benomyl y el tiobendazol, los cuales poseen actividad nematicida. El benomyl es efectivo para controlar algunas especies de

Heterodera y Globodera (Cooke y York, 1972). Su principal desventaja es la residualidad prolongada en los suelos, deletérea para la fauna benéfica como en la lombriz de tierra. Algunos metabolitos secundarios del benomyl inhiben el desarrollo de los nemátodos (Nelmes et al., 1973).

Diflubenzuron y Pentacloronitrobenceno: Estos compuestos químicamente diferentes entre sí, tienen no obstante el mismo sitio de acción: inhiben la síntesis de la quitina, substancia esencial para la existencia de los organismos que la presentan como insectos y hongos. En los nemátodos esta substancia se encuentra solamente en los huevos, precisamente el estadio de mayor resistencia a la acción de agentes químicos. El DFB (Dimilin) ha mostrado resultados promisorios para el control de M. incognita. El PCNB es un producto muy eficaz como fumigante para suelos y también ha mostrado cierta eficacia para controlar algunos nemátodos fitoparásitos. Es muy probable que otras especies de nemátodos sean afectadas, particularmente durante su desarrollo embrionario ya que el producto es un gran bloqueador de la síntesis de la quitina (Cobett, 1974). Sin embargo, es necesario investigar más al respecto para comprender mejor a estos productos.

NUEVAS FRONTERAS EN EL CONTROL QUIMICO

Antes de abordar el tema, es pertinente recordar que el control de nemátodos, como el control de cualquier otra plaga o enfermedad requiere de esfuerzos globales y multidisciplinarios donde se combinen los distintos métodos para controlarlos, tales como los esfuerzos culturales, biológicos, químicos, legales, etc.

Se debe tener presente la necesidad urgente de contar con productos químicos nuevos; así como de métodos para satisfacer la demanda de una agricultura urgida de aumentar sus rendimientos por unidad de superficie, ante la gran presión de una creciente población mundial que debe de alimentarse. He aquí algunos nuevos derroteros:

A. Nuevas Formulaciones

1. **Productos Sistémicos:** La mayoría de los productos no fumigantes pueden trasladarse de la raíz de la planta al follaje (movimiento apoplástico) y muy pocos se transportan del follaje a la raíz (movimiento simplástico) y/o en ambas direcciones (ambimóviles). En las prácticas agrícolas modernas, la aplicación foliar de plaguicidas juega un papel crítico en el control económico de plagas o enfermedades. Se requiere del estudio necesario para entender los factores que gobiernan la penetración de sustancias a través de la cutícula de la hoja y su posterior traslado al resto de la planta (Bayer, 1983). Ciertas sustancias coadyuvantes de excelentes propiedades surfactantes se están ensayando en las formulaciones de nematicidas para mejorar la capacidad sistémica de los mismos.
2. **Liberación Controlada del Ingrediente Activo:** Las formulaciones de los productos modernos normalmente liberan el ingrediente activo en un período relativamente muy corto, por lo cual en muchas ocasiones es solamente al inicio cuando se alcanzan las dosis necesarias para controlar efectivamente a los nemátodos.

Con el propósito de incorporar únicamente lo necesario del producto y obtener una protección más duradera, se están ensayando formulaciones con distintas bases y encapsulados (Wright, 1981); así como la aplicación de los productos a través de los sistemas de riego controlado, por goteo o por aspersión (Johnson, 1985).

B. Compuestos con Distinto Sitio de Actividad

Previamente se han discutido los sitios de actividad fisiológica que poseen los diferentes grupos de nematicidas. Por lo que se conoce, los sitios primarios de acción son limitados v.gr, colinesterasas para el caso de carbamatos y organofosforados. Hasta los inicios de los años setenta, la búsqueda de nuevos compuestos se fundamentaba en la obtención de productos cada vez más tóxicos. Las cosas han cambiado en estos tiempos la conciencia ecologista, y ahora las estrategias se orientan hacia la obtención de compuestos con otras cualidades, además de ser efectivos y económicos, biodegradables, benignos para

el medio, poca o nula neurotoxicidad y una tasa elevada de selectividad para vertebrados y mamíferos.

Aunado a ello, los productos deberán ser no fitotóxicos, preferentemente sistémicos y de acción irreversible. En la actualidad se dedican esfuerzos de investigación en la búsqueda de compuestos con acción fisiológica hacia los siguientes sitios: 1. Sistema nervioso y neurohormonal. 2. Metabolismo. 3. Procesos de síntesis y 4. Proceso de transporte.

1. Sistema Nervioso y Neurohormonal: Los nemátodos tienen otros neurotransmisores además de la acetilcolina; sustancias del tipo de las epinefrinas, noradrenalinas, dopaminas y del ácido gamma aminobutírico (AGAB), se han reportado en algunos nemátodos (Croll, 1975) usualmente asociadas con los músculos especializados de los órganos internos. Una de las sustancias más promisorias como nematicidas son las avermectinas, compuestos del tipo de las lectonas macrocíclicas y aisladas del hongo Streptomyces avermilitis (Egerton et al., 1979).

El modo de acción de estos compuestos es antagonizar con el neurotransmisor AGAB, encargado de gobernar la actividad de los músculos especializados como los responsables de mover el estilete y las contracciones del esófago. Quizás por ello, estos compuestos manifiestan una actividad nematicida mucho mayor que la obtenida con los carbamatos u organofosforados, pues en éstos como ya se ha dicho, la inhibición que inducen a las colinesterasas de la pared del cuerpo, no son mortales a las concentraciones que uno esperaría encontrar después de efectuarse aplicaciones comerciales. Las avermectinas han sido reportadas por varios investigadores como excelentes controladoras de fitonemátodos bajo diversas condiciones experimentales (Nordmeyer y Dickson, 1981; Sasser, et al. 1982 y Garabedian y Van Gundy, 1983).

Otro grupo de sustancias promisorias lo constituyen las lectinas y enzimas del tipo de las monosidasas.

En el último lustro se ha logrado avanzar en el dominio de los mecanismos de reconocimiento que tienen los nemátodos en donde posiblemente, ciertos

residuos de glucosa y manosa sobre la cutícula de los mismos actúen como receptores (Spiegel, et al., 1983).

Las lectinas son sustancias químicas que reaccionan específicamente con los residuos antes mencionados. Se presume que los agentes quimiotácticos v.gr. exudados radicales, secreciones de las conidias de hongos nematófagos endoparásitos como Drechmeria coniospora, poseen ciertas lectinas y de aquí el reconocimiento específico del nemátodo hacia la raíz de su hospedante o su enemigo natural. Algunos esfuerzos se están llevando a cabo para bloquear este mecanismo con algunos nemátodos de importancia económica (Jeyaprakash et al., 1985).

2. **Metabolismo:** Algunos nemátodos poseen el ciclo completo del glioxilato, una variante del ciclo del ácido tricarbóxico y ausente en la mayoría de metazoarios estudiados. Entendiendo el papel y funcionamiento de estas diferencias químicas, se podrían desarrollar sustancias que interfieran deletéreamente en tales sitios.
3. **Procesos de Síntesis:** Además de poderse interferir con la síntesis de la quitina, otras posibles interferencias podrían lograrse en la síntesis de colágena, ácidos nucleicos y proteínas. La perturbación del fenómeno de la muda y la ecdisis mediante la utilización de sustancias que interfieran con las hormonas involucradas, es también un aspecto que está en vías de investigación y desarrollo (Wright, 1981).
4. **Proceso de Transporte:** Ya que la mayoría de los nemátodos en el suelo viven en un medio hipotónico, se busca interferir con los mecanismos de transporte y equilibrio iónico, así como en las funciones de membrana que gobiernan a estos delicados mecanismos.

Cuadro 1. Nematicidas Disponibles en el Mercado Internacional

Nombre común	Marca registrada y Fabricante	Nombre Químico	Formulación y Clasificación
1º Aldicarb	Temik (Unión Carbida Corp.)	2-Metil-2- (metilitio) propiohi- deido O-(metilcarbamoil) oxima	Nematicida / insecticida granulado
2º Aldoxycarb	Standak (Unión Carbida Corp)		Nematicida / insecticida. Polvo humec- table al 75%
3º Carbofuran	Furadan (FMC Corp.)	2,3-dehidro 2-2 dimetil-7-ben- zofuramil metilcarbomato.	Nematicida / insecticida Granulado
4º Cloropirrina	Great (Lakes Chem. Corp.)	Tricloronitrometano	Nematicida / insecticida fumigante liquido
5º MIT	Vorlex (NOR-AM agr prod.)	Mezcla de Isocianato de Metilo e hidrocarburos clorinados	Biocida, Liquido, Granulado
6º 1,3-D	Telon (Dow Chem. Corp.)	1,3-dicloropropeno e hidrocar- buros afines	Biocida, fumigante liquido
7º Metam Sodio	Vapom, Sometam (BASF, Rhone-Pou- lenc)	N-Metilditiocarbomato de sodio	Biocida, fumigante liquido
8º Ethoprop	Mecap (Mobil Chem. Corp.)	O-etil S,S dipropil fosforoditiato	Nematicida / insecticida, granulado o liquido emulsificable
9º Phenamifos	Nemacur (Maboy Chem. Corp.)	Etil 4-(Metilitio)-m-tolil isopropil- fosforamidato	Nematicida, granulado o liquido emulsificable
10º Phensulthion	Dasanil (Maboy Chem. Corp.)	O,O-dietil O-(p-metilsulfenil) fenil fosforotioato	Nematicida, granulado
11º MBr	Dow fume MC-2 (Dow Chem. Co.) Brom-O-Gas (Great Lakes Chemical)	Bromuro de metilo	Biocida, fumigante liquido
12º Osamyl	(Vydat) E I du Pont de Nemours and Co)	Metil-N', N'- dimetil-N-(metilcarba- moil) Oxil-1-thioamidato	Insecticida / Nematicida, granulado o liquido soluble en agua

Cuadro 2. Indices toxicológicos de selectos nematicidas/insecticidas no fumigantes.

	MI 50	LD ₅₀ oral (mg/Kg) ^a	Respuesta comportamental mas sensible
Aldicarb	<i>P. redivivus</i> ^a 6.5 X 10 ⁻⁶ M <i>A. ritsemabosi</i> ^b 8 X 10 ⁻⁶ M plasma humano ^c 2 X 10 ⁻⁶ M	Rata 0.9	Desorientación sexual de los machos de <i>H. schachtii</i> ^f 5.25 X 10 ⁻⁸ M
Fenamifos	Suero de caballo ^a 1.8 X 10 ⁻⁶ M	Rata (♂) 2.0 Rata (♀) 3.0	Inhibición de la atracción de <i>P. vulnus</i> a raíces de hospedantes ^g 1.0 X 10 ⁻⁷ M Inhibición de la infección de <i>P. vulnus</i> a raíces de hospedantes ^g 1.0 X 10 ⁻⁶ M
Carbofuran	<i>A. ritsemabosi</i> ^b 6 X 10 ⁻⁶ M Mosca domestica ^d 2.5 X 10 ⁻⁷ M Plasma humano ^e 4 X 10 ⁻⁶ M	Rata B-14	Inhibición de la atracción de <i>T. claytoni</i> y <i>P. penetrans</i> a raíces de hospedantes ^h 10-25 ppm

a - Spurr, 1966

b - Voss and Speich, 1976

c - Waggoner and Khasawinah, 1974

d - Metcalf, 1971

e - Información de los fabricantes

f - Hough and Thomason, 1975

g - Morbán-Mendoza and Viglierchio, 1980

h - Di Sanzo, 1973

Cuadro 3. Concentraciones hipotéticas de nematicidas en el total de agua contenida en los 20 cm superficiales de selectos suelos del Edo. de California (USA), en relación a las respuestas comportamentales de *P. vulnus* a concentraciones de carbofuran y fenamifos

Tipos de suelo (suelos Californianos)	Capacidad de campo en base a pesos secos (horno) ¹ H ₂ O/100g suelo	Estimación de las conc. de nematicidas (mg/ml) ²				Respuestas comportamentales con incrementos de concentraciones ³					
		Carbofuran (kg/ha)		Fenamifos (kg/ha)		CARBOFURAN			FENAMIFOS		
		3	5	5	10	µg/ml	mM		µg/ml	mM	
Tuma (arenosa)	4.8	31	52	52	104	0.22	0.001	Atracción a la raíz: inhibición parcial	0.15	0.0001	Atracción a la raíz: inhibición total
Delano (limo-arenoso)	9.1	16	27	27	55	↓	↓		↓	↓	
Fresno (limo-arenoso)	11.1	14	23	23	45	2.22	0.01	Total inhibición de la dispersión, reproducción y desarrollo	0.50	0.001	Inhibición parcial de la dispersión, supervivencia de la infección e inhibición total del desarrollo y reproducción
Salinas (limo-arenoso fino)	28.2	5	9	9	18	↓	↓		↓	↓	
Wooster (limoso)	23.4	7	11	11	22	7.6	0.03	Infectividad: total inhibición	0.90	0.003	Infectividad: total inhibición
Aiken (limoso arcilloso)	31.1	5	8	8	16	↓	↓		↓	↓	
Gila (arcilloso)	30.4	5	8	8	17	277	1.25	20% reducción long. cuerpo. Recuperación 48 hs después de haberse tratado	3.03	0.01	Recuperación total después de tratados
						↓	↓		↓	↓	
						1384	6.25	Cero recuperación 90 días después de haberse tratados (7 días incubados en las soluciones)	9.09	0.03	20% reducción long. cuerpo
									15.1	0.5	Cero recuperación 90 días después de haberse tratados (7 días incubados en las soluciones)

¹ Después de Russell E.J. 1952. Soil conditions and plant growth. Longmans, Green and Co., London, N York, Toronto, 635 pp

² Dosis promedio de 3 cultivos aplicados al boteo y estimados para aplicarse al surco, según la etiqueta, en el total de agua de los primeros 20 cm.

³ Según Marbán-Mendoza y Viglierchio, 1980.

Literatura Citada

1. Aldridge, W. N. 1971. The nature of the reaction of organophosphorus compounds and carbamates with esterases. Bull. Wild. Hlth. Org. 44:25-30.
2. Batterby, S., G. N. Le Patourel, and D. J. Wright. 1976. Accumulation and metabolism of aldicarb by the free-living nematode Aphelenchus avenae and Panagrellus redivivus. Ann. Appl. Biol. 86:69-76.
3. Bayer, D. E. 1983. Characteristics of herbicide distribution as patterns for nematocidal behavior. J. Nematol. 15:602-607.
4. Bergé, J. B., and A. Cuany. 1972. Action de quelques produits nématicides sur les oeufs de Meloidogyne arenaria. Meded. Rijksfak. Landbwet., Gent 37:808-15.
5. Bunt, J. A. 1975. Effect and mode of action of some systemic nematocides. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 75-10:1-27.
6. Casarett, L. J., and J. Doull. 1975. Toxicology, the basic science of poisons. Mc Millan Pub. N. Y. 768 pp.
7. Castro, C. E., and I. J. Thomason. 1971. Mode of action of nematocides. pp. 289-296 In: Plant Parasitic Nematodes. Vol. 2. Eds. Zuckerman, M. B., W. F. Mai, and A. R. Rohde. Academic Press, N. Y. 347 pp.
8. Corbett, J. R. 1974. The biochemical mode of action of pesticides. Acad. Press. London and New York. 330 pp.
9. Cooke, R., and P. A. York. 1972. The effects of benomyl on Heterodera avenae on barley. Pl. Dis. Reprtr. 56:261-264.
10. Croll, N. A. 1975. Behavioral analysis of nematode movement. pp 71-122. In: Advances in Parasitology Vol. 13. Ed. Dawes, B. Acad. Press. London and New York.
11. Del Castillo, J., and T. Morales. 1969. Electrophysiological experiments in Ascaris lumbricoides. pp. 209-273. In: Experiments in physiology and biochemistry. Vol. 2. Ed. Kerkut, G. A.
12. Di Sanzo, C. P. 1975. Nematodes response to carbofuran. J. Nematol. 5:22-27.
13. Egerton, J. R., D. A. Ostlund, L. S. Blair, C. H. Early, D. Suhayada, S. Cifelli, R. F. Rick, and W. C. Campbell. 1979. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: efficacy of the B1a Component. Antimicrob. Agents Chemother. 15:372-378.
14. Evans, A. A. F., and I. J. Thomason. 1971. Ethylene dibromide toxicity to adults, larvae, and moulting stages of Aphelenchus avenae. Nematologica 17:243-254.
15. Evans, A. A. F. 1973. Mode of action of nematocides. Ann. Appl. Biol. 75:469-473.

16. Evans, S. G., and D. J. Wright. 1982. Effects of nematicide oxamyl on life cycle stages of Globodera rostochiensis. Ann. Appl. Biol. 100:511-519.
17. Forer, L. B., D. L. Trudgill, and T. J. W. Alphey. 1975. Some effects of oxamyl on the virus-vector nematodes Longidorus elongatus and Xiphinema diversicaudatum. Ann. Appl. Biol. 81:207-214.
18. Garabedian, S., and S. D. Van Gundy. 1983. Use of avermectins for the control of Meloidogyne incognita on tomatoes. J. Nematol. 15:503-510.
19. Goh, S. L., and G. K. Davey. 1976. Acetylcholinesterase and synapses in the nervous system of Phocanema decipiens (Nematoda): a histochemical and ultrastructural study. Can. J. Zool. 54:752-771.
20. Hara, A. H., and H. K. Kaya. 1982. Effects of selected insecticides and nematicides on the in vitro development of the Entomogenous Nematodes Neoplectana carpocapsae. J. Nematol. 14:486-491.
21. Hough, A., and I. J. Thomason. 1975. Effects of aldicarb on the behavior of Heterodera schachtii and Meloidogyne javanica. J. Nematol. 7:221-229.
22. Jeyaprakash, A., H. B. Jansson, N. Marbán-Mendoza, and B. M. Zuckerman. 1985. Experimental Parasitology 59:90-97.
23. Johnson, W. A. 1985. The role of nematicides in nematode management. pp. 249-267. In: An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and Control. Eds. Sasser, N. J., and C. C. Carter. Coop. Publ. Dept. Plant Pathol. North Carolina State Univ. and U. S. Agency Int. Dev. Raleigh, N. C.
24. Kaufmann, D. D. 1967. Degradation of carbamate herbicides in soil. J. Agric. Food Chem. 15:577-582.
25. Kondrollochis, M. 1972. The disruption of feeding and reproduction in nematodes by organophosphate compounds. (Abstr.). Proc. 11th Int. Symp. Eur. Nematologists. Reading, Eng. 38-39.
26. Le Patourel, G. N. J., and D. J. Wright. 1976. Some factors affecting the susceptibility of two nematode species to phorate. Pestic. Biochem. Physiol. 6:296-305.
27. Main, A. R. 1980. Cholinesterase inhibitors. pp. 192-223. In: Introduction to biochemical toxicology. Ed. Hodgson E., and F. E. Guthrie. Elsevier, N. Y.
28. Marbán-Mendoza, N., and D. R. Viglierchio. 1980a. Behavioral effects of carbofuran and phenamiphos on Pratylenchus vulnus. I. Motility and dispersion. J. Nematol. 112:102-114.

29. Marbán-Mendoza. N., and D. R. Viglierchio. 1980b. Behavioral effects of carbofuran and phenamiphos on Pratylenchus vulnus. II. Attraction to bean roots. J. Nematol. 12:114-118.
30. Marbán-Mendoza. N., and D. R. Viglierchio. 1980c. Behavioral effects of carbofuran and phenamiphos on Pratylenchus vulnus. III. Penetration and Development. J. Nematol. 12:118-129.
31. Marbán-Mendoza. N., y L. Marroquin-A. 1981. Efectos de soluciones de nematicidas en la eclosión de Punctodera chalconensis y Globodera rostochiensis. pp. 241. En Avances en la Enseñanza y la Investigación en el Colegio de Postgraduados Chapingo, Mexico.
32. McGarvey. B. D., J. W. Potter, and M. Chiba. 1984. Nematostatic activity of oxamyl and N,N-Dimethyl - 1 - Cyanofornamide (DMCF) on Meloidogyne incognita Juveniles. J. Nematol. Vol. 16:328-331.
33. Metcalf. R. 1971. Structure activity relationship for insecticidal carbamates. Bull. Wld. Hlth. Org. 44:43-78.
34. Myers. R. F. 1972. Assay of nematicidal and nematostatic chemicals using axenic cultures of Aphelenchoides rutgersi. Nematologica 18:447-57.
35. Nemes. A. J. 1970. Behavioral responses of Heterodera rostochiensis larvae to aldicarb and its sulfoxide and sulphone. J. of Nematol. 2:223-227.
36. Nemes. A. J., D. L. Trudell, and D. C. M. Corbett. 1973. Chemotherapy in the study of plant parasitic nematodes. pp. 95-112. In: Chemotherapeutic agents in the study of parasites. Vol. II. Eds. Taylor, A. E. R., and R. Muller. Blackwell Scientific publications.
37. Nordmeyer. D., and D. W. Dickson. 1981. Effect of oximecarbamates, organophosphates, and one avermectin on the oxygen uptake of three Meloidogyne species. J. Nematol. 13:452.
38. O'Brien. R. D. 1967. Insecticides, action and metabolism. Acad. Press. New York. 332 pp.
39. Osborne. P. 1973. The effect of aldicarb on the hatching of Heterodera rostochiensis larvae. Nematologica 19:7-14.
40. Reddy. D. D. R., and A. R. Seshadri. 1971. Studies on some systemic nematicides. I. Evaluation for systemic and contact action against the root-knot nematode. Meloidogyne incognita. Indian. J. Nematology 1:199-208.
41. Reiner. E. 1971. Spontaneous reactivation of phosphorylated and carbamylated cholinesterases. Bull. Wld. Hlth. Org. 44:109-112.

42. Rohde, R. A. 1960. Acetylcholinesterase in plant-parasitic nematodes and an anticholinesterase from asparagus. Proc. Helminthol. Soc. Wash. 27:121-123.
43. Sasser, J. N., T. L. Kirkpatrick, and R. A. Dybas. 1982. Efficacy of avermectins for root-knot control in tobacco. Plant Dis. 66:961-965.
44. Spiegel, Y., W. M. Robertson, S. Himmelhoch, and B. M. Zuckerman. 1983. Electron microscope characterization of carbohydrate residues on the body wall of Xiphinema index. J. Nematol. 15:528-534.
45. Spurr, J. L., W. F. Mai, and G. S. Abawi. 1978. Effects of oxamyl on the reproduction of Meloidogyne hapla and Heterodera schachtii. J. Nematol. 10:378-379.
46. Spurr, J. W. Jr. 1985. Mode of action of nematicides. pp 269-276. In: An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and control. Eds. Sasser N. J., and C. C. Carter. Coop. Publ. Dept. Plant Pathol. North Carolina State Univ. and U. S. Agency Int. Dev. Raleigh, N. C.
47. Steel, A. E. 1977. Effects of selected carbamate and organophosphate nematicides on hatching and emergence of Heterodera schachtii. J. Nematol. 9:149-154.
48. VanGundy, S. D., and M. V. McKenry. 1977. Action of nematicides. pp. 263-283. In: Plant disease: an advanced treatise. Vol. I. Eds. Horsfall G. J., and E. B. Cowling. Academic Press. New York. 465 pp.
49. Vettorazzi, G. 1976. State of the art of the toxicological evaluation carried out by the joint FAO/WHO meeting of pesticide residues. II. Carbamate and organophosphorus pesticides used in agriculture and public health. Residue Rev. 63:1-44.
50. Voss, G., and J. Speich. 1976. Some properties of cholinesterase of the plant nematode Aphelenchoides ritzemabosi. Experientia. 32:1498-1499.
51. Wade, R. S., and C. E. Castro. 1973. The oxidation of heme proteins by alkyl halides. J. Am. Chem. Soc. 95:226-231.
52. Waggoner, B. T., and A. M. Khasawinah. 1974. New aspects of organophosphorus. VII. Metabolism, biochemical, and biological aspects of NemaCur and related compounds. Residue Rev. 53:79-97.
53. Wright, D. J., and A. F. Awan. 1976. Acetylcholinesterase activity in the region of the nematode nerve ring: Improved histochemical specificity using ultrasonic pretreatment. Nematologica 22:326-331.
54. Wright, D. J. 1981. Nematicides: mode of action and new approaches to chemical control. pp. 421-449. In: Plant Parasitic Nematodes Vol. 3. Eds. Zuckerman, M. B., and R. A. Rohde. Academic Press, New York. 508 pp.
55. Zuckerman, M. B., and I. Kahane 1983. Caenorhabditis elegans: stage specific differences in cuticle surface carbohydrates. J. Nematol. 15:535-538.

FUNDAMENTOS TOXICOLÓGICOS DE LOS INSECTICIDAS DE USO EN LAS ZONAS ALTAS DE CHIRIQUI*

Jaime Espinosa G., Ph.D.**

Los productores de las tierras altas emplean un gran número de insecticidas para el control de plagas; se espera así un aumento en los rendimientos y la obtención de una cosecha abundante. Allí se tiene una concepción general que si estas sustancias no se usan, las pérdidas serán elevadas y por tanto es necesario invertir sumas de dinero considerables (10% de la inversión total) en pesticidas. Los resultados de un diagnóstico sobre la problemática (1), muestran una situación preocupante, que requiere con cierta urgencia de medidas correctivas, puesto que el uso de agrotóxicos es desordenado en su más amplio sentido. Gran número de intoxicaciones se han presentado y no existe una supervisión para sustancias de alta toxicidad, aún cuando se dispone de medidas jurídicas. También la falta de una red eficiente de personal entrenado en el control de plagas y manejo de tóxicos, así como el libre mercado de las sustancias altamente tóxicas contribuyen al estado de las cosas. Aproximadamente, 3/4 de los productores hacen aplicaciones preventivas de pesticidas, la gama de tóxicos es amplia y la frecuencia excede a las 20 aplicaciones en cultivos de períodos cortos. La falta de conocimiento sobre tóxicos es general y el uso de medidas protectoras es muy reducido. Usualmente, restos y envases son tirados por allí. Evidentemente que el uso indebido de agrotóxicos puede traer efectos como la presencia de residuos en los frutos excedentes a los permisibles y la contaminación del aire que respiramos, el agua que bebemos y los suelos que se cultivan. Los residuos excedentes en los frutos representan un peligro para los consumidores y bajan la calidad, puesto que no pasarían los controles en los mercados del norte. Insecticidas como Metamidofós Carbofurano, Edifenfós, Metil-Paration, Fenvalerato y Endrina han causado la mayoría de las intoxicaciones graves. Ello se ha dado especialmente por negligencia o un mal manejo de insecticida.

Clasificación Toxicológica

Los insecticidas de un amplio uso actual en las zonas altas son de tipo organofosforados (Monocrotofós, Malatión), Carbamatos (Carbofurano, Carbarilo) y piretroides, como se muestra en el Cuadro 1. Casi la mitad de los insecticidas empleados son de alto riesgo para los usuarios, puesto que clasificamos los tóxicos según se indica en el Cuadro 2.

Esta clasificación es de utilidad para conocer sobre el riesgo inmediato que representa un determinado insecticida, por ejemplo, al momento de su manejo. Sin embargo, las exposiciones repetidas de pequeñas cantidades con

* Trabajo presentado al Seminario/Taller de Entomología, MIP/CATIE. (Panamá, 2 al 5 de diciembre, 1985).

** Toxicólogo, Departamento de Investigación Agrícola, IDIAP, Panamá.

efectos de largo plazo no se contemplan. Los efectos resultantes por toxicosis aguda con insecticidas aparecen usualmente después de una hora a la exposición y pueden ser fácilmente reconocidos. Ello no es así cuando se trata de intoxicaciones crónicas en donde los síntomas pueden estar enmascarados.

CUADRO 1. INSECTICIDAS DE MAYOR USO EN HORTICOLAS DE TIERRAS ALTAS

Nombre del Activo	Tipo	Toxicidad Letal Media *		
		Oral	DL50	Dermica
Permetrina	Piretroide	4,000		4,000
Carbofurano **	Carbamato	8		1,000
Metamidofós **	Fosforado	18		118
Fenvalerato	Nitrobenicénico	451		2,500 ***
Heptacloro	Clorado	40		119
Etotrop	Fosforado	61		26 ***
Cipermetrina	Piretroide	251		1,600
Acefato	Fosforado	866		2,000 ***
Malatión	Fosforado	1,000		4,444
Triclorfón	Fosforado	450		2,000
Carbarilo	Carbamato	500		4,000
Metomilo	Carbamato	17		2,400
Monocrotofós **	Fosforado	5		112
Aldrina	Clorado	38		98
Endrina **	Clorado	5		15
Clordano	Clorado	250		690
Decametrina	Piretroide	1,500		1,800
Diazinón	Fosforado	75		600
Metilparatión **	Fosforado	9		67
Metildemetón	Fosforado	65		250
Dimetoato	Carbamato/fosforado	215		610
Clorofenvinfos	Fosforado	210		30
Azinfosmetilo	Fosforado	175		250
Fosfamidón	Carbamato/fosforado	20		107
Edifenfós **	Fosforado	18		118
Oxamilo	Carbamato	5.4		2,960 ***

* Valores para ratas machos, expresados en (mg/kg).

** Han causado la mayoría de envenenamientos y son considerados los insecticidas más peligrosos.

*** Toxicidad letal media para conejos.

CUADRO 2. CLASIFICACION TOXICOLOGICA DE LOS INSECTICIDAS

Toxicidad Letal Media DL50 (mg/kg)		Clase
Oral	Dermica	
Menor de 5	Menor de 20	Extremadamente tóxico
5 a 50	20 a 200	Altamente tóxico
50 a 500	200 a 2,000	Medianamente tóxico
500 a 5,000	2,000 a 20,000	Poco tóxico
Mayor a 5,000	Mayor a 20,000	Muy tóxico

Sintomatología

Los insecticidas modernos actúan principalmente sobre el sistema nervioso (neurotóxico) o sobre algún proceso metabólico. Los fosforados y carbamatos poseen la propiedad de inhibir o bloquear la acetilcolinesterasa, una enzima presente normalmente en los nervios y la sangre (glóbulos rojos y plasma). La inhibición de esta enzima trae un aumento progresivo de la tóxica acetilcolina en el cuerpo, puesto que la acetilcolinesterasa tiene el vital rol de desdoblar (desintegrar) la acetilcolina en moléculas inócuas para el organismo y permitir así una transmisión normal y correcta de los impulsos nerviosos (neurotransmisión).

Los síntomas que resultan de las intoxicaciones por insecticidas anticolinérgicos pueden ir de un carácter leve a uno muy severo como dolor de cabeza, debilidad, visión borrosa, constricción pupilar, transpiración excesiva, náuseas, vómitos, convulsiones, coma y muerte. El tratamiento del intoxicado es facultad del profesional correspondiente (médico) quien administra sulfato de atropina en dosis de 1 a 6 mg cada 5 a 30 minutos por inyección intravenosa o intramuscular, según la gravedad del caso. Posteriormente se pasa a una fase de observación por 24 horas después de pasados los síntomas. También, la administración de 2-PAM se realiza para promover el restablecimiento enzimático.

Los insecticidas clorados presentan síntomas agudos como cefalea, desorientación, mareos, contracciones musculares, convulsiones epileptoformes, coma y muerte. La confirmación del diagnóstico se hace mediante la identificación del tóxico y sus metabolitos en la sangre y orina, en un laboratorio especializado. En su tratamiento, el médico usa el diazepam por vía intravenosa o intramuscular en dosis de 5-10 mg, repitiendo cada 2-4 horas si es necesario. Los insecticidas clorados estimulan las enzimas microsómicas del hígado (enzimas metabolizantes). En consecuencia, las personas expuestas a estas sustancias metabolizan (biotransforman) rápidamente los medicamentos que deberían permanecer en el cuerpo para su acción. Esa inducción enzimática en el hígado es toxicológicamente importante. Una dieta baja en proteínas también disminuye de forma inherente la enzima incidiendo luego en un aumento del efecto tóxico (mayor peligro por residuos). Esto es de especial importancia para nuestro medio rural, donde el poder adquisitivo es bajo y la dieta es de un bajo contenido proteico. Los piretroides actúan también sobre el sistema nervioso, por lo que inducen irritabilidad, descoordinación, parálisis muscular o la muerte.

Residuos

La contaminación del agua y el suelo es de especial interés, puesto que la misma puede incidir de forma directa en la salud del hombre o a través de la transferencia de contaminantes en los frutos. Insecticidas clorados como Aldrina, Clordano, Heptacloro, pueden permanecer largo tiempo en el suelo sin descomponerse en gran medida, pudiendo de allí ingresar a los frutos a través de los cultivos. La degradación, la persistencia y la movilidad de los insecticidas varían según el tipo de suelo, pH, humedad y otros factores ambientales. Estos estudios se pueden realizar de forma analítica con métodos radioquímicos. Actualmente, el IDIAP está llevando a cabo un estudio de este tipo en Panamá. Los residuos de insecticidas en los alimen-

tos son frecuentes por realizar aplicaciones sin el debido período de espera necesario (Cuadro 3), por aplicar en exceso o por aplicar productos no autorizados para el cultivo de interés. Por el riesgo que representan los residuos en los alimentos y su ingestión, la mayoría de los gobiernos han establecido o adoptado normas de tolerancias para residuos de insecticidas.

CUADRO 3. PERIODO DE ESPERA PARA ALGUNOS INSECTICIDAS

Activo	Espera (Días)
Carbarilo	5
Fosfamidon	12
Metanidofos	21
Metildemeton	21
Metiparation	21
Clordano	30
Endrina	60

En Panamá se tienen tolerancias máximas admisibles de residuos para ciertos insecticidas en alimentos (2) y se aceptan las del Codex Alimentarius (Cuadro 4). No obstante, ésto es más bien teórico, puesto que no se realizan análisis continuos de residuos con miras a proteger a los consumidores nacionales. Estudios recientes sobre residuos de insecticidas clorados en frutos agropecuarios de Panamá muestran que la presencia de éstos está por debajo de los límites máximos admisibles (Cuadro 5). Los estudios muestran también que en la leche de madres panameñas, se presenta residuos de insecticidas. Los niveles varían según la procedencia y parece ser que aquellas zonas donde se realiza un control de vectores de la malaria con DDT, presentan en los habitantes una mayor exposición. (Cuadro 6).

CUADRO 4. TOLERANCIA MAXIMAS ADMISIBLES PARA LA INGESTA DIARIA DE ALGUNOS INSECTICIDAS

Insecticida	IDA (mg/kg peso corporal)	
	Oms/Fao 1969-75	Panamá *
Azinfosmetilo	0.0025	-
Fosmamidón	0.001	-
Diclorvos	0.004	0.02
Malatión	0.02	4.00
Dimetoato	0.02	-
Carbarilo	0.1 (arroz)	-
Clordano	0.1	0.30
Piretrinas	1.0 - 3.0	-
Endrina	0.02 - 3.0	-
Monocrotofós	0.02 - 1.0	-
DDT	1.25	5.00
Lindano	0.20	7.00
Dieldrina	0.10	0.30
Heptacloro	0.02 - 2.0	0.30

* Tolerancia oficial de residuos para carne de exportación. (Ver ref.2)

CUADRO 5. RESIDUOS DE INSECTICIDAS EN ALGUNOS FRUTOS AGROPECUARIOS PANAMEROS EN ppm *

Producto o Fruto	Insecticida						
	HCB	Alfa HCH	Lindano	Clordano	DDT	Dieldrina	Heptacloro
Vacuno	0.039	-	0.021	0.16	0.17	0.022	-
Porcino	0.020	0.013	0.012	-	0.25	0.22	0.151
Gallina	-	-	0.017	-	0.042	-	0.010
Queso fresco	-	-	0.019	-	-	-	-
Arroz	-	-	-	-	-	-	-
Cebolla	-	-	-	-	-	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	-
Papa	-	-	-	-	-	-	-
(-) Valores menores a	0.001		0.001	0.004	0.010	0.005	0.002

* Dr, J. Espinosa G., R. Thield, Inedito (1985)

CUADRO 6. RESIDUOS DE DDT EN LA LECHE DE MADRES PANAMEÑAS *

Origen	Peso (lb)	Altura (m)	Edad (años)	Contenido de DDT (ppm)
Panamá	120	1.60	18	0.62
Ponuga (Herrera)	150	1.65	31	0.38
Pto. Armuelles (Chiriquí)	130	1.59	22	0.17
Camarón	125	1.50	23	0.19
Tolé	120	1.50	24	0.18
Yapé (Darién)	140	1.50	16	7.3
Jaqué	115	1.62	17	0.77
El Real	170	1.65	25	0.18
Cañazas (Veraguas)	115	1.50	18	0.074
El Potrero (Coclé)	115	1.50	36	0.37
Promedio	130	1.56	23	1.02

* J. Espinosa G., R. Thield, Inedito (1985)

BIBLIOGRAFIA

ESPINOSA G., J. y Colab. (1984). Diagnóstico sobre el uso de plaguicidas por productores nacionales. IDIAP/BDA. (1).

Reglamento sanitario para mataderos nacionales de exportación. Gaceta Oficial, 12 diciembre, 1983 No. 19.947 pag. 160. Panamá. (2)