

CATIE
ST
IT-81

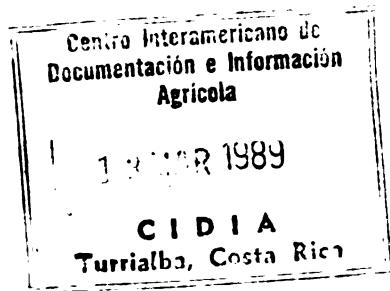


PROYECTO MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

**"MEMORIAS DEL SEMINARIO
Manejo Integrado de Plagas
San José, Costa Rica
Octubre, 1986**



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
San José, Costa Rica, 1988



Serie Técnica
INFORME TECNICO No. 81

**SEMINARIO MANEJO INTEGRADO DE
PLAGAS**

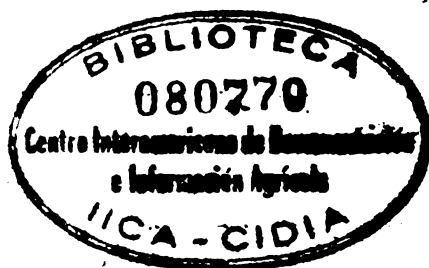
**Memorias del Seminario Manejo Integrado de Plagas
San José, Costa Rica**

La publicación de este trabajo ha sido financiada por la Agencia Internacional de Desarrollo, AID/ROCAP, bajo el contrato 596-0110

**Editores: Ramón Lastra
Róger Meneses**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
San José, Costa Rica, 1988**

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, la capacitación y la cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de Las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y la República Dominicana en 1983.



1987 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica

ISBN 9977-57-045-0

632.9063

S471 Seminario Manejo Integrado de Plagas (1987 : San José, Costa Rica)
Memorias / Editores : Ramón Lastra, Róger Meneses. -- Turrialba, C.R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1988.
182 p. ; 28 cm. -- (Serie Técnica. Informe técnico/CATIE ; no. 140)

ISBN 9977-57-045-0

1. Control de plagas - Congresos, conferencias, etc. I. Lastra, Ramón, ed.
- . II. Meneses, Róger, ed. III. CATIE IV. Título.

PRESENTACION

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) visto como la aplicación integrada de tácticas de manejo con el fin de minimizar el efecto de las plagas en los sistemas de Producción Agrícola (SPA) es la estrategia que actualmente se está volviendo a utilizar en la agricultura moderna.

En esta memoria se pretende reunir todas las presentaciones realizadas durante el Primer Seminario de Manejo Integrado de Plagas realizado por el Proyecto MIP-CATIE en Costa Rica entre el 7 y 9 de octubre de 1986.

En la reunión participaron profesionales costarricenses provenientes de diferentes instituciones del sector público y privado de Costa Rica.

El objetivo de este Seminario fue proporcionar los conocimientos más actualizados y prácticas en relación con el Manejo Integrado de Plagas. Con este enfoque se pretende enriquecer los conocimientos que sobre el tema poseen los asistentes a este evento y entregarles la información especializada y actual con el propósito de que sea puesta en práctica en las diferentes regiones de Costa Rica.

Con la realización de este Seminario, el Proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) contribuyen a cubrir la necesidad de capacitar a personal

técnico y a la vez brindar apoyo a las instituciones nacionales participantes en el campo del MIP.

AGRADECIMIENTOS

Se deja constancia del agradecimiento de los editores a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

Una especial mención merecen los autores de los diferentes temas por su valiosa colaboración al entregarnos el escrito correspondiente.

Agradecemos en forma especial la valiosa participación de la Srta. Malou Guzmán, secretaria del Proyecto y de la Sra. Hilda Jiménez Bonilla, responsables de la elaboración computarizada de este documento.

CONTENIDO

TRATAMIENTO DE EMERGENCIA DE LA INTOXICACION POR PLAGUICIDAS Damaris Quirós	8
GENERALIDADES SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Juan M. Hernández R.	12
ASPECTOS ECOLOGICOS DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS William G. Eberhard	22
SINTOMATOLOGIA DE LOS ACAROS EN COSTA RICA Ronald Ochoa	24
LOS PLAGUICIDAS COMO RECURSO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Gilbert Fuentes	30
UTILIZACION DE CONTROL ETOLOGICO Angel A. Chiri	47
MANEJO DE NEMATODOS EN VIVEROS FORESTALES Jorge Pinochet	66
EL USO DE ENTOMOPATOGENOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS José Rutilio Quezada	73
ANGIOSTRONGILIASIS ABDOMINAL: UN PROBLEMA DE SALUD PUBLICA Pedro Morera	83
LAS MALEZAS EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AREAS TROPICALES Ramiro De la Cruz	89
LA ENTOMOLOGIA EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Luko Hilje Quirós	104
LA OFERTA Y LA UTILIZACION DE LOS SERVICIOS DE INFORMACION Y DOCUMENTACION EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Orlando Arboleda	110
RESISTENCIA A LOS INSECTICIDAS Luis Alberto Monge	123

PARASITOIDES Y DEPREDADORES, UN RECURSO PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS José Rutilio Guezada	127
LA VIROLOGIA VEGETAL EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Ramón Lastra	140
FUNDAMENTOS ECONOMICOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS James B. French y Margarita Meseguer	153
EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y LA PRODUCCION ·AGRICOLA Elkin Bustamante	165
COMBATE BIOLOGICO DE <u>Moniliophthora roreri</u> MEDIANTE BACTERIAS EPIFITAS J.J. Galindo, J.M. Jiménez y C. Ramírez	180

TRATAMIENTO DE EMERGENCIA DE LA INTOXICACION POR PLAGUICIDAS

Dra. Damaris Quirós*

Cuando una persona que está trabajando o ha estado trabajando con insecticidas organofosforados (o de cualquier otro grupo) se enferma y presenta síntomas que pueden ser debidos a envenenamiento, deberá llevarse inmediatamente a un hospital. La intoxicación constituye una emergencia y cualquier demora en obtener asistencia médica puede comprometer sus posibilidades de recuperación. Deberá llevarse también el recipiente del producto o la etiqueta del envase en donde se aprecie exactamente la composición química del producto que el paciente ha estado manipulando.

PRIMEROS AUXILIOS:

Debe hacerse lo siguiente mientras se espera o se conduce al paciente:

1. En caso de contacto:

Si el tóxico ha caído en las ropas, éstas deben quitarse completamente y colocarlas en una bolsa plástica con cierre; la ropa contaminada mantiene el insecticida en contacto con la piel favoreciéndose la absorción. Lavar la piel con abundante agua y jabón, ya que la mayoría de estos insecticidas son inestables en presencia de alcalis. Si no hay agua disponible utilícese paños para limpiar la piel lo más posible. Tener presente que quien bañe al paciente debe protegerse las manos con guantes.

NO USAR ALCOHOL

2. En caso de inhalación:

Remover a la persona del lugar contaminado. Mantenerlo en reposo y procurar que permanezca tranquilo.

Si la persona tiene dificultad para respirar, debe iniciarse inmediatamente la respiración artificial. El método más práctico y de fácil aplicación es la respiración boca a boca o boca a nariz. No olvide mantener la lengua del paciente hacia adelante para evitar que obstruya el conducto

*Centro Nacional de Intoxicaciones. Hospital Nacional de Niños. San José, Costa Rica.

respiratorio. Deberá mantenerse la respiración artificial sin interrupción hasta que el paciente sea capaz de respirar sin necesidad de asistencia.

La persona que rescate la víctima debe protegerse con mascarillas y ropa adecuada.

3. En caso de ingestión:

a. Asegurarse de que la persona esté respirando en condiciones normales. Si presenta problemas para respirar, iniciar inmediatamente la respiración artificial, como está indicado en el punto (2).

b. Si el paciente ha perdido el conocimiento, no administre nada por la boca, ni intente inducir el vómito.

c. Si el paciente no ha perdido el conocimiento, provóquese inmediatamente el vómito utilizando jarabe de ipecacuana a una dosis para adultos de 30 ml (1 onza). Dar posteriormente abundante líquido (dos vasos de agua) y mantener al paciente ambulatorio. NO deben emplearse sustancias como leche o agua de sal.

d. En caso de no tener disponible este emético, entonces debe procederse de la siguiente manera:

Dar suficiente agua (dos o más vasos).

Estimular la faringe con los dedos introducidos profundamente en la garganta o con algún objeto no punzante.

e. Después que el paciente haya vomitado debe administrarse carbón activado en polvo por la vía oral.

Dosis adultos: 60 gramos (2 onzas).

Este polvo se da en forma de atol, suspendido en agua.

No deben emplearse las tabletas de carbón antifatulentas.

f. Administrar vía oral, treinta minutos después, un catártico salino como el sulfato de sodio. Dosis: Adultos 35 gramos disueltos en agua.

g. Los antidotos como atropina y oximas sólo pueden ser utilizados en una sala de emergencias, con personal y equipo para la administración, con médicos y enfermeras.

h. Tenga siempre a mano el número telefónico del Centro Control de Intoxicaciones: 23-10-28.

**Plaguicidas causantes de intoxicaciones según el
grupo químico durante 1985***

Grupo químico	No. de casos	Porcentaje
Organofosforados	234	32.0
Carbonatos	146	20.0
Paraquat	94	12.9
Mezclas	58	7.9
Derivados de cumarina	37	5.1
Desconocidos	34	4.7
Organoclorados	29	3.9
Derivados piretroides	22	3.0
Derivados fenoxicéticos	17	2.4
Otros	14	1.9
Derivados de anilida	11	1.5
Bitiocarbonatos	7	0.9
Derivados ácido picolínico	6	0.8
Derivados de arsénico	5	0.7
Dicarboximidas	5	0.7
Triazinas	5	0.7
Derivados de urea	3	0.4
Salas de cobre	3	0.4
Fertilizantes	1	0.1
TOTAL	731	100.0

*Centro Control de Intoxicaciones.

Intoxicaciones con plaguicidas

Año	Número de casos	% (Total de intoxicaciones)
1978	307	29.3
1979	423	20.29
1980	593	19.85
1981	491	14.69
1982	613	16.75
1983	790	18.98
1984	787	18.92
1985	731	16.50

**Intoxicación por plaguicidas en Costa Rica
(1982-1985). Distribución por mes**

Mes	1982 No. casos	1983 No. casos	1984 No. casos	1985 No. casos
Total	613	790	787	731
Enero	50	49	36	43
Febrero	26	40	48	43
Marzo	27	48	55	37
Abril	53	58	41	57
Mayo	47	79	94	78
Junio	72	104	90	103
Julio	41	76	74	88
Agosto	74	78	56	63
Setiembre	63	82	81	62
Octubre	66	71	79	69
Noviembre	62	60	83	43
Diciembre	32	45	50	45

**Intoxicación por plaguicidas en Costa Rica
(1982-1985)*
Distribución por provincias**

Provincia	1982		1983		1984		1985	
	No. casos	%	No. casos	%	No. casos	%	No. casos	%
San José	153	24.94	190	24.04	153	19.44	171	23.39
Alajuela	133	21.68	183	23.15	193	24.52	142	19.43
Cartago	47	7.66	59	7.46	66	8.39	75	10.26
Heredia	33	5.38	37	4.68	32	4.07	23	3.15
Guanacaste	79	12.87	104	13.15	95	12.07	108	14.77
Puntarenas	53	8.64	99	12.52	113	14.36	92	12.59
Llón	48	7.82	44	5.56	55	6.99	40	5.47
No conocida	67	10.92	74	9.36	80	10.17	80	10.94
TOTAL	613	100.0	790	100.0	787	100.0	731	100.0

* Datos obtenidos del Centro Control de Intoxicaciones.

GENERALIDADES SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Ing. Juan M. Hernández R.*

Desde la aparición del hombre sobre la Tierra, uno de los mayores logros sin duda ha sido el desarrollo de la agricultura, y siempre ha tenido que luchar contra las plagas que son fuertes competidores, llegando en ocasiones a reducir la cosecha en un ciento por ciento.

Actualmente cerca del 70% de la población mundial vive en el campo, donde la agricultura es la principal fuente de trabajo.

La población mundial se espera que llegue a los seis mil millones en los próximos años y se calcula que habrá un déficit de cien millones de toneladas de alimento, siendo los países en vías de desarrollo los que más necesitan, por tener un mayor incremento en la población. La única forma de aliviar un poco la situación es haciendo que los propios países aumenten su producción.

Por otra parte en los países en vías de desarrollo que han adoptado la agricultura con insumos de "alta energía" (fertilizantes, plaguicidas, maquinaria, combustibles, etc.) se ha visto un desplazamiento de los pequeños agricultores, los productos son más caros y cuesta más su adquisición.

Según informes recientes, las reservas de petróleo se habrán extinguido en el mundo para el año 2.000. Una gran cantidad de plaguicidas y fertilizantes se derivan del petróleo, así como el combustible que hace funcionar la maquinaria agrícola. Por lo tanto se puede deducir que la agricultura moderna es una situación temporal y que deben buscarse alternativas, para suplir el alimento a los habitantes de este planeta. La agricultura moderna también acarrea serios problemas ambientales. Es obvio el envenenamiento de seres humanos y la destrucción de la fauna acuática y de la vida silvestre, causada por el uso de plaguicidas tóxicos. Son menos evidentes las enfermedades causadas por dosis subletales, que continuamente son ingeridas en pequeñas dosis sin que los consumidores nos percateemos. Algunos de estos pesticidas se acumulan en la grasa de las personas y de los animales.

El abuso de los pesticidas para el combate de insectos, enfermedades y malezas nos ha conducido por un sendero muy peligroso, ya que los daños causados al ecosistema resultan con frecuencia irreparables, además de que se aumentan innecesariamente los costos de producción.

*Subjefe Departamento de Entomología, Subdirección de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

El control químico de las plagas que perjudican a los cultivos ha ayudado al hombre durante muchos años, salvando millones de toneladas de alimentos en el mundo, pero este se ha llegado a convencer de que no puede seguir dependiendo únicamente de este método para salvar sus cosechas.

Las plagas lejos de desaparecer con el uso de insecticidas han ido creando resistencia y muchos insectos que antes no se consideraban plagas ahora se presentan como tales debido a la muerte de sus enemigos naturales que generalmente resultan ser más afectadas por tener que movilizarse más de un lugar a otro en busca de sus presas.

No es fácil encontrar alternativas para producir alimentos sin producir o generar contaminación. La única manera de reducir significativamente el uso de pesticidas es mediante la aplicación del "Manejo Integrado de Plagas".

La definición de Manejo Integrado de Plagas según la FAO es: "un enfoque ecológico multidisciplinario al manejo de poblaciones de plagas, que utiliza una variedad de tácticas de control compatibles en un solo sistema coordinado de manejo de plagas".

A esta definición, Calvert agrega tres conceptos fundamentales que se deben considerar en la práctica como son:

1. El manejo integrado es un enfoque que promueve al máximo el uso de factores de mortalidad naturales complementados, cuando sea necesario, por medidas de control artificiales.

2. Las medidas de control artificiales, en especial el uso de los pesticidas convencionales, deben seguirse solo cuando los umbrales de daño económico pueden ser superados y,

3. El control integrado no es dependiente de una sola táctica o medida de control.

Este sistema de combatir las plagas tiende a mantenerlas en una cantidad baja o subeconómica, permitiendo la sobrevivencia de los enemigos naturales, reduciendo de esta manera las posibilidades de incrementos súbitos de las plagas por ausencia de controladores biológicos.

Cuando se hace inevitable el uso de pesticidas en un programa de control integrado, se debe hacer en tal forma que se reduzcan a un mínimo sus efectos indeseables. Esto es utilizando insecticidas selectivos o métodos selectivos de aplicación.

El manejo integrado de plagas se puede aplicar con más éxito en áreas o cultivos en los cuales las condiciones ambientales son más uniformes así como las especies de plantas y animales que lo habitan, lo que permite una mayor capacidad de sobrevivencia y autosostenimiento como resultado de las relaciones tróficas que se establecen entre ellos.

A continuación se resumen algunos principios básicos propuestos por varios investigadores (Lawson, et al 19; Apple et al 1979; Huffaber y Smith 1980; Calvert 1981) que

podrían servir de guía para planear e implementar un programa de control integrado.

A. Identificar las especies de plagas a ser manejadas.

Las plagas han sido clasificadas en varias categorías. Estas son: (1) Plagas claves o plagas perennes que generalmente causan daños económicos por la ausencia de control; (2) Plagas ocasionales o secundarias que causan daño económico solo en ciertas situaciones y en ciertos años; (3) Plagas potenciales que no causan daño económico bajo circunstancias normales, y (4) Plagas migratorias que puedan causar daños serios periódicamente. También existe el caso de que una especie puede ser plaga en algunas situaciones y no en otras.

B. Definir el área del agroecosistema.

Se determinan los límites del agroecosistema por las características del sistema local de producción de cultivos y los patrones de movimiento de las plagas involucradas. El agroecosistema puede consistir de un solo campo por una plaga de baja movilidad o al contrario, puede estar compuesto de un área muy extensa por una plaga con gran poder de dispersión.

C. Diseñar y probar sistemas de control.

La estrategia fundamental de control de plagas es de utilizar varias tácticas de control en una forma compatible y coordinada dentro de un solo sistema integrado de producción con la meta de mantener la población de la plaga a un nivel económicamente aceptable y reducir los efectos adversos al medio ambiente. El objetivo de la estrategia es la represión de las poblaciones y para lograr esto es muy importante el uso de enemigos naturales y la resistencia de las plantas.

D. Establecer umbrales económicos.

El umbral económico se ha definido como "la densidad de una plaga con la cual se deben tomar medidas de control para evitar que la creciente población de esa plaga alcance el nivel económico del daño" (Stern et al, 1959). Naturalmente el valor de este umbral varía debido a muchos factores, por ejemplo, el estado de desarrollo del cultivo, las condiciones ambientales, el valor presente del cultivo, etc.

E. Desarrollar técnicas confiables de monitoreo y un sistema de aviso.

El monitoreo es un componente crítico del control integrado e involucra el muestreo de las poblaciones de las plagas. La información obtenida sirve como base para tomar decisiones inmediatas de control y para predecir la probabilidad de tomar medidas de control.

F. Identificar los factores claves de control.

Los factores claves de control son los agentes de mortalidad reconocidos como los más responsables en la producción de cambios en la densidad de una población. La medición de estos factores podría utilizarse en predecir cambios en la densidad de la plaga.

A continuación se describen algunas de las principales técnicas que utilizadas en un programa de control integrado.

Control Biológico

Se conoce como control biológico el combate de las plagas mediante sus enemigos naturales; a parásitos, predadores y hongos entomófagos.

Los parásitos de las plagas son insectos que viven a expensas del cuerpo de otro insecto (hospedero) al que atacan hasta causarle la muerte al mismo tiempo que completan su desarrollo larval.

Al parásito se le conoce también como parasitoide, este pone sus huevecillos sobre o dentro del cuerpo del hospedero como sucede con las avispas del género Bioesteres que parasitan larvas de moscas de las frutas (Mosca del Mediterráneo Ceratitidis capitata Wied y las del género Anastrepha spp. que atacan el mango, jocote, guayabo, etc.). En algunos casos los huevos son colocados sobre las partes de la planta que van a ser comidas por la plaga. Existen también parásitos larvíparos, que en vez de poner huevos, producen larvitas que ponen cerca de la plaga, estas se trasladan y penetran su cuerpo donde se desarrollan. Un ejemplo de este tipo en nuestro país es la mosca tachínida Paratheresia claripalpis Wulp. que parasita larvas de los barrenadores de la caña de azúcar del género Diatraea spp.

Los parásitos según la especie atacan diferentes estados de la plaga (huevo, larva, pupa y adulto). Un parasitoide de huevos como la avispa Trichogramma spp. se reproduce en el laboratorio y se utiliza para el combate de muchas especies de plagas desde hace bastantes años en muchos países, inclusive el nuestro.

Existen muchos parásitos de estados larvales, uno de ellos es el Apanteles spp. sobre larvas de varias especies de plagas.

Entre los que atacan los estados pupales se puede mencionar la avispa Pachycrepoideus vindemiae que ataca las pupas de la Mosca del Mediterráneo y otras especies de moscas de frutas.

Como ejemplo de parásitos de estados adultos se cita la avispa Aphidius sp. que ataca los áfidos.

El parásito puede desarrollarse externamente al cuerpo del hospedero como ectoparásito, o internamente en el cuerpo del insecto como endoparásito.

Los parásitos adultos se alimentan del néctar de las flores, del polen o de los fluidos del cuerpo hospedero herido por la punción ovipositora.

La mayoría de los parásitos pertenecen a los órdenes Hymenoptera (avispas) y Diptera (moscas).

Los predadores son insectos u otros animales (sapos, pájaros, lagartijas, arañas, etc.) que causan una muerte más o menos violenta de las plagas, ya sea succionando la sangre o comiendo los tejidos.

A diferencia con los parásitos que generalmente son muy específicos, los predadores se alimentan indistintamente de insectos dañinos como de insectos benéficos, pero como las plagas son más lentas resultan más afectadas.

Entre los insectos predadores hay especies masticadoras como los mántidos, coccinélidos, carábidos, etc. y picadores-chupadores como los chinches. Los masticadores devoran exclusivamente los tejidos de sus presas como la hemolinfa y néctares de las plantas.

La mayoría de los insectos predadores pertenecen a los órdenes Coleóptera, Hemiptera y Neuróptera; en menor grado los himenópteros y dípteros.

Los patógenos también pueden llevar a cabo el control biológico causando enfermedades a los insectos. Entre los principales agentes causantes de las enfermedades se encuentran los virus, bacterias y hongos, y en menor cantidad los protozoarios, riketsias y nemátodos.

En general podría decirse que las grandes epizootias se desarrollan muy rápido cuando hay altas densidades de la plaga y las condiciones climáticas favorecen al patógeno.

El control biológico puede ser natural cuando se refiere a la acción de enemigos biológicos de las plagas sin la intervención del hombre; y se conoce como artificial o aplicado cuando, de alguna manera es manipulado por el hombre.

Control cultural

El control cultural se lleva a cabo mediante prácticas agrícolas ordinarias, o modificaciones de ellas, para prevenir el ataque de insectos, haciendo el ambiente menos favorable, destruyéndolos o disminuyendo sus daños.

En cualquier cultivo una buena preparación del terreno (arada, rastreo, etc.) contribuye a destruir la mayor parte

de los insectos dañinos que se encuentran en él como jobotos y gusanos cortadores, ya sea destrozándolos con la maquinaria o dejándolos expuestos para que se los coman las aves, igual suerte corren los huevecillos, larvas y pupas de otras plagas.

Los métodos y épocas de siembra contribuyen al mayor o menor ataque de ciertas plagas, como es el caso de los minadores (Bucculatrix sp.) cuando se cultiva el algodón en época de verano.

Las desyerbas, aporcas, el manejo del agua de riego en verano así como de los fertilizantes también influyen en el ataque de las plagas.

Las plantas cuando se fertilizan en una forma desbalanceada, por ejemplo con exceso de nitrógeno crecen mucho y son muy suculentas, por lo que resultan más atractivas a las plagas, mientras que cuando se suple una adecuada fertilización con potasio, las plantas son más resistentes a las plagas. Se deben destruir los rastrojos (restos de cultivo de la cosecha anterior) lo antes posible para evitar que sirvan de refugio a las plagas y estas puedan sobrevivir hasta la siguiente siembra; esta práctica es básica en el cultivo del algodón.

Control mecánico

Es la técnica más antigua y simple de las técnicas para combatir insectos. Consiste en quitar y destruir los insectos y órganos infectados de las plantas.

También la exclusión de los insectos u otros organismos por medio de barreras y otros dispositivos.

Así por ejemplo en nuestro medio es corriente observar cómo se colocan bolsas en los frutos de papaya para protegerlos del ataque de la mosca Toxotrypana curvicauda Gerst. o en guanábana para proteger el fruto contra Cerconota spp.

Otra modalidad de control mecánico consiste en recoger manualmente masas de huevecillos, larvas, pupas o adultos de determinadas plagas, así por ejemplo los tabacaleros pagan a mujeres y niños para que recojan las larvas del gusano cachudo (Manduca sexta), lo mismo se hace con las pupas del barrenador gigante de la caña de azúcar Castnia spp. y con los picucos adultos del cardamomo (Cholus pilicauda).

Control físico

Es la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, insolación, fotoperiodismo y radiaciones electromagnéticas, en intensidades que resulten letales para los insectos.

Mediante la manipulación de la temperatura es posible eliminar algunas plagas. La mayoría de los insectos mueren cuando son expuestos a temperaturas de 52 a 55°C por un período de tres a cuatro horas. Esta práctica se ha uti-

lizado con éxito en algunos países para tratar granos almacenados. La práctica de la quema de la caña de azúcar destruye diversas plagas de este cultivo, aunque desafortunadamente también se destruyen los insectos benéficos.

En realidad el control físico es bastante limitado.

Control genético

Es la utilización de mecanismos genéticos o de la herencia para prevenir el ataque de las plagas. La práctica que más se ha utilizado en este tipo de combate de plagas es la esterilización con rayos X o rayos gamma.

El uso de rayos gamma resulta más práctico y económico gracias al desarrollo de los radio-isótopos artificiales, que producen más radiación. Los isótopos más utilizados son el cobalto-60 y el cesio-137. En Costa Rica se esterilizaron pupas de la mosca del Mediterráneo desde el año 1965, que luego se liberaron en el área Centroamericana.

Los insectos así esterilizados son liberados en el campo donde copulan con los silvestres pero no producen descendencia.

Control etológico

Es el estudio del comportamiento de los animales con relación al medio. En este tipo de combate de insectos se incluyen las feromonas, atrayentes con trampas y cebos, repelentes, inhibidores de alimentación.

Los insectos se pueden comunicar por medio de sonidos, pero sobre todo por medio de olores, los cuales se conocen como feromonas.

Las feromonas pueden ser de varios tipos; en las de tipo sexual un individuo de una especie atrae a otro del sexo opuesto. Se han logrado sintetizar algunas sustancias químicas que actúan como feromonas de algunas especies, una de ellas, el grandlure, se ha utilizado en nuestro país contra el picudo del algodón, otras sustancias como medlure, siglure, trimedlure en mosca del Mediterráneo. Más recientemente se han usado feromonas para combatir la polilla de la papa Scrobipalopsis solanivora. Otro tipo de feromonas son las de agregamiento, que sirven para señalar el camino que deben seguir otros individuos de la especie.

Este tipo de combate de plagas se encuentra en la etapa de experimentación.

Las trampas para capturar o destruir insectos generalmente se usan para determinar la presencia y cantidad de una plaga, con miras a orientar otras formas de combate.

Las trampas pueden ser de varios tipos y se utilizan productos químicos para atraer los insectos, también se pueden utilizar la luz o ciertos colores como atrayentes.

Control legal

El control legal consiste en las disposiciones obligatorias que el gobierno, emite mediante la reglamentación de cultivos. Con el objeto de impedir el ingreso al país de plagas o enfermedades, impedir o retardar su propagación o dispersión dentro del país, dificultar su proliferación, determinar su erradicación y limitar su desarrollo. También se incluyen aquellas disposiciones que regulan la comercialización y uso de los plaguicidas. En general son medidas que deben ser observadas por todas las personas de un país, región o valle.

El control legal incluye las medidas de cuarentena, inspección, erradicación, reglamentación de cultivos, uso y comercio de los plaguicidas.

Las cuarentenas tienen por objeto evitar la introducción de plagas y enfermedades peligrosas que no existen en el país o están muy poco difundidas; o evitar la propagación o dispersión dentro del país de aquellas que ya han sido introducidas pero que tienen una distribución restringida.

Los principales aspectos considerados en la reglamentación de los cultivos son: zonificación del cultivo, período de campo limpio, fechas límites de siembra, resiembra y trasplante, uso de semillas y variedades, medidas de control fitosanitario y destrucción de residuos.

El aspecto legal permite al gobierno poder exigir a los agricultores las medidas necesarias para dificultar el desarrollo de las pestes en los cultivos, contribuyendo de esta manera al manejo integrado de plagas.

Control químico

Los plaguicidas se usaban desde antes de Cristo en la época de los griegos y los primeros romanos; su uso fue muy limitado hasta fines del siglo pasado.

Los éxitos obtenidos en el combate de insectos y enfermedades en viñedos y frutales, con el uso de pesticidas inorgánicos causó tanto optimismo que se llegó a pensar que solo con productos químicos se podrían controlar eficientemente las plagas y enfermedades. Cuando se descubrió la acción más efectiva de los organoclorados, este sentimiento se vio reforzado y los técnicos en control de plagas se acogían al combate químico casi totalmente. En los EEUU de 1945-1962, llamada época del optimismo, se señalaban aumentos de producción del 56-68% y la posible erradicación de la malaria y Tsé-Tsé.

El insecticida es una sustancia tóxica que el hombre introduce en el ecosistema agrícola afectando a todos sus organismos, particularmente a los animales. La intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas y

benéficas presentes, las formulaciones y dosis del producto, la forma en que es aplicado, las clases de cultivo y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones.

Cada producto insecticida presenta características toxicológicas, químicas y físicas propias; ellas determinan su efecto contra las enfermedades y los insectos benéficos, así como contra los otros organismos del agroecosistema, incluyendo a la planta, los animales silvestres y el mismo hombre. Estas características también determinan su estabilidad, persistencia en el medio, compatibilidad, posibles formulaciones comerciales, etc.

¿Cuándo se deben aplicar los insecticidas en los cultivos agrícolas?

Las aplicaciones de insecticidas se hacen en forma curativa o preventiva, la primera modalidad se refiere a la aplicación de insecticidas en presencia de la plaga y la segunda anticipándose a su ocurrencia. Este hecho genera dos sistemas aplicación-calendario y aplicación por grado de infestación.

A. Aplicación-calendario

Consiste en establecer una secuencia de aplicaciones de acuerdo a fechas prefijadas, o según determinados estados de desarrollo de la planta normalmente sin verificar la ocurrencia o grado de infestación de las plagas. Este sistema se deriva de la observación de la ocurrencia estacional de las principales plagas que atacan los cultivos en el lugar, y que se supone se presentarán en la campaña que transcurre; o se deriva del poder residual de los insecticidas que se usan en el supuesto que desaparecido el insecticida se reiniciarán las infestaciones; o simplemente es el resultado de la propia "experiencia" de los agricultores. Es el sistema menos razonable para el uso de los insecticidas.

En nuestro medio es común, sobre todo en cultivos de hortalizas, las aplicaciones "semanales" o "quincenales" de "cockteles" de insecticidas, fungicidas y abonos foliares. Como consecuencia se crean graves problemas de residuos, se incrementan los costos, se acelera el desarrollo de resistencia a los insecticidas y aparecen nuevas plagas.

B. Aplicación por grado de infestación

Esta modalidad es más aproximada al uso razonable de insecticidas por cuanto su aplicación se hace en función del grado de infestación que se observa en el cultivo para lo cual se deben establecer métodos de evaluación de plagas en los cultivos y tener una idea sobre los niveles de perjuicio económico de las principales plagas.

Realizando observaciones y muestreos frecuentes en el campo, se puede evitar el uso irracional de plaguicidas.

Como ejemplo se podría citar el caso de Sogatodes oryzicola (Homoptera; Delphacidae) en el cultivo del arroz, que cuando las infestaciones son menores a 20 sogatas por pase simple de la red entomológica y las plantas no muestran amarillamiento, no es necesario aplicar insecticidas.

A comienzos de los años sesenta en los EEUU se comenzó a dudar sobre las "bondades" de los plaguicidas, al analizar los resultados obtenidos durante varios años en distintos cultivos tratados con insecticidas, ya que se esperaba una reducción drástica de los daños causados por los insectos, lo cual no sucedió sino que más bien estos se intensificaron.

Debido a esta situación se comenzó a pensar en integrar varios sistemas de combatir las plagas con el fin de hacer un uso más racional de los plaguicidas.

ASPECTOS ECOLÓGICOS DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

William G. Eberhard*

Una parte importante del manejo integrado de las plagas es el manejo de las poblaciones de diferentes especies de organismos en el campo. Para poder realizar tales manipulaciones en una forma eficiente y efectiva, es necesario entender en buen detalle la biología de las especies directamente involucradas (plaga, enemigo de la plaga), y también las interacciones más importantes que éstas tienen entre sí y con las otras especies del habitat. Como este último factor varía en muchos casos de un sitio a otro, es menos fácil transferir la técnica de control biológico de un sitio a otro que transferir las técnicas clásicas de control químico. Los problemas de falta de información son particularmente serios en el trópico.

Existen en la literatura especializada algunos criterios supuestamente valiosos para determinar la táctica más efectiva en el manejo de poblaciones de plagas y sus enemigos. Se trató de evaluar la validez de estos criterios haciendo una compilación de las características de las especies involucradas en unos intentos exitosos de control biológico. Esta técnica de evaluación puede tener cierto valor, pero tiene la desventaja de emplear una muestra sesgada, ya que no se incluyen datos de intentos que fracasaron.

Los criterios a evaluar fueron los siguientes:

1. Enemigo no elimina la plaga, sino que la mantiene con poblaciones muy reducidas y estables.
2. Enemigo tiene ciclo de vida sincronizado con el ciclo de la plaga.
3. Enemigo es restringido a la plaga en cuanto a las especies que puede atacar (no es parásito o predador generalizado).
4. Población del enemigo responde rápidamente a aumentos en los números de la plaga.
5. Enemigo agrega sus ataques en sitios donde la plaga se encuentra agregada.
6. Enemigo puede persistir cuando la densidad de la población de la plaga es muy baja.

Una revisión de varios casos clásicos de control exitoso muestra que todos los supuestos criterios fallan en por lo menos algún caso. Se concluye que ningún criterio es absolutamente crítico en todos los casos. Queda abierta la

*Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

posibilidad, sin embargo, que algunos de los criterios sí dan predicciones estadísticamente significantes de éxito, aún cuando no sean infalibles.

Las consecuencias prácticas de estas conclusiones incluyen los siguientes puntos:

1. Ninguna característica de las especies involucradas garantiza por sí sola el éxito (o fracaso) de un intento dado de control.

2. Por el momento debería adoptarse la política de no ser muy selectivo en cuanto a la escogencia de especies con las cuales se intenta el control biológico.

3. Deben realizarse más estudios de intentos fracasados, para obtener más información sobre los posibles factores que determinan el éxito o fracaso de un intento dado.

LITERATURA CONSULTADA

BEDDINGTON, J.R., FREE, C.A. y LAWTON, J.H. 1978. Characteristics of successful enemies in models of biological control of insect pests. *Nature* 273:513-519.

MURDOCH, W.W., CHESSON, J. y CHESSON, P.L. 1985. Biological control in theory and practice. *Amer. Nat.* 125:344-366.

SINTOMATOLOGIA DE LOS ACAROS EN COSTA RICA

Ronald Ochoa*

En la extensa lista de las plagas que dañan las plantas y productos almacenados, ocupa un escondido lugar cierto grupo de organismos diminutos "Los ácaros". Estos, por sus hábitos casi estacionarios, su diminuto tamaño y sus lentos movimientos, se les mira con indiferencia en cuanto a su importancia económica.

En Costa Rica al parecer la referencia más antigua sobre ácaros que se tiene data 1913 (3). Iglesias (5) señaló en 1925 la importancia de los ácaros en el café, y culminando con una tesis (Alfaro 1932), donde se da el nombre del ácaro del café, Epitetranychus althaeae Von Haust, hoy sinónimo de Oligonychus yothersi (McGregor). Ballou (1933) indica la presencia de ácaros en Citrus sp. y de un Tetranychus en soya.

Desde 1953 el estudio de los ácaros sufre de un incremento paulatino, debido a la importancia cada vez mayor, que se les ha venido concediendo, por la comprobación de sus daños en cultivos tradicionales y no tradicionales y por la escasa información que de ellos se tenía.

Un buen grupo de estos ácaros se encuentra dentro de las familias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Tuckerellidae, Tarsonemidae y Eriophyidae. La familia Tetranychidae, conocida comúnmente con el nombre de "arañitas rojas", han llegado a ocupar un importante lugar como plaga agrícola de creciente importancia desde 1940 al presente (5).

FAMILIA TETRANYCHIDAE

En Costa Rica, aunque se hicieron colectas y se tienen datos de épocas anteriores, su estudio metódico es iniciado en 1962, con una intensificación en el período 1973 a 1978, cuando se realizó un recorrido general por el territorio nacional, colectándose especímenes en áreas que se consideran representativas de las diferentes zonas del país (7). A continuación se nombran algunas de las especies de la familia Tetranychidae encontradas hasta febrero de 1986.

Tetranychus ludeni Zacher

T. urticae Koch

T. neocaledonicus André

T. turkestanii Ugarov & Nikolski

*Ing. Agrónomo, Acarólogo. Depto. de Entomología, MAG, San José, Costa Rica.

T. mexicanus (McGregor)
T. marianae (McGregor)
T. tumidus Banks
T. salasi B. & P.
T. cinnabarinus (Boisduval)
T. abacae B. & P.

Eutetranychus banksi (McGregor)
Oligonychus mcgregori (B. & P.)
O. yothersi (McGregor)
O. punicae (Hirst)
O. viridis (Banks)
O. pratensis (Banks)
O. peruvianus (McGregor)
O. gossypii (Zacher)
O. zeae (McGregor)
O. perseae T., B. & A.
O. peronis (P. & B.)
Mononychellus planki (McGregor)
M. estradai (B. & P.)
M. caribbeanae (McGregor)
M. planki (McGregor)
Allonychus littoralis (McGregor)

Eotetranychus lewisi (McGregor)
Eo. deleari B. & P.
Eo. ecclisis P. & B.
Panonychus citri (McGregor)
Aponychus corderoi (B. & P.)

Todas estas especies causan: amarillamientos, punteaduras cloróticas, tonos bronceados, necrosis y caída de las hojas en los casos más severos.

FAMILIA TENUIPALPIDAE

La familia Tenuipalpidae, conocida como "falsas arañas rojas o ácaros blancos", son de menor tamaño con respecto a las arañas rojas y por ende más difíciles de reconocer a nivel de campo.

El reconocimiento de esta familia se empezó en 1966, culminando con su estudio, en el año de 1985. Algunas de las especies encontradas hasta este momento son:

Brevipalpus phoenicis (Geijskes)
B. obovatus Donn.
B. gliricidiae De Leon
B. aepi De Leon

B. salasi Ochoa
B. californicus (Banks)
B. russulus (Boisduval)
B. bicolpus P. & B.
B. trinidadensis Baker
B. turrialbensis Manson

Tenuipalpus chamaedoreae Salas & Ochoa

I. costarricensis S. & O.
I. rhyusus B. & P.
I. uvae De Leon

Dolichotetranychus floridanus (Banks)

La sintomatología producida por estos ácaros es muy variada:

-Roña, sarna o leprosis: que dependiendo de la severidad y profundidad del daño, recibe su nombre. En general corresponde a un resquebrajamiento de la epidermis del fruto, y en muy contadas ocasiones de las hojas. Otro es el cizallamiento que se puede considerar como parte inicial del resquebrajamiento y que consiste en finas estrias.

-Amarillamientos, parches cloróticos, coloraciones bronceadas, rojizas, blanco hueso y algunos casos necrosis son síntomas muy frecuentemente producidos por estos ácaros a las hojas.

FAMILIA TARSONEMIDAE

La familia Tarsonemidae, incluye ácaros fitófagos, fungívoros e insectófilos. En Costa Rica son importantes Stenotarsonemus pallidus (Banks) (ácaro de la fresa) y Poliphagotarsonemus latus (Banks) (ácaro del chile). Su daño consiste en un corrugamiento marcado de las hojas tiernas, que conforme la planta se desarrolla da apariencia de un daño viroso.

FAMILIA ERIOPHYIDAE

Por último tenemos a los eriófidos que muy a menudo son llamados ácaros de ampolla, de herrumbre, de yema o de agallas, dependiendo la denominación del tipo de daño que causan. Uno de los términos más usados es el "eriosis" que consiste en el desarrollo anormal de los tricomas de la planta afectada. Algunas de las especies encontradas en Costa Rica son:

Eriophyes guerreronis (K.) en coco
Eriophyes tulipae K, en ajo
E. annonae K en guanábana
Phyllocoptura oleivora (Ashmead) en Citrus sp.
Aculops lycopersici (Massec) en tomate

El reconocimiento de todos estos ácaros se complica aún más cuando se ha observado que muchos de estos daños pueden estar interaccionados con hongos, insectos e inclusive otros ácaros, además de que el daño directo provocado por el ácaro se puede confundir con el que presentan algunas enfermedades fungosas, virosas y deficiencias nutricionales.

LITERATURA CONSULTADA

- ALFARO, C.E. 1932. El ácaro del cafeto (Epitetranychus althaeae VonHaust). Tesis Ing. Agr., Escuela Nacional de Agricultura, San José, Costa Rica, 28 p.
- BALLOU, CH., H., 1933. Informe de la sección de Entomología. Escuela Nacional de Agricultura, San José, Costa Rica. Bol. No. 16, 48-52.
- BANKS, N. 1913. Notes on some Costa Rica arachnida. Proc. Nat. Acad. Sci. 1913:676-87.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1964. El ácaro del café. San José, Costa Rica. Bol. Téc. No. 47, 26 p.
- FREITEZ, F.P. 1974. Reconocimiento preliminar de ácaros fitoparásitos de la familia Tetranychidae de Costa Rica (ACARINA). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 145 p.
- OCHOA, R. 1985. Reconocimiento preliminar de ácaros fitoparásitos del género Brevipalpus (ACARI: Tenuipalpidae) de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 125 p.
- SALAS, L.A. 1978. Algunas notas sobre las arañitas rojas (Tetranychidae: ACARI) halladas en Costa Rica. Agronomía Costarricense 2(1):47-60.
- y OCHOA, R. 1986. El género Tenuipalpus Donn en Costa Rica (ACARI: Tenuipalpidae). Agronomía Costarricense 10(1): (en prensa).

APENDICE LISTA DE ACARICIDAS EN COSTA RICA A SETIEMBRE 1986

NOMBRE COMUN	COMERCIAL	ACCION	DOSES	CONTROL
Binapacril	Acrigid	A.	50% PM 0.5-1.25 g/l	Tetranychus Aponychus Eutetranychus Panonychus
Cyhexatin	Plictran	A.	50% PM 0.9-1.2 g/l	Tetranychus Panonychus Steneotarsonemus Mononychellus
Bifocel	Kelthane	A.	18.5% E 2-3 ml/l	Tetranychus Steneotarsonemus
Endosulfan	Thiodan	A.	35% E 0.25 kg I.A./Ha	Steneotarsonemus Tetranychus
Propargite	Omite	A.	6.8% E 0.20 kg I.A./Ha	Tetranychus Steneotarsonemus
Tetradifon	Tedion	Ovicida	8% E 1.5 ml/l 0.05 kg I.A./Ha	Tetranychus Oligonychus
Oxido de Fenbutatin	Vendex	A.	1.25 g/l	Tetranychus
Ethion	Nialate	A.	46.5% CE 2,5 ml/l	Tetranychus
Profenofos	Selecron	I.A.	500 c 1.2 ml/l	Tetranychus Oligonychus
Oxidemetonmetil	Metasystox-R	I.A.	25% CE 1.5-2 cc/l	Tetranychus
Chinomethionat	Morestat	I.A.F.	20% PM 1.2 g/l	Tetranychus
Azufre	Tiovit Azufral Coo-azufre Crisazufre	F.A.	90% PM 0.5-1.5 g/l	Poliphagotarsonemus Phyllocoptuta Eotetranychus Oligonychus Brevipalpus Temipalpus Eriophyes

(...Continúa)

(...Continuación)

NOMBRE COMUN	COMERCIAL	ACCION	DOSES	CONTROL
Thiometon	Ekatin	A.I.	(Inmersión) 25% EC 1.5 cc/l	<i>Dolichotetranychus</i> <i>Eriophyes</i>
Jabón Des-O-Tres Azufraí Salvavidas				Acaros del cuerpo Acaros del cuerpo
Zineb	Dithane Z-78	F.A.	76% PM 3 g/l	<i>Phyllocoptruta</i> <i>Oleivora</i>
Benomil	Benlate	F.A.	50% PM 0.6-1.2 g/l	<i>Tetranychus</i> <i>Oligonychus</i>
Metamidophos	Monitor Tamaron	I.A.	50% CE 2 cc/l	<i>Tetranychus</i> <i>Oligonychus</i>
Acocyclotin	Peropal	A.	25% PM 1.5-2 g/l	<i>Tetranychus</i> <i>Panonychus</i> <i>Aponychus</i>
Benzoato de Bencilo 25% (Trietanolamida)				Sarnas

// LOS PLAGUICIDAS COMO RECURSO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Gilbert Fuentes, M.Sc.*

Considero adecuado que primero repasemos las desventajas o limitaciones de los plaguicidas; para ello he escogido las citadas por el Dr. Ray F. Smith (1970). Brevemente las limitaciones que él anota son las siguientes:

- a) Desarrollo (selección) de razas de plagas resistentes a los plaguicidas.
- b) Los efectos de los plaguicidas son temporales en las poblaciones, ya que se necesita tratamientos repetidos. (A menudo la población de la plaga retorna rápidamente a niveles más altos que antes del tratamiento).
- c) Peligro de residuos del plaguicida en los productos cosechados.
- ch) Surgimiento de plagas secundarias, como resultado de la destrucción de sus enemigos naturales.
- d) Efectos colaterales indeseables en otros organismos que no es el atacado, incluyendo parasitoides, depredadores, peces, aves y otros animales silvestres, abejas y otros polinizadores y la planta misma que se cultiva.
- e) Peligros directos al aplicar los plaguicidas.
- f) Reducción y simplificación del componente biótico del agroecosistema.

Sin embargo, para apoyar las "bondades" de los plaguicidas, concordamos con Newson (1979) en las siguientes premisas:

- 1) Una agricultura eficiente y productiva es necesaria para el bienestar de nuestra nación;
- 2) no es posible la producción de cantidades adecuadas de alimentos, forrajes y fibras de calidad aceptable sin un manejo eficiente de las especies de plagas (malezas, insectos, nematodos, ácaros, roedores, hongos, bacterias, virus y otros agentes relacionados) que atacan a los cultivos;
- 3) en la mayoría de los casos la regulación adecuada de poblaciones de plagas agrícolas es imposible con los niveles actuales de tecnología, si no tomamos en cuenta a los plaguicidas;
- 4) el uso libertino de plaguicidas, con tratamientos profilácticos y calendarizados, es un enfoque que no puede continuarse para regular las poblaciones de plagas agrícolas;
- 5) el uso inteligente de

*Catedrático, Entomología, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

estos productos químicos, base sobre la cual se ha construido el MIP, es efectivo, económico y ecológicamente aceptable, además de ser una necesidad imperativa.

Los plaguicidas constituyen el recurso más poderoso que el hombre puede manejar para obtener un efecto rápido, eficiente y económico en la destrucción de las plagas agrícolas. Sin embargo, su uso masivo, continuo y creciente en las cuatro últimas décadas, ha permitido comprobar que estos productos también presentan serios inconvenientes, como es el desarrollo (selección) de la resistencia por parte de las plagas, la aparición de nuevas plagas, la contaminación ambiental, los residuos tóxicos en los productos cosechados y los riesgos en su empleo son algunas de las limitaciones. En muchos casos el uso indiscriminado de estos productos, en particular de insecticidas, ha llegado a provocar verdaderas catástrofes agrícolas, tanto a nivel de finca, como en valles y regiones. El desarrollo de la idea del control integrado y su aceptación cada vez más amplia, se basa en gran parte en la necesidad de superar las limitaciones del control químico y, en cierta forma, su fracaso como una estrategia unilateral con pretensiones de control permanente, sobre todo en el caso de las plagas insectiles. Esto ha llevado a que algunas personas, parcialmente informadas, consideren que el control integrado consiste en la abolición del empleo de plaguicidas, cuando de lo que se trata en realidad es de darle a estos productos el mejor uso posible, una vez que se decide que su empleo es necesario.

Es conveniente tener en mente que el desarrollo del control químico está conectado al desarrollo de la agricultura. Un análisis rápido de las necesidades mundiales, particularmente de los países en desarrollo, en relación a los alimentos y fibras textiles, nos lleva a concluir que la única manera de superar las deficiencias actuales y futuras, es aumentando la producción agrícola. Con este propósito, es esencial incrementar la productividad mediante la intensificación de la agricultura y en este proceso juega un papel muy importante la protección de los cultivos y de los productos cosechados. En las últimas décadas, la protección ha sido mayormente de naturaleza química.

La agricultura intensiva se caracteriza por emplear cultivos de alto rendimiento (aunque con frecuencia más susceptibles a las plagas), poblaciones de plantas más densas, alta fertilización, monocultivo, siembra sucesivas o continuas, control de riegos, etc. Estas condiciones normalmente conducen a la acentuación de los problemas fitosanitarios existentes y a la aparición de nuevos problemas. La diversidad de éstos y de las nuevas situaciones que pueden crearse durante el cultivo y, sobre todo, cuando surgen situaciones, exige disponer de métodos cuyos resultados sean rápidos, efectivos, económicos y relativamente simples de usar. El único método que reúne estas características, es sin duda el control químico. La destrucción de una

población de insectos, que inusualmente se incrementa, sobrepasando el umbral de daño económico, o la necesidad de detener la propagación de una enfermedad de efecto violento, como el tizón tardío de la papa, en el período de infección, sólo puede lograrse mediante las aplicaciones de productos insecticidas y fungicidas, respectivamente. No hay otro método al que puede recurrirse en estas circunstancias.

Se ha señalado que frente a las situaciones fitosanitarias de emergencia, la única alternativa es la aplicación de plaguicidas. Desde ese punto de vista y bajo esas circunstancias, como un último recurso, los plaguicidas tienen ya un lugar en los programas de control integrado. Debe tenerse presente, sin embargo, que dentro de los objetivos del control integrado está, precisamente, evitar o reducir las posibilidades de ocurrencia de tales situaciones de emergencia, mediante la implementación coordinada de diversas prácticas de control. Por eso, en los programas de control integrado, la utilización de los plaguicidas en casos de emergencia, no es la única posibilidad. Más importante aún es el uso juicioso que puede hacerse de los productos químicos, bajo condiciones no apremiantes.

Conocidas las desventajas generales de los plaguicidas, como los casos de resistencia, la destrucción de especies benéficas y los peligros que entrañan para el hombre y para el ambiente, su inclusión dentro de los programas de control integrado tienen que estar orientados a disminuir los efectos indeseables antes mencionados. Esto se logra en gran parte mediante el uso restringido y selectivo de estos productos, como oposición al uso masivo e intenso de productos, buscando la destrucción total de las plagas (Cisneros, 1981).

Definiciones del MIP:

El MIP es la selección, integración y aplicación de prácticas de combate de plagas, basada en consecuencias predecibles de tipo económico, ecológicas y sociológicas (Bottrell, 1979; Klassen, 1977).

La premisa básica del MIP es que ningún método de combate de plagas, en forma única, es exitoso. El MIP busca integrar una variedad de métodos biológicos, físicos y químicos, en un esquema que permita una protección a largo plazo (Glass, 1976).

La primera consideración es cuantificar los elementos que intervienen en la mortalidad natural de las plagas en su ambiente, como son el clima, enfermedades, depredadores y parasitoides.

Las medidas de control artificial se emplean solamente cuando se requiere reducir y mantener las plagas a niveles tolerables y se basan en criterios desarrollados para identificar cuándo y dónde se justifica el control; se evalúa

aquellos que causen el mínimo de riesgos para los humanos, a los organismos beneficiosos y al ambiente. El postrer objetivo del MIP es controlar a éstas en una forma económica, eficaz y ambientalmente aceptable.

El MIP es un término conveniente, que a menudo se le usa erróneamente para describir cualquier combinación de medidas para combatir las plagas que habitan en un determinado cultivo, incluso el empleo aislado de dos o más plaguicidas, sin un análisis de la necesidad de considerar otras alternativas. Pero el significado del MIP es muy diferente, evolucionó a partir del término "control integrado", originalmente propuesto para describir la integración de medidas de control químicas y biológicas, en un sistema coherente de manejo de plagas (Stern *et al.*, 1959). Posteriormente, el control integrado se amplió para hacerlo sinónimo con "Manejo Integrado de Plagas" (Bottrell, 1979; Smith, 1976).

El hecho de que el MIP sugiere el "manejo integrado de insectos", ha indisputado a algunos fitopatólogos y "malezólogos", sin embargo el concepto de MIP es aplicable a toda clase de plagas y a toda clase de disciplinas que conforman lo que conocemos como fitoprotección, ya que todas ellas han participado en su desarrollo y puesta en práctica.

Uno de los mayores tropiezos en la aceptación y avance del MIP se ha debido a las interpretaciones conflictivas de lo que es el MIP y lo que debe ser. Si deseamos orientar las acciones futuras del MIP, por lo menos debemos concordar con la definición. Leeper y Andaloro (1984), sugieren la definición aceptada por "The Intersociety Consortium for Plant Protection": MIP es el control de plagas de una manera económica y ecológicamente segura. Esto está acompañado por el uso de tácticas múltiples, de una manera compatible, para mantener el daño de las plagas debajo del nivel de daño económico, a la vez que protege contra peligros para los humanos, animales, plantas y el ambiente. En esta forma amplia, el MIP considera todas las plagas claves que actúan en el agroecosistema, ya sea que se llamen insectos, ácaros, patógenos, malezas, roedores, o nematodos. En su forma más restringida, el MIP puede aplicarse a una sola plaga principal. De mucha importancia es la aplicación de la filosofía y principios ecológicos inherentes en el concepto descrito anteriormente.

El MIP no es un movimiento "antiquímicos", pero protege del mal uso de los agroquímicos, como herramientas valiosas reconocidas en la lucha contra las plagas.

Numerosos principios básicos se presentan en esta definición. En ella se reconoce la dinámica del ecosistema, que está compuesto por el cultivo a ser protegido, los organismos que atacan al cultivo, así como los organismos que atacan a las plagas (los parasitoides, depredadores y patógenos). También son considerados los componentes abióticos como la luz solar, el agua, la temperatura, el suelo y los nutrimentos.

El ecosistema aparenta ser estable y, solamente después de que algún factor externo lo perturba, como por ejemplo el hombre, es que éste reacciona y se hace aparente. En la agricultura el hombre ha perturbado drásticamente el ecosistema en su intento por producir un cultivo único y de la manera más eficiente posible. El hombre también ha encontrado que al hacer esto, su cultivo puede ser atacado y destruido por las plagas, o sea la reacción violenta de la naturaleza a las actuaciones del hombre (Wilhelm, 1976).

Los plaguicidas químicos, como lo indica su nombre, fueron desarrollados para tal propósito y le han servido bien al hombre. Las plagas, sin embargo han reaccionado al uso de los plaguicidas, desarrollando resistencia a ellos. El desarrollo del MIP permite una nueva perspectiva para auscultar lo que está sucediendo en el agroecosistema y reduce las acciones y reacciones violentas por medio de un uso discriminado de los plaguicidas.

La economía es otra consideración importante en el MIP. El mercado, el valor de la cosecha y el costo de las medidas de combate de plagas, se han vuelto importantes para establecer e interpretar los umbrales económicos que ameritan tomar una acción. El máximo rendimiento económico en su actividad es el principal interés del agricultor, de ahí que éste espera del MIP algo que pueda entender, que tenga confianza en él, que pueda incorporarlo a su sistema de producción y que su uso sea beneficioso para él (Twine, 1985).

Debe reconocerse que no importa cuán nobles sean las filosofías y tecnologías que involucren al MIP, éstas deben ser prácticas, si se quiere que sean aceptadas por el agricultor. La dependencia absoluta en el control biológico y la mano de obra desocupada para deshierbar, son ejemplos de enfoques imprácticos.

Los Drs. Glas y Lienk (1971), en la Estación Experimental Agrícola Estatal de Nueva York, demostraron por medio de un estudio de 10 años de duración, que no se puede cultivar manzanas, si se depende únicamente del control biológico de las plagas de insectos. Ellos mantuvieron un huerto, tal como lo hacen los agricultores de manzana, excepto que no aplicaron insecticidas, ni acaricidas. Ellos podaron, fertilizaron y protegieron a los manzanos de las enfermedades. Después del primer año, la cosecha de manzanas fue comercialmente inservible, debido al ataque de cuatro diferentes plagas de insectos.

La dependencia total en medidas de combate biológicas y culturales, en cultivos con una alta rentabilidad, como ciertas hortalizas, tampoco es práctico. El personal de la misma Estación Experimental mencionada, llevó a cabo un experimento de siete años de duración, en plantaciones comerciales de cebolla. Hubo una pérdida promedio de 36% en el número de plantas, debido al ataque de *Hylemya antiqua*, cuando no se aplicó insecticidas al fondo del surco (Leeper y Andaloro, 1984).

Cuando no se aplicó insecticidas en repollo cultivado en la costa este de los EE.UU., hasta un 100% alcanzó el grado de no comerciable, de acuerdo con los estándares del USDA, a causa del daño ocasionado por lepidópteros (Chalfont, 1979; Shelton et al., 1982). Un caso similar ocurrió en maíz dulce, debido al daño del barrenador del tallo (Ostrinia nubilalis), el elotero (Heliothis zea) y el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) (Sherrod y Francis, 1982); en tomate dañado por el insecto mencionado y además por Heliothis zea (Linduska, 1982). A pesar de la presencia y, en algunas ocasiones a niveles muy altos, de depredadores, parasitoides y entomopatógenos, el medio más práctico y eficiente de combatir a los insectos de cultivos hortícolas, es todavía por medio del uso racional de insecticidas.

En los EE.UU. se ha sugerido que se contrate la mano de obra desempleada para que colabore con los agricultores en labores de deshierba de sus campos. Knabe (1975) calculó que se necesitarían 16 millones de peones diariamente, para deshierbar los 8 millones de hectáreas de maíz y soya que se siembran en Illinois. También Newson (1979) concluyó que los agricultores de Louisiana están incapacitados para pagar las deshierbas manuales y continuar en sus actividades empresariales, porque les tomaría 230.000 días laborales (de 40 horas semanales), en mayo y junio, para hacer lo que los herbicidas pueden lograr a un tercio de costo.

Una vez que se ha establecido un programa de MIP, en que se han identificado las plagas, en la mayoría de los casos se hace evidente la falta de información sobre la biología de las plagas, sus ciclos de vida, dinámica poblacional y fenología. Las diferencias regionales en un mismo cultivo y sus plagas, necesitan también ser evaluadas, así como los sistemas de cultivos, tipo de crecimiento del cultivo, y respuestas de éste a diferentes estrés. La falta de énfasis en investigación en muchas de estas áreas en el pasado, puede deberse al hecho de que muchos programas de MIP se han derivado de investigaciones entomológicas y no multidisciplinarias.

Las interrelaciones complicadas entre la dinámica poblacional de una plaga y la producción del cultivo hospedero, necesitan ser analizadas y cuantificadas. Esto puede hacerse por medio de un análisis de los sistemas biológicos, con la ayuda de computadores. Estos son una herramienta para comunicarnos, manejar y almacenar datos, así como para elaborar modelos matemáticos, entre otras cosas. También nos permiten probar los modelos matemáticos, con diferentes grados de confiabilidad. Es necesario que se desarrollen modelos para los cultivos que definan la utilización de nutrimentos y la reacción del huésped a diferentes estrés biológicos, para calcular adecuadamente los umbrales económicos de las plagas.

Los factores biológicos y ambientales, además de las prácticas con productos químicos y culturales, necesitan ser integradas en sistemas de manejo de plagas por medio del uso de computadores. La tecnología del cómputo tiene una aplicación fantástica en resolver muchos problemas agrícolas, de ahí que debemos mantenernos al tanto de los avances constantes en este campo.

Un sistema de MIP requiere la cooperación interdisciplinaria en la investigación y el desarrollo de sus diferentes fases, así como en su aplicación. Se necesita la cooperación de especialistas de muchas disciplinas, agrónomos, economistas, meteorólogos, ingenieros, sociólogos, matemáticos, fitofisiólogos, expertos en ciencias de la computación, además de los especialistas que componen las diferentes disciplinas de protección de plantas, que son importantes en la colecta de la información y para formular el manejo de la estrategia.

Los sistemas de análisis, modelos matemáticos y programación de computadores, son ayudas que permiten definir las estrategias a seguir, pero no son una panacea, como una vez se creyó que sería el DDT para resolver el problema de las plagas de insectos.

Se están realizando múltiples esfuerzos para desarrollar un modelo computacional que simule todas las posibles situaciones en un cultivo en particular, en un momento dado (desde la siembra hasta la cosecha). Tal modelo puede usarse, por ej. para determinar cómo manipular un cultivo (el uso de una combinación de variedad del cultivo, fertilizante, plaguicidas, etc.) para alcanzar un manejo de plagas óptimo. Tales modelos no existen, pero se está progresando en lograrlo. Aunque no se conoce el valor a largo plazo de estos modelos computacionales, los sistemas de análisis interdisciplinarios están proveyendo un mejor conocimiento del ecosistema y maneras más efectivas de manejar las poblaciones de plagas (Leeper y Andaloro, 1984).

En los EE.UU. se están aplicando programas de MIP en cultivos importantes como algodón, tabaco, maíz, manzanas, sorgo forrajero, soya, maní y cítricos (Bottrell, 1979).

A pesar de la mezcla de diferentes métodos alternativos en programas de MIP, los plaguicidas seguirán necesitándose contra muchas plagas para las cuales no se ha encontrado métodos alternativos, no se han desarrollado, o no se han puesto en práctica. Los efectos colaterales indeseables de los plaguicidas químicos, nos demuestran que se les debe usar muy juiciosamente y deben buscarse los que sean más selectivos para combatir la plaga que está causando problemas. En términos generales, no hay disponibles en el mercado, plaguicidas que sean muy específicos, pero también debe reconocerse que las compañías fabricantes de plaguicidas han hecho un esfuerzo muy pequeño para desarrollarlos, debido a que los plaguicidas conocidos como "de amplio espectro de acción", permiten el control de varias plagas de insectos

con una sólo aplicación, lo cual también es más económico en caso de que se haya realizado una identificación errónea de la plaga que está causando el problema. Además, es poco estimulante para las compañías fabricantes de plaguicidas, debido al alto costo de producción del desarrollo de nuevos plaguicidas, sobre todo por la especificidad cada vez más estrecha que se les solicita (Mullin y Croft, 1985; Dahlsten, 1983).

Tal vez la técnica mejor conocida para alcanzar una selectividad ecológica en plaguicidas, es programar el momento y las mínimas cantidades de plaguicidas que tengan el menor efecto adverso sobre otros organismos diferentes al que se desea atacar.

No se ha explotado mucho la posibilidad de desarrollar equipo de aplicación de plaguicidas que dirija precisamente a estos productos, hacia el área en donde se encuentra la plaga que deseamos combatir, minimizando por lo tanto el desvío del plaguicida y la contaminación del área externa adonde se encuentra la plaga. Muchos insectos restringen su actividad a porciones de la planta huésped, por ej. las vainicas de soya o las panojas del sorgo. Los fitomejoradores han tenido éxito en producir cultivares uniformes en cuanto a altura de la planta y posición de los frutos, de manera que es posible que los ingenieros agrícolas desarrollen equipos de aspersión que dirijan los plaguicidas hacia estas partes de la planta más frecuentadas por la plaga (Glass, 1975).

Los plaguicidas del futuro serán más caros porque deben ser más específicos, para evitar los efectos colaterales anteriormente mencionados, además deberán llenar los estándares de seguridad ambiental más estrictos y deberán ser distribuidos y usados con un mejor control que hasta el presente.

Si analizamos la experiencia con plaguicidas desde 1940, en una forma objetiva, encontramos que se cometieron tres errores tácticos al diseñar las moléculas para nuevos plaguicidas. Estos errores son los siguientes: 1) la búsqueda de lipofinidad para promover una rápida permeabilidad de las células; 2) el desconocimiento de que los plaguicidas pueden adsorberse en los coloides y materia orgánica del suelo y 3) la búsqueda conciente de productos que "tuvieran un amplio espectro de acción" y que les asegurara el mercado más amplio posible.

Un plaguicida es selectivo, o se le usa selectivamente, cuando su aplicación es capaz de destruir a uno o varios organismos perjudiciales, sin causar daño a los organismos benéficos y, por supuesto al hombre. No existen plaguicidas selectivos ideales, aunque indudablemente hay productos con tendencia a la selectividad, como algunos rodenticidas anticoagulantes, los insecticidas sistémicos, y sobre todo las sustancias herbicidas, grupo de plaguicidas que está progresando mucho en el campo de la selectividad.

En el caso de los insecticidas prácticamente no existen compuestos que, matando a las plagas, dejen indemnes a los parasitoides y depredadores. Las especulaciones que algunas veces se dan entre algunos especialistas sobre la necesidad de productos con efectos selectivos, a nivel de especie, carecen de fundamento práctico y económico. Aparte de las dificultades científicas para su desarrollo, su uso en pequeñas cantidades no compensaría las inversiones en su desarrollo y fabricación, sus precios serían extremadamente altos y su uso resultaría muy complicado para el agricultor, ya que con frecuencia en un cultivo se presenta más de una especie haciendo el daño al mismo tiempo (Cisneros, 1981).

El efecto diferencial que se obtiene cuando distintos organismos son expuestos directamente a un producto, y unos son más afectados que otros, fue calificado por Ripper *et al.* (1951) como "selectividad fisiológica"; así se le distingue de la "selectividad ecológica", que se da cuando en una aplicación un organismo no resulta afectado debido a que queda fuera del alcance con el producto aplicado, en tanto que otros organismos, por establecer contacto con el producto, sí son afectados. Esto puede deberse a diferencias en el comportamiento de los insectos, a diferencias en microhabitats que ocupan las especies y al patrón de distribución del producto, que evitan, o por el contrario aseguran que el insecticida entre en contacto con el insecto. Así, productos que intrínsecamente no son selectivos, pueden ser usados con una orientación selectiva, aprovechando las características físicas y de comportamiento de las plagas y de los enemigos naturales, la localización en la planta, las características físicas de las partes de la planta, las características físicas de las plagas, las técnicas de aplicación y los niveles de dosificaciones (Cisneros, 1981).

Relativamente muy pocos plaguicidas muestran un grado significativo de especificidad, excepto en el caso de aquellos herbicidas utilizados en cultivos específicos. Algunos productos acaricidas también tienen una marcada tendencia específica; ej. el Plictran es relativamente no tóxico para los insectos y para varias especies de ácaros depredadores y es muy efectivo contra muchas especies de ácaros fitófagos.

En cuanto a la selectividad fisiológica de los insecticidas, es un hecho que, a pesar de que estos compuestos afectan sistemas vitales comunes a todos los insectos, existen marcadas diferencias en el grado de susceptibilidad o tolerancia que presentan las diversas especies o grupos de especies (a veces coincidentes con géneros o familias relacionados). Las diferencias se deben a una mayor o menor velocidad de penetración del insecticida al cuerpo del insecto, a diversos fenómenos de almacenamiento y excreción, a diferencias en el grado de penetración e intensidad del ataque sobre el sistema susceptible; pero sobre todo se debe a diferencias en el proceso metabólico del producto en el organismo del insecto. Durante este proceso el producto se

descompone más o menos rápidamente o, por el contrario, se vuelve más activo. Ambos fenómenos dependen de procesos enzimáticos. Este tipo de selectividad ha sido estudiada comparativamente entre diversas especies dañinas, pero muy poco entre éstas y las especies benéficas.

En general se consideran tres categorías de insecticidas en cuanto a su grado de selectividad, según Unterstenhofer (1970), que son las siguientes:

1. Sustancias Activas Monotóxicas: Sustancias que en virtud de sus propiedades específicas, afectan solamente a una especie. Son productos extremadamente raros, como el nitrocarbazol que se usó contra las polillas de la uva (Clysia y Polychrosis) en Europa, desde 1942, sin que se le haya encontrado otros usos, hasta que fue desplazado por insecticidas de más amplio espectro de acción, utilizados para combatir simultáneamente varias plagas de la uva.

2. Sustancias Activas Oligotóxicas: Sustancias con un espectro de acción restringido a un número limitado de especies (dentro de un rango relativamente amplio de dosis). No se hace distinción entre plagas, organismos útiles o indiferentes. Parece ser las sustancias más abundantes.

3. Sustancias Activas Politóxicas: Actúan contra un número muy grande de especies, tanto plagas como organismos útiles e indiferentes. Son las sustancias preferidas por los agricultores y por los "técnicos" del control químico. Debido a que tienen un efecto polifacético, combatiendo simultáneamente a varias plagas, resultan inmediatamente efectivos, aún cuando el diagnóstico del problema entomológico sea imperfecto. Al mismo tiempo suelen ser más baratos, pues su mayor volumen de producción permite prorratear los costos de desarrollo sobre muchas unidades de producción, pero, por otro lado, son las sustancias que menos coinciden, desde el punto de vista toxicológico, con la orientación o el enfoque del control integrado de plagas.

Ciertos productos insecticidas que carecen de efecto de contacto o lo tienen en forma muy limitada, deben ser ingeridos por el insecto para que puedan ejercer su acción tóxica. Entre los nuevos productos cuyo efecto depende de su ingestión, están las formulaciones de insecticidas microbiológicos, a base del Bacillus thuringiensis y en menor grado de algunos reguladores de crecimiento de insectos. El efecto de las toxinas contenidas en Bacillus thuringiensis está restringido sobre todo a las larvas de algunos lepidópteros. De la misma manera el producto conocido comercialmente como Dimilin, ha mostrado eficacia selectiva para larvas masticadoras del follaje.

Los insecticidas sistémicos se utilizan para destruir plagas picadoras-chupadoras como áfidos, cigarritas, trips y arañitas rojas. Estos productos penetran la cutícula de las hojas y circulan por la savia. Una vez que el producto ha

sido absorbido, generalmente no dejan residuos superficiales que puedan afectar por contacto a los enemigos naturales. Solo los depredadores con régimen alimenticio mixto carnívoro-fitófago, como algunas especies de chinches Miridae y Anthocoridae, son marcadamente afectados. Es durante el proceso de aspersion cuando obviamente se produce un efecto de contacto poco selectivo.

Los insecticidas sistémicos no solo se aplican al follaje. Hay productos que se aplican al suelo, siendo absorbidos por las raíces y concentrados en las partes de la planta en pleno crecimiento. Entre estos compuestos está el aldicarb, carbofuran, forato, disulfotón y otros. Algunos compuestos son absorbidos al ser aplicados a los tallos de los árboles, pero parece que los riesgos de fitotoxicidad son un factor limitante a esta forma de aplicación.

Existe un número de compuestos acaricidas que tienen poco efecto insecticida y que pueden ser usados selectivamente contra las arañas rojas, sin afectar en forma sustancial a parasitoides y depredadores. Por otro lado, algunos compuestos acaricidas también tienen marcado efecto insecticida, y por consiguiente difícilmente pueden ser usados en forma selectiva. Finalmente, hay otros productos acaricidas que tienen un marcado efecto fungicida, especialmente contra oidiosis y pueden combatir a estos dos problemas si se presentan simultáneamente.

Los aceites agrícolas emulsionables se utilizan en el control de escamas diaspíridas y huevos de ácaros y de diversos insectos que afectan a frutales. Su acción se ejerce al cubrirlos con una película de aceite que interfiere con su proceso de respiración, aunque también pueden producir cierto efecto tóxico adicional directo. Estos productos resultan relativamente inocuos para insectos móviles, entre ellos los insectos benéficos, por lo menos en lo que a residuos respecta. Durante la aplicación según la concentración y grado de aceite empleado, puede producirse un efecto detrimental relativamente pequeño.

El efecto fugaz de ciertos insecticidas permite su uso selectivo en dos modalidades. Por un lado se pueden efectuar aplicaciones cuando los enemigos naturales se encuentran momentáneamente en una forma tolerante, como por ejemplo el estado pupal. Puesto que el tratamiento no deja residuos duraderos, los parasitoides o depredadores adultos que emergen de las pupas no son afectados. Por otro lado, la ausencia de residuos de las aplicaciones en forma total o parcial de estos productos, permite una repoblación rápida de insectos benéficos desde campos vecinos, de la vegetación de los bordes, o por recolonización artificial. Entre los insecticidas de marcado efecto fugaz, se encuentran la nicotina, el fosdrin, el zectrán y otros.

Las dosificaciones de insecticidas corrientemente recomendadas, suelen producir mortalidades totales por exceso de productos y consecuentemente carecen, en este sentido, de

selectividad. Manejando cuidadosamente las dosis de algunos insecticidas, sobre todo de productos oligotóxicos, es posible lograr cierto efecto selectivo, o más propiamente, reducir el efecto detrimental del tratamiento sobre la fauna benéfica. En gran parte, la amplitud del radio de acción de un producto es función de la dosis; a mayor dosis, es mayor el número de organismos afectados. Por supuesto que las sustancias politóxicas tienen un efecto más amplio, aún dentro de un rango relativamente estrecho de dosificaciones. La técnica de esta modalidad consiste en usar sustancias oligotóxicas, a la concentración más baja posible, pero suficiente para destruir al estadio de desarrollo más sensible de la plaga.

Las diversas formulaciones comerciales de los plaguicidas, las diferentes formas en que ellos pueden ser aplicados, el diverso grado de cobertura que puede darse a la planta tratada o al área del campo, ofrecen posibilidades de manejo para reducir el efecto nocivo que tienen los plaguicidas sobre los parasitoides y depredadores, al momento de la aplicación o como residuos.

De las principales formulaciones de insecticidas, los granulados y los cebos tienden a minimizar las áreas tratadas con el producto y, consecuentemente, reducen las posibilidades del contacto entre los insecticidas y los enemigos naturales. Por el contrario, las pulverizaciones finas y, sobre todo los espolvoreos, son formas muy difíciles de controlar en su dispersión, esparciéndose totalmente sobre la planta o el campo, pudiendo llegar incluso a campos vecinos.

Un ejemplo clásico en nuestro medio de este tipo de manejo lo dan las alternativas para combatir al gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda), mediante aplicaciones de pulverizaciones o como granulados. Es bien conocido que la aplicación directa de granulación al cogollo, concentra la acción del insecticida en la plaga, dejando a las hojas abiertas del maíz, sin depósitos que puedan afectar a los insectos benéficos; al mismo tiempo se reduce la cantidad de ingrediente activo que se aplica por hectárea. Lo contrario sucede con las aspersiones; se moja no solamente el cogollo, sino las hojas adyacentes y se aplica mayor cantidad de insecticidas por área (Fuentes, 1969).

Las aplicaciones de insecticida al momento de la siembra, es una manera de proteger a la semilla en germinación y a la plantita tierna, contra diversas plagas subterráneas y, ocasionalmente contra plagas de la parte aérea, con mínimo efecto disruptivo de la fauna benéfica. Tal es el caso de las aplicaciones de aldrin a la semilla del maíz, para combatir al gusano de la raíz del maíz (Diabrotica spp.) y otras plagas.

Las cantidades de insecticidas distribuidas así son muy pequeñas, con frecuencia menos de 60 g de i.a./ha de compuestos clorados o fosforados para diversos cultivos de

surco (Newson, 1970). El uso de 200 g o menos de propoxur, por cada 100 kg de semilla de avena, protege a las plantitas contra el escarabajo de la hoja de los cereales por más de un mes (Ruppel *et al.*, 1970).

Muchas especies de insectos suelen preferir en forma permanente o temporal una parte determinada de la planta. En ciertos casos es posible dirigir la aplicación y dejar depósitos del producto preferentemente en estos lugares, con lo que se logra controlar la plaga que allí se encuentra, al mismo tiempo que se reduce la exposición de la fauna benéfica al insecticida. Lo contrario ocurriría con una cobertura total. Entre los ejemplos que se pueden citar están los siguientes, además de los que habíamos informado anteriormente: La aplicación localizada de sulfato de nicotina a los brotes de cítricos infestados con áfidos, mediante el uso de bombas de espalda, con lanzas portaboquillas alargadas (Beingolea *et al.*, 1969).

Las aplicaciones dirigidas a los terminales del algodón, para combatir las larvas pequeñas de *Heliothis*. El tratamiento del tercio superior de la planta de tabaco para combatir las larvas del gusano cachudo (*Manduca* sp.) que prefiere las hojas tiernas (Guthrie *et al.*, 1959).

Las aplicaciones totales de insecticidas sobre grandes áreas tienen graves efectos sobre la fauna benéfica; cuanto más extensa es el área tratada, más graves suelen ser los efectos. De manera que, en principio, deben evitarse tales aplicaciones y tender a efectuar aplicaciones parciales o restringidas. Existen diversas modalidades para lograr tales aplicaciones. Una modalidad consiste en efectuar tratamientos solamente en las áreas de mayor infestación, o sea en los "focos" de infestación. A estos tratamientos se les llama comúnmente "desmanches" y para que sean efectuados se requiere de un sistema de evaluación sistemática de las plagas en el campo (plagueo), que permita el descubrimiento y localización oportuna de los focos de infestación. Beingolea *et al.* (1969) presentan este tipo de tratamientos en el caso de los cítricos.

Otra modalidad es la aplicación de plaguicidas en franjas alternas, cuyos resultados todavía no son concluyentes, debido a la poca experimentación que se ha hecho sobre este sistema. Es indudable que la naturaleza del insecticida juega un papel importante en el resultado. Misra (1977) informa aplicaciones en franjas de 12 surcos, alternados con franjas sin tratar, en el cultivo de arroz, utilizando Cytrolane granulado y paratión en aspersiones. Los depredadores, particularmente las arañas, sobrevivieron bastante bien en el tratamiento en franjas y los rendimientos fueron algo mayores que los tratamientos totales y el testigo sin tratamiento.

El empleo de cebos tóxicos, es decir de mezclas de atrayentes con insecticidas, se acerca al uso ideal de los plaguicidas; se tiene un efecto selectivo, se utilizan pe-

queñas cantidades de ingrediente activo por hectárea y se restringe el depósito del producto al mínimo. El grado de selectividad y la eficiencia del tratamiento, depende fundamentalmente de las características del atrayente.

La utilización de aspersiones restringidas de cebos tóxicos con feromonas o sustancias atrayentes, es un método generalizado en otras partes del mundo para combatir a las moscas de las frutas. Una fórmula es la mezcla de proteína hidrolizada o melaza de caña con un insecticida, para el combate de moscas de las frutas del mango o de la papaya (Cisneros, 1981).

En áreas reducidas y aisladas, como pequeñas islas, es posible lograr hasta la erradicación de una especie, si se cuenta con un atrayente suficientemente eficiente. Tal es el caso de la erradicación de la mosca oriental de la fruta (Dacus dorsalis), en la isla de Rota, en donde se usó metileugenol, como atrayente de machos, y el insecticida naled (Steiner, et al., 1965).

Con base en cebos de Mirex es posible controlar la hormiga de fuego (Solenopsis geminata), en forma efectiva, con cantidades muy pequeñas de ingrediente activo (4 g/ha). El papel que deben jugar los plaguicidas en el MIP, sin duda irá progresivamente encasillándose en su uso selectivo. Sólo de esta manera se puede evitar o reducir los efectos negativos que se derivan de su uso masivo. El uso selectivo de los plaguicidas representa un campo muy amplio para la investigación. Sin embargo, parece que todavía no ha recibido toda la atención que merece (Cisneros, 1981).

LITERATURA CONSULTADA

- BEINGOLEA, O., SALAZAR, J. y MURAT, I. 1969. La rehabilitación de un huerto de cítricos, como ejemplo de factibilidad de aplicar sistemas de control integrado de plagas de los cítricos en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* 12(1):3-45.
- BLAIR, B.D. 1977. The importance of pesticides in successful pest management programs. In Watson, D.L. y Brown, A.W.A. (eds.), *Pesticide management and insecticide resistance*. N.Y. Academic Press, p. 505-509.
- BOTTRELL, D.S. 1979. *Integrated pest management*. Council on Environmental Quality. Superintendent of Documents, Washington, D.C. U.S. Government Printing Office. 120 p.

- CISNEROS, F.H. 1981. El uso de los pesticidas en el control integrado de plagas. In Segundo Curso Intensivo de Control Integrado de Plagas y Enfermedades Agrícolas (2-27 Febrero, 1981); Lima, Perú. Universidad Agraria La Molina. Fasc. 25, 13 p.
- CHALFONT, R.B. 1979. Action threshold for the cabbage caterpillar complex in Georgia. *Journal of The Georgia Entomological Society* 14:359-363.
- DAHLSTEN, D.L. 1983. Pesticides in an era of integrated pest management. *Environment* 25(10):45-54.
- FUENTES, G. 1969. Combate de Spodoptera frugiperda y Zea-diatraea lineolata en maíz con insecticidas granulados. Tesis Ing. Agr., San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 61 p.
- GLASS, E.H. y LIENK, S.E. 1971. Apple insect and mite populations developing after discontinuance of insecticides - 10 year record. *Journal of Economic Entomology* 64:23-26.
- GLASS, E.H. 1975. Integrated pest management: rationale, potential, needs and implementation. *Entomological Society of America Spec. Publ. No. 75-2*. 141 p.
- GLASS, E.H. 1976. The principles and philosophy of pest management. In UC/AID Pest Management Training Workshop for Entomologists. Cornell University & North Carolina State University (July 18-August 27, 1976). p. 34-39.
- GUTHRIE, F.E., RABB, R.L., BOWERY, T.G., GAWSON, F.R. y BARON, R.L. 1959. Control of hornworms and budworms on tobacco with reduced insecticide dosage. *Tobacco Science* 4:65-68.
- KLASSEN, W. Pest management strategies. 1977. In IAEA/FAO International Training Course on Use of Radiation and Isotopes in Entomology, with Special Reference to Pest Management and the Sterile Insect Technique (July-August, 1977). University of Florida, Gainesville. 67 p.
- KNABE, E.L. 1975. Pluck a thistle and thistle and plant a flower. *Weed Science* 23:246-252.

- LEEPER, J.R. y ANDALORO, T. 1984. Future directions in integrated pest management. In English, B.C. et al. (eds.). Future Agricultural Technology and Resource Conservation. Iowa State University Press. p. 408-420.
- LINDUSKA, J.J. 1982. Control of colorado potato beetles in direct seeded tomatoes with systemic insecticides, 1981. Insecticide Acaricide Tests 7:119.
- LUCKMANN, W.H. y METCALF, R.L. 1975. The pest-management concept. In Metcalf, R.L. y Luckmann, W.H. (eds.). Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons. pp. 3-35.
- METCALF, R.L. 1975. Insecticides in pest management. In Metcalf, R.L. y Luckmann, W.H. (eds.). Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons. p. 235-273.
- MISRA, U.S. 1977. Insecticidal sprays in alternate strips protect spider predators in paddy; International Rice Research Newsletter 2(1):9.
- MÜLLIN, C.A. y CROFT, B.A. 1985. An update on development of selective pesticides favoring arthropod natural enemies. In Hoy, M.A. y Herzog, D.C. (eds.). Biological Control in Agricultural IPM Systems. N.Y., Academic Press Inc., pp. 123-150.
- NEWSON, L.D. 1970. The end of an era and future prospects for insect control. Proc. Tall Timber Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management 2:117-136.
- NEWSON, L.D. 1979. Role of pesticides in pest management systems. In Sheets, T.J. y Pimentel, D. (eds.). Pesticides: Contemporary Roles in Agriculture, Health, and Environment. Clifton, New Jersey. The Humana Press, p. 151-173.
- SOUTHWOOD, T.R.E. y WAY, M.J. 1970. Ecological background to pest management. In Rabb, R.L. y Guthrie, F.E. (eds.). Concepts of Pest Management. Raleigh, North Carolina State University, pp. 6-29.
- RIPPER, W.C. et al. 1951. Selective insecticides and biological control. Journal of Economic Entomology 44:448-459.

- PUPPEL, R.F., VELARDE, J. y TAYLOR, S.L. 1970. Integrated control of the cereal leaf beetle. Michigan State University Research Report 122:5-6.
- SHELTON, A.M. et al. 1982. Effects of cabbage looper, imported cabbageworm, and diamondback moth on fresh market and processing cabbage. Journal of Economic Entomology 75:742-745.
- SHEPARD, M. (ed.). 1973. Insect pest management. MSS Information Corp., N.Y. 269 p.
- SHERROD, D.W. y FRANCIS, J.A. 1982. Foliar sprays to control european corn borer and corn earworm in sweet corn. 1981. Insecticide Acaricide Tests 7:88.
- SMITH, R.F. 1976. History of insect control and the role of pest management in international agriculture. In UC/AID Pest Management Training Workshop for Entomologists.. Cornell University & North Carolina State University (July 18-August 27, 1976). pp. 27-34.
- STERN, V., SMITH, R.F., van den BOSCH, R. y HAGEN, K.S. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29(2):81-101.
- STEINER, L.F., MITCHELL, W.C., HARRIS, E.J., KOZUMA, T.T. y FUJIMOTO, M.S. 1965. Oriental fruit fly eradication by male annihilation. Journal of Economic Entomology 58:961-964.
- UNTERSTENHOFER, G. 1970. Fitosanidad integrada desde el punto de vista de la investigación de productos fitosanitarios de la industria química. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 23(4):280-289.
- WILHELM, S. 1976. The agroecosystem: A symplified plant community. In Apple, J.L. y Smith, R.F. (eds.). Integrated Pest Management, N.Y. Plenum Press, pp. 59-70.

// UTILIZACION DE CONTROL ETOLOGICO

✓
Angel A. Chiriv

INTRODUCCION

Durante las últimas dos décadas, la posibilidad de manipular el comportamiento de plagas insectiles e insectos benéficos mediante el uso de mediadores químicos ha adquirido un lugar novedoso y prometedor entre los recursos disponibles al manejo integrado de plagas. Esto se debe principalmente a los logros en el área de comunicación química insectil y a los recientes avances en la tecnología de la química analítica que han facilitado enormemente la identificación y el trabajo con compuestos que actúan o solo se pueden obtener en cantidades ínfimas. En esta ocasión se discutirán los elementos básicos de la comunicación química y su uso actual y potencial en beneficio de la fitoprotección.

COMUNICACION QUIMICA: PRINCIPIOS Y TERMINOLOGIA

Los insectos se desenvuelven en su medio ambiente respondiendo en forma característica, y a menudo estereotípica, a una diversidad de señales o estímulos visuales, físicos y químicos. Aquellos compuestos químicos que emanan de un organismo y actúan en otro evocando una determinada respuesta juegan un papel crucial como reguladores del comportamiento insectil (Shorey, 1977) y se han denominado semioquímicos. Los semioquímicos se han definido y clasificado principalmente dentro de un contexto de funcionalidad. (Cuadro No. 1). Entre éstos, los grupos que tienen el mayor potencial en la manipulación etológica de insectos son las feromonas, kairomonas y alomonas. Este trabajo enfatizará en feromonas y kairomonas, ya que el tema de la utilización de alomonas vegetales encaja mejor dentro del área del uso de variedades resistentes.

El término feromona fue utilizado por primera vez por Karlson y Luscher (1959) para describir a aquellos mediadores químicos que actúan a nivel intra-específico, es decir, entre dos o más individuos de la misma especie. Por otro lado, Brown et al. (1970) acuñaron el término kairomona para designar a los mediadores químicos que actúan a nivel inter-específico (entre individuos de diferentes especies)

*Entomólogo, Manejo Integrado de Plagas. Oficina Regional para Centro América de la Agencia Internacional para el Desarrollo (ROCAP-AID). San José, Costa Rica.

cuya acción beneficia a la especie receptora. De igual manera, se denominaron alomonas aquellos mediadores químicos inter-específicos cuya acción beneficia a la especie emisora (Brown, 1968). De acuerdo a estas definiciones, un volátil químico que emane del organismo 1 (presa) y sea utilizado por el organismo 2 (depredador) como atrayente o señal para localizar al organismo 1 constituye una kairomona para el organismo 2. Así mismo, una sustancia química que emane del organismo 1 (presa) y que repela o irrita al organismo 2 (depredador) constituye una alomona para el organismo 1. Aunque este sistema de clasificación ayuda a comprender y distinguir las diversas interacciones químicas entre organismos, en muchos casos resulta insuficiente e inadecuado, ya que un semioquímico puede tener más de una función aleloquímica, u operar tanto a nivel intra-específico como inter-específico. Por ejemplo, la feromona de una especie puede ser interceptada y utilizada como kairomona por otra especie. Así tenemos el caso en que parasitoides del género Aphytis son atraídos por las feromonas sexuales de su hospedero Aonidiella aurantii (Sternlicht, 1973). Una situación parecida se presenta con depredadores y parasitoides de gorgojos del pino (Scolytidae), los cuales son atraídos por las feromonas de agregación de estos últimos y los terpenoides provenientes de las heridas del árbol atacado (Rice, 1969; Camors y Paine, 1972, 1973). También se da el caso en que el parasitoide Opius lectus utiliza la feromona con que Rhagoletis pomonella (Tephritidae) marca las frutas donde oviposita para localizar las larvas de su hospedero (Prokopy y Webster, 1978). Es inevitable que a medida que aumente el grado de conocimiento sobre las interacciones químicas entre organismos, el sistema de clasificación actual irá evolucionando de igual manera.

COADAPTACION QUIMICA ENTRE PLANTAS E INSECTOS

Prácticamente todas las plantas contienen o acumulan una variedad de compuestos químicos que no forman parte esencial de su metabolismo primario. Estos se conocen como compuestos vegetales secundarios y tienen un papel primordial como mecanismos de defensa contra otros organismos. Entre los compuestos secundarios figuran ácidos fenólicos, terpenoides, esteroides, alcaloides y cianuros orgánicos. Algunas plantas emiten terpenoides, fenoles y otros compuestos que tienden a inhibir el desarrollo de plantas de otras especies, lo cual se conoce como alelopatía (Whittaker y Feeny, 1971; Newman, 1978), pero la función principal de los compuestos secundarios es indudablemente proteger a muchas plantas contra herbívoros en general, dado su carácter repelente, irritante o altamente tóxico (Fraenkel, 1959; Rhoades, 1979), es decir actúan como alomonas.

Cuadro No. 1. Clasificación de las sustancias químicas más comunes que modifican el comportamiento animal².

<p>sustancia química que produce una acción fisiológica o etológica en un organismo</p>	<p>Es producida por glándulas endocrinas y actúa en el mismo organismo que la origina: <u>Hormona</u></p>	<p>Sirve como medio de comunicación entre individuos de la misma especie: <u>Feromona</u></p>	
	<p>Es producida de diversas maneras en un organismo, pero actúa en otros organismos: <u>Semioquímico</u></p>	<p>Sirve como medio de comunicación entre individuos de diferentes especies: <u>Aleloquímico</u></p>	<p>Su acción beneficiosa a la especie emisora: <u>Alomona</u></p> <p>Su acción beneficiosa a la especie receptora: <u>Kairomona</u></p> <p>Su acción beneficiosa a ambas especies: <u>Sinomona</u></p>

Ciertos insectos han respondido evolutivamente a estas defensas desarrollando a su vez mecanismos enzimáticos de detoxificación que les permite alimentarse de las plantas más irritantes o tóxicas sin sufrir daño (Whittaker y Feeny, 1971; Van Emden, 1978). Un insecto que penetra las defensas químicas de una de estas plantas tiene a su disposición una fuente alimenticia exclusiva, no disponible a la vasta mayoría de otros insectos fitófagos. Sin embargo, en el proceso modifica sus hábitos alimenticios y de políforo pasa a ser monóforo, si se alimenta exclusivamente de una especie de planta, o estenóforo, si se especializa en una familia. A menudo, estos insectos también utilizan compuestos secundarios de sus plantas hospederas como atrayentes (kairomonas) y fago-estimulantes. Por ejemplo, el áfido Brevicoryne brassicae pertenece a un grupo de insectos taxónicamente no relacionados que se alimentan exclusivamente de plantas de la familia de las Crucíferas. B. brassicae es atraído por aceites de mostaza que emanan de plantas crucíferas, mientras que el sinigrin, un glicósido de aceite de mostaza, le sirve como fago-estimulante (Nault y Styer, 1972). Estos mismos aceites son potentes irritantes y disuasivos de alimentación para otros herbívoros. En este caso, las alomonas de una planta se convierten en kairomonas para el áfido. Otro aceite de mostaza, isotiocinafo alílico, operando en un nivel trófico más alto atrae al parasitoide Diaretella rapae (Braconidae), quien parasita al áfido (Read et al., 1970).

Un grupo de compuestos secundarios, los terpenoides, tiene un papel importante como precursor de semioquímicos (Whittaker y Feeny, 1971; Hendry et al., 1975, 1976). Los terpenoides se originan de cadenas de isopreno, el que a su vez es un derivado del metabolismo de azúcares. Mentol, alcanfor, geraniol y alfa-pireno son todos mono-terpenoides bastante comunes. Los esteroides, que son generalmente precursores de hormonas y feromonas insectiles, se derivan del di-terpenoide farnesol. Por ejemplo, alfa-pireno es rápidamente convertido a la feromona de agregación verbenone por el bacterium Bacillus cereus que habita en el aparato digestivo del gorgojo del pino Ips paraconfusus (Brand et al., 1975). El bacterium, que tiene una asociación simbiótica con el gorgojo, contribuye así al éxito de ambos al contribuir al ataque en masa de los pinos seleccionados por las vanguardias de gorgojos pioneros.

FEROMONAS

El uso de feromonas como medio de comunicación intra-específico es muy común entre los insectos, alcanzando su más alto grado de complejidad en las especies sociales. La primera feromona insectil fue aislada por Butenandt et al.

(1959), quienes al cabo de veinte años de trabajo, durante los cuales procesaron medio millón de adultos del gusano de seda, Bombyx mori, obtuvieron 0.012 g de bombykol. El trabajo del grupo de Butenandt fue lento en extremo porque tuvo que trabajar con técnicas analíticas hoy consideradas anticuadas. Actualmente, mediante la utilización de metodologías analíticas sofisticadas, es posible trabajar con cantidades diminutas, lo que ha simplificado y agilizado la labor de aislar, identificar y sintetizar feromonas. Es así que solo en el orden Lepidoptera se han identificado hasta la fecha feromonas de más de 200 especies.

4.1 Características

Químicamente, las feromonas consisten de una a varias moléculas, cada una conformada por entre 5 y 20 carbonos (Silverstein, 1981). Algunas feromonas, como las del picudo del algodón, Anthonomus grandis y la polilla gitana, Porthetria dispar, consisten de una sola molécula. Sin embargo, en la mayoría de los casos las feromonas tienden a ser mezclas de moléculas, en las que la relativa proporción de cada una tiene un alto grado de especificidad (Silverstein y Young, 1976). Del mismo modo, la respuesta de un insecto a una feromona es sumamente específica en cuanto a detección de concentraciones y combinaciones de moléculas.

Los insectos perciben las feromonas, que actúan en bajísimas concentraciones, mediante quemoreceptores y que se localizan en diversas partes del cuerpo, y que pueden ser tipo placas, sencillas o setas (Seabrook, 1977). Por ejemplo las antenas plumosas de los machos adultos de Lepidoptera poseen gran cantidad de receptores diseñados para percibir feromonas sexuales emitidas por las hembras. Cuando una feromona consiste de varias moléculas existe un tipo específico de quemoreceptor para cada una de éstas. Un mínimo número de receptores tiene que ser estimulado antes que un insecto pueda responder etológicamente a una feromona. Este "umbral de respuesta" es necesario para evitar que el insecto sea confundido o excesivamente estimulado por vestigios de feromonas presentes en el medio.

Las feromonas que median algún tipo de comunicación a larga distancia, como las feromonas sexuales y de agregación de especies aladas, son sumamente volátiles y al ser transportadas por el viento pueden actuar en el organismo receptor a varios cientos de metros. Es así que para que un insecto pueda percibir y responder correctamente a una feromona de este tipo, necesariamente debe encontrarse situado bajo la corriente del viento, con relación a la fuente de emisión. Al percibir la feromona, el insecto entonces vuela en contra del viento hasta llegar cerca de su origen, lo cual involucra por lo menos dos mecanismos de orientación, quemotaxis (orientación hacia un estímulo químico) y anemo-

taxis (orientación en contra del viento). Existen diversos tipos de bioensayos para estudiar el comportamiento insectil en presencia de feromonas (Kennedy, 1977). Los bioensayos más frecuentemente usados incluyen túneles de aire, que son cámaras que permiten volar a un insecto en contra de una corriente de aire que porte la feromona, y diversos tipos de olfactómetros, en los que se les da a escoger al insecto entre dos corrientes de aire, una con la feromona y la otra sin ella, o entre varias corrientes de aire, cada una portando diversas concentraciones, isómeros u homólogos de una feromona. En el laboratorio, es también posible medir los diversos grados de actividad en los quimiorreceptores de una antena en respuesta a un estímulo olfatorio mediante el uso del electroantenograma. Este consiste en conectar microelectrodos a la antena de un insecto, y a su vez éstos a un osciloscopio. En seguida se pasa una corriente de aire portando un compuesto químico cuya actividad feromonal se desee probar, y la respuesta de la antena puede ser observada y analizada en el osciloscopio. A nivel de campo, es posible probar la actividad feromonal de cualquier sustancia química mediante el uso de diversos tipos de trampas especialmente diseñadas para el caso, cuya efectividad se mide siempre en relación a trampas testigo.

Wilson y Bossert (1963) reconocieron dos grupos de feromonas: alistadoras y liberadoras. Las primeras son aquellas que no tienen un efecto inmediato, pero actúan en el sistema endocrino y preparan al organismo para alguna actividad biológica futura. Por ejemplo, en su fase migratoria ciertas langostas emiten una feromona que actúa en las ninfas de su especie de modo que éstas se desarrollen acelerada y sincronizadamente, también en la fase migratoria, cuyas características morfológicas y etológicas son bastante diferentes a las de la fase sedentaria. Las segundas actúan como un estímulo que evoca una respuesta etológica específica e inmediata en el organismo receptor. Todas las feromonas que a continuación se discuten pertenecen a este segundo grupo.

Feromonas de reconocimiento. Son utilizadas por las especies de insectos sociales y proveen un medio para que los individuos pertenecientes a una determinada colonia se reconozcan entre sí y excluyan, repelen o ataquen a miembros de otras colonias de la misma especie o individuos de especies afines.

Feromonas de espaciamiento. Ciertos insectos que ocupan habitats reducidos o utilizan fuentes alimenticias limitadas emiten feromonas de carácter repelente y que inducen dispersión cuando su densidad poblacional pasa de ciertos límites. A medida que la densidad del gorgojo de la harina, Tribolium confusum va aumentando con relación al medio su distribución va cambiando de agregada a uniforme. Esto se debe a que bajo condiciones de altas densidades poblacionales el gor-

gojo secreta quífonos de efecto repelente (Naylor, 1959). En un caso similar, la larva de la polilla de la harina Anagasta kuhniella secreta una feromona de sus glándulas maxilares cuando sus poblaciones alcanzan densidades altas, lo cual conduce a su dispersión (Corbet, 1971).

Feromonas de agregación. La función de estas feromonas es atraer individuos de ambos sexos a un área determinada, generalmente para explotar mejor una fuente alimenticia o por ser de algún modo ventajoso para el insecto el congregarse en un lugar determinado. Por ejemplo, la feromona que produce el macho del picudo del algodón, Anthonomus grandis atrae a ambos sexos, lo cual concentra sus poblaciones en áreas donde abunden sus plantas hospederas, tales como el algodonnero. La feromona, que se encuentra en la excreta del picudo, consiste de cuatro componentes, dos alcoholes terpenoides y dos aldehidos terpenoides. Ciertos gorgojos del pino, familia Scolytidae, conducen ataques en masa contra árboles, debilitados por otros factores, que son justamente propiciados por la liberación de hormonas de agregación. En el caso de Dendroctonus brevicornis, la feromona consiste de un componente producido por el macho, uno producido por la hembra y un tercero por el árbol atacado. La feromona de agregación de Scolytus multistriatus consiste de dos componentes, uno producido por la hembra y el otro por el árbol atacado, mientras que en el caso de Ips multistriatus la feromona tiene tres componentes, todos producidos por el macho (Silverstein, 1981). Todas estas feromonas son muy volátiles y atraen a los gorgojos desde una distancia considerable. Otro tipo de feromona de agregación es producida por la cucaracha casera Blattella germanica, que las induce a agregarse en lugares ya frecuentados por individuos de esta especie (Ishii, 1970).

Feromonas de reclutamiento, alarma y agresión. Debido a que algunas feromonas pueden tener múltiples funciones, de acuerdo a las circunstancias presentes en el instante de su liberación (Shorey, 1976), es a veces difícil incluirlas en categorías específicas. En los insectos sociales la misma feromona puede mediar agregación, alarma y agresión. Feromonas de reclutamiento son aquellas utilizadas por insectos sociales para atraer individuos de una determinada colonia para algún fin específico, tal como la defensa contra algún organismo intruso. Estas hormonas tienen un bajo peso molecular y por consiguiente son bastante volátiles. Por ejemplo, en la vecindad del apiario la abeja doméstica, Apis mellifera responde a perturbaciones liberando por el orificio del compartimiento que encierra el aguijón acetato isoamílico que atrae a sus compañeras y también propicia el ataque de cualquier intruso. Por su lado, la abeja sin aguijón, Trigona spp. emite, bajo circunstancias parecidas, pequeñas cantidades de citral para el mismo fin. Cuando las hormigas cosechadoras del género Pogonomyrmex se encuentran en situaciones amenazadoras liberan una feromona que forma

una esfera odorífera de 6 cm. de diámetro, cuyo exterior atrae a otros miembros del hormiguero y cuyo interior causa alarma e incita al ataque (Wilson, 1958). Es fácil observar el comportamiento de alarma y agresión en hormigas del género Solenopsis triturando algunos individuos, lo que libera feromonas de alarma, y dejándolos caer directamente sobre un hormiguero activo.

Feromonas de antiagregación. Algunos insectos que se desarrollan en situaciones en que la fuente alimenticia es muy limitada marcan con feromonas los sitios donde ovipositan, lo que tiene por objeto disuadir otras posturas y permitir que su progenie tenga una fuente alimenticia adecuada para completar su desarrollo. Estas feromonas se conocen como marcadores o disuasivos de oviposición y son utilizadas por moscas de la familia Tephritidae como Anastrepha, Rhagoletis y Ceratitis quienes marcan las frutas donde oviponen, asegurando así una mejor distribución de recursos alimenticios para su progenie (Prokopy, 1972; Prokopy et al. 1978). De manera similar, algunas avisvas parasitoides de la superfamilia Chalcidoidea, como Phaeogenes spp., Trichogramma spp. y Telenomus spp., marcan sus hospederos interna o externamente con feromonas para disuadir otras posturas y así evitar el superparasitismo (Salt, 1937; Rabb y Bradley, 1970; Bragg, 1974).

Feromonas marcadoras de senderos. Hormigas de los géneros Atta, Formica y Solenopsis utilizan feromonas para trazar senderos por donde éstas transitan. El caso de S. saevissima ha sido documentado por Wilson y Bossert (1963). Al localizar una fuente alimenticia, estas hormigas marcan con el aguijón un sendero que consiste de una serie de microgotas de la feromona y que sirve como guía para que otras puedan localizar el alimento. El sendero trazado por una sola hormiga tiene una duración máxima de dos minutos, al cabo de los cuales se desvanece. En este lapso las hormigas pueden viajar un máximo de 40 cm. La cantidad de feromona depositada es directamente proporcional a la cantidad de alimento disponible, de modo que el sendero no solo sirve como recurso de orientación sino también como medio de información sobre la cantidad de alimento disponible en un momento dado. Las hormigas solo depositan la feromona cuando han sido recompensadas con un mínimo de botín, de modo que a medida que este se va agotando menos hormigas marcan el sendero al regresar y menos de ellas lo siguen, hasta que este desaparece por completo junto con el alimento recolectado.

Feromonas sexuales. En muchos insectos los individuos de un sexo emiten una feromona que modifica el comportamiento de los individuos del sexo opuesto en tal forma que se facilita el apareamiento. Probablemente las feromonas sexuales de lepidoptera son las que más se han estudiado, y las que más aplicación práctica han tenido (Bartell, 1977; Silverstein, 1981). En este orden es generalmente la hembra

quién produce la feromona, que suele atraer a los machos desde considerables distancias. Al percibir la feromona con los quemoreceptores de sus antenas, el macho responde volando en contra del viento y siguiendo la señal odorífera hacia su origen. Si durante el vuelo el macho pierde contacto con la feromona, inmediatamente inicia un vuelo aparentemente errático y que se ha descrito como en forma de zig-zag, hasta volver a hacer contacto con ella. Cuando llega cerca de la fuente de emisión, donde la concentración de la feromona es máxima, el macho se detiene y se inicia algún tipo de comportamiento sexual que culmina en la cópula. En algunos casos el macho expone unas glándulas en forma de pinceladas de las cuales emana otra feromona sexual que actúa en la hembra y la prepara para recibirlo.

El uso de feromonas en el MIP. La búsqueda de aplicaciones prácticas para las feromonas insectiles se inició hace más de dos décadas. Hasta la fecha su uso en programas MIP se limita básicamente a las siguientes tres categorías: muestreo o indicación de presencia, capturas en masa, y interrupción de apareamiento (Minks, 1977), mediante el uso de feromonas sexuales o de agregación.

Hasta hoy, el uso más efectivo, que se ha encontrado para las feromonas es en el muestreo o vigilancia de poblaciones insectiles y en la determinación de la presencia de un insecto en un momento dado, mediante el uso de trampas (Silverstein, 1981). Una trampa de feromona es simplemente una imitación de un insecto en el acto de emitir feromonas. La trampa consiste de dos componentes, un dispensador de la feromona y un dispositivo diseñado para capturar los insectos atraídos. Se puede construir una trampa rudimentaria confinando en una jaula a uno o más insectos que estén emitiendo feromonas y utilizando algún material pegajoso para capturar los insectos que se acerquen. Las trampas que se usan a nivel comercial son el producto de largos procesos de diseño y numerosas pruebas de campo. Estas trampas pueden ser de varios tipos, pero todas incluyen los dos componentes citados. De estos el más crítico es la feromona, que tiene que estar disponible en forma sintética y rentable para que sea posible su empleo a nivel comercial.

El uso de trampas de feromonas como técnica de muestreo se dificulta por el gran número de factores que pueden afectar su efectividad en un momento dado. Factores como velocidad del viento, luz lunar, temperatura, diseño, posición y densidad de las trampas, edad y estado fisiológico del adulto, densidad poblacional y otros modifican la respuesta del insecto (Minks, 1977) de tal modo que a menudo es muy difícil interpretar correctamente los datos de captura obtenidos. Por tal motivo, su uso como medio para obtener un índice relativo de densidad poblacional tiene que estar respaldado por estudios que establezcan la relación existente entre números de insectos capturados por trampa en un determinado período y densidad poblacional relativa o abso-

luta, determinada por otros medios y bajo diversas condiciones. Si esta relación no ha sido claramente definida, los datos proporcionados por las trampas pueden carecer de validez. Este uso de feromonas insectiles tiene gran utilidad en la toma de decisiones para efectuar medidas correctivas contra insectos plaga y ha contribuido así a reducir el número de aplicaciones químicas en numerosos cultivos.

En Centro América trampas de feromonas se usan regularmente en programas de manejo integrado de plagas de algodón para detectar y vigilar poblaciones del picudo del algodón, Anthonomus grandis. También se ha experimentado con trampas de feromona de la polilla de la papa, Scrobipalopsis solanivora en Costa Rica, como medio de vigilancia. Igualmente, el atrayente sintético trimedlure (Beroza et al., 1961) es utilizado regularmente en Centro América para vigilar poblaciones del tefrítido Ceratitis capitata. Como medio para detectar la presencia del temible gorgojo Khapra, Trogoderma granarium, una de las plagas más devastadoras de granos almacenados, se ha puesto en práctica en muchos barcos y centros de almacenamiento a nivel mundial el uso de trampas de feromona como medida cuarentenaria.

La técnica de supresión de apareamiento, también conocida como de confusión de los machos, se basa en la liberación de feromonas sexuales adecuadamente formuladas durante el período de apareamiento de un insecto, de modo que interfiera con el sistema natural de comunicación química entre los sexos como preludeo a la reproducción. Inicialmente desarrollada por Gaston et al. (1967), ha tenido resultados favorables en el control del gusano rosado del algodón, Pectinophora gossypiella en el sur-oeste de los Estados Unidos (Shorey et al. 1976). La feromona, gossyplure, se distribuye en los algodones en pequeños dispensadores diseñados para emitirla en concentraciones similares a las producidas por las hembras de P. gossypiella. Estos dispensadores "compiten" con las hembras, produciendo guías falsas e interfiriendo con su ubicación. Además, la gran concentración de la feromona probablemente produce habituación en el macho, añadiendo así a su desorientación con respecto a la hembra.

Casi todos los ejemplos del uso de trampas de feromonas como medio directo para reducir las poblaciones de un insecto provienen de programas de control de plagas forestales, tanto a nivel experimental como comercial. Probablemente el programa más ambicioso jamás intentado se llevó a cabo en Noruega y Suecia en 1979 contra el gorgojo del pino, Ips typographus, el que causó la muerte de siete millones de abetos debilitados por tres años de sequía en el sur de Noruega. Entre 1979 y 1980 se utilizaron alrededor de un millón de trampas de feromona para capturar 7,400 millones de gorgojos, a un costo de 23 millones de dólares durante el primer año, con resultados algo inciertos (Silverstein 1981).

KAIROMONAS

La vasta mayoría del conocimiento actual sobre kairomonas insectiles provienen de estudios efectuados con himenopteros parasitoides. Los insectos parasitoides localizan a sus hospederos mediante la percepción de señales visuales, físicas y químicas presentes en el medio ambiente, en combinación con movimientos al azar. Entre estas señales, probablemente los mediadores químicos o kairomonas juegan el papel más importante en las diversas etapas del proceso de búsqueda y selección del hospedero (Mathews, 1974; Vinson 1976, 1977). En general, las kairomonas pueden ser percibidas por los parasitoides a larga distancia, a corta distancia y por contacto directo (Vinson 1976; Lewis *et al.* 1976). Las kairomonas que actúan a larga distancia tienen un bajo peso molecular, son muy volátiles y generalmente son utilizadas por los parasitoides para localizar el habitat de su hospedero. En esta categoría se encuentran terpenoides, alcoholes, aldehídos y feromonas insectiles. Las kairomonas percibidas a corta distancia median la localización del hospedero mismo, tienen un alcance de unos pocos centímetros y su peso molecular tiende a ser mayor que las del grupo anterior. Por ejemplo, la excreta de la larva de *Phthorimaea operculella* contiene ácido heptandico que se origina en la papa que ésta ingiere. El parasitoide larval, *Orgilus lepidus* localiza a *P. operculella* guiándose por el ácido, que aparentemente solo puede detectar a corta distancia (Hendry *et al.*, 1973). Finalmente las kairomonas que actúan por contacto directo tienen muy poca volatilidad, un alto peso molecular y son percibidas sólo cuando hay contacto directo con quemoreceptores localizados en las antenas y/o tarsos. Estas kairomonas son utilizadas en la ubicación final, reconocimiento y discriminación del hospedero. Algunas, como tricosano, son cadenas simples de hidrocarburos que se encuentran en la cutícula o escamas del hospedero. Ciertas kairomonas de contacto que se encuentran en escamas de lepidópteros incitan un comportamiento de búsqueda intensiva y localizada en algunos parasitoides, lo que tiende a concentrar esta actividad en áreas donde pudiera ser más prometedora (Vinson, 1965; Lewis *et al.* 1972; Vinson, 1975; Chiri y Legner, 1982).

Extracción y bioensayos

Al igual que las feromonas, las kairomonas actúan a niveles de nanogramo (10^{-9} g) y aún de picogramo (10^{-12} g). Si la concentración es demasiado baja, la kairomona no es percibida; si es demasiado alta, el efecto puede ser de repelencia en vez de atracción o estímulo. El material activo

se extrae de la fuente de origen (cutícula, escamas, seda, huevos, ootecas, excreta, etc. del hospedero) remojando, macerando, u homogenizando este último en solventes de polaridad apropiada. Durante los intentos iniciales de extracción se prueban solventes de diversas polaridades hasta encontrar el más efectivo en extraer la kairomona. Por ejemplo, tricoseno, el componente más activo en la kairomona que incita un comportamiento de búsqueda en Trichogramma evanescens, se extrae fácilmente de las escamas de Heliothis virescens mediante lavados y filtraciones múltiples o extracción tipo Soxhlet con hexano (Lewis et al., 1972; Jones et al., 1973). Igualmente kairomonas que incitan un comportamiento de búsqueda en tres especies de parasitoides del género Chelonus, han sido fácilmente extraídas con hexano de escamas de seis especies de lepidópteros (Chiri y Legner, 1986; 1985). El siguiente paso es la caracterización química del material activo. A diferencia de las feromonas insectiles, relativamente pocas kairomonas se han llevado a este nivel de identificación.

La selección de un bioensayo apropiado para determinar si un material químico tiene actividad kairomonal depende de su volatilidad. Los materiales volátiles se someten a prueba con diversos tipos de olfactómetros, en los que se les da a escoger al insecto entre corrientes de aire que porten o no el material químico. Aunque los resultados obtenidos por este método son fácilmente cuantificables, la confiabilidad de los mismos varía mucho con el tipo de olfactómetro que se utilice (Kennedy, 1977). Bien diseñada, ésta es una técnica útil que da resultados preliminares relativamente rápidos. Cuando el material que se desea probar tiene poca volatilidad, el bioensayo consiste de observaciones cuantificadas y pruebas de preferencia múltiple, en cámaras especialmente diseñadas. Un método bastante efectivo con parasitoides consiste en depositar una gota (0.01-0.001 ml) de una solución del material en el centro de un disco de papel filtro, y una vez evaporado el solvente, se coloca el disco en un plato petri. En seguida se introduce un parasitoide, el cual se observa hasta que haga contacto con el área tratada y la respuesta (o ausencia de ella) se anota entonces en forma cuantificada (Vinson, 1975; Chiri y Legner, 1982). Para determinar la concentración óptima y el umbral y ámbito de detección, el extracto original se concentra por evaporación y después se diluye serialmente. Cada dilución se somete entonces al bioensayo mencionado.

Uso de Kairomonas en el MIP

Los principales esfuerzos hasta hoy realizados con kairomonas en el MIP se han concentrado en la manipulación de avispas parasitoides del género Trichogramma (Lewis et al., 1972; Gross et al., 1975; Lewis et al., 1975; Jones et

al., 1976; Lewis et al., 1979) y el depredador Chrysopa carnea (van Emden y Hagen, 1976; Hagen et al., 1976; Nordlund et al., 1977). Una vez demostrado por Lewis et al. (1972) que I. evanescens responde al contacto con kairomonas en escamas de Heliothia virescens iniciando un comportamiento de búsqueda intensiva, se intentó utilizar estas kairomonas para aumentar su efectividad como parasitoide. Mediante la aspersión foliar de escamas, extractos de escamas y el componente más activo de la kairomona, tricosano, se logró aumentar significativamente pero no dramáticamente el nivel de parasitismo de huevos de Heliothis spp., tanto a nivel de invernadero como de campo. Jones et al. (1976) atribuyen estos resultados a las siguientes modificaciones en el comportamiento de Trichogramma: (1) activación inmediata del comportamiento de búsqueda intensiva; (2) retención en el campo por un mayor tiempo; (3) mejor distribución de los huevos del parasitoide al ser éste estimulado a utilizar menos tiempo por hospedero y, consecuentemente, a depositar menos huevos en cada uno de ellos; (4) mejor establecimiento del parasitoide al evitarse una rápida dispersión en el momento de su liberación en el campo, mediante su contacto previo con la kairomona. Esta técnica no ha sido aún perfeccionada, pero tiene aspectos prometedores. Factores como tipo y concentración de la kairomona, tamaño y distribución de la gota, cobertura parcial o total del follaje, etc., afectan su efectividad, y aún podría interferir con el proceso normal de búsqueda en el parasitoide.

Aunque Chrysopa carnea también responde a kairomonas en las escamas y huevos de Heliothis zea (Lewis et al., 1977; Nordlund et al., 1977), la investigación de esta interacción a nivel de campo ha sido mínima. Por otro lado, se ha demostrado que es posible extraer a este depredador a campos tratados con el aminoácido triptofano, normalmente presente en la mielecilla de áfidos (Hagen et al., 1976).

CONCLUSIONES

La manipulación de insectos mediante el uso de semioquímicos, aunque promete mucho, aún está en su infancia. Nuestro entendimiento de los mecanismos inherentes a la interacción química entre insectos -que es base esencial para cualquier aplicación práctica que se desee intentar- todavía es muy limitada, sobre todo en lo referente a kairomonas. El uso de feromonas tiene ya un lugar establecido en el MIP como instrumento de muestreo y vigilancia de insectos plaga. Su utilidad para reducir directamente poblaciones insectiles mediante capturas en masa o interferir con el apareamiento no ha sido firmemente establecida, aunque probablemente se aplicará con éxito en casos limitados. Igualmente, su utilización para concentrar insectos en determinadas áreas para su fácil destrucción representa otra técnica que podría

tener mayor aplicación en el futuro. La utilidad potencial de kairomonas en el MIP, por el momento y a mediano plazo, es aún más limitada, y radica principalmente en contribuir al mejor establecimiento inicial de parasitoides en programas de liberaciones inundativas o inoculativas, y servir como medio para concentrar insectos depredadores en lugares determinados.

LITERATURA CONSULTADA

- BARTELL, R.J. 1977. Behavioral responses of Lepidoptera to pheromones. In Shorey, H.H. and Mc. Kelvey, J.J., eds. Chemical control of insect behavior. New York. Wiley, pp. 201-213.
- BRAGG, D.F. 1974. Ecological and behavioral studies of Phaeogenes cynarae: ecology, host specificity; searching and oviposition; and avoidance of superparasitism. Ann. Entomol. Soc. Am. 67:931-936.
- BRAND, J.M., BRACKE, J.W. MARKOVETZ, A.J. WOOD, D.L. and BROWNE, L.E. 1975. Production of verbenol pheromone by a bacterium isolated from bark beetles. Nature 254:136-37.
- BROWN, W.L. 1968. A hypothesis concerning the functions of the metapleural glands in ants. Am. Natur. 102:188-191.
- BROWN, W.L. Jr., EISNER, T. and WHITTAKER, R.H. 1970. Allomones and kairomones: transpecific chemical messengers. Bioscience 20(1):21-22.
- BUTENANDT, A., BECKMANN, R., STAMM, D. und HECKER, E. 1959. Über den Sexual-Lockstoff des Seidenspinners Bombyx mori. Reindarstellung und Konstitution. Z. Naturforsch. 14:283-284.
- CAMORS, F.B., Jr., and PAYNE, T.L. 1972. Response of Heydenia unica (Hymenoptera: Pteromalidae) to Dendroctonus frontalis (Coleoptera: Scolytidae) pheromones and a host-tree terpene. Ann. Entomol. Soc. Am. 65:31-33.
- CAMORS, F.B., Jr., and PAYNET L. 1973. Sequence of arrival of entomophagous insects of trees infested with the southern pine beetle. Environ. Entomol. 2(2):267-70.
- CORBET, S.A. 1971. Mandibular gland secretion of larvae of the flour moth, Anagasta kuehniella, contains an epideictic pheromone and elicits oviposition movements in hymenopteran parasite. Nature 232:482-84.

- CHIRI, A.A. and LEGNER E.F. 1982. Host-searching kairomones alter behaviour of Chelonus sp. nr. curvimaculatus, a hymenopterous parasite of the pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Saunders). *Environ. Entomol.* 11:452-455.
- CHIRI, A.A. and LEGNER E.F. 1986. Response of three Chelonus (Hymenoptera: Braconidae) species to kairomones in scales of six Lepidoptera. *Canad. Entomol.* (230):329-333.
- FRAENKEL, G. 1959. The raison d'être of secondary plant substances. *Science* 129:1466-70.
- GASTON, L.K., SHOREY, H.H. and SAARIO, S.A. 1967. Insect population control by the use of sex pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature* 213:1155.
- GROSS, H.R., Jr. LEWIS, W.J. JONES, R.L. and NORDLUND, D.A. 1975. Kairomones and their use in the management of entomophagous insects. III. Stimulation of Trichogramma achaeae, T. pretiosum, and Microplitis croceipes with host-seeking stimulants at time of release to improve their efficiency. *J. Chem. Ecol.* 1(4):431-38.
- HAGEN, K.S., GREANY, P., SAWALL, E.F. Jr., and TASSAN R.L. 1976. Tryptophan in artificial honeydews or a source of an attractant for adult Chrysopa carnea. *Environ. Entomol.* 5(3):458-68.
- HENDRY, L.B., GREANY, P.D. and GILL, R.J. 1973. Kairomone mediated host finding behavior in the parasitic wasp Orgilus lepidus. *Entomol. Exp. Appl.* 16:471-77.
- HENDRY, L.B., WICHMANN, J.K., HINDENLANG, D.M., MUMMA, R.O. and ANDERSON, M.E. 1975. Evidence for origin of insect sex pheromones presence in food plants. *Science* 188:59-64.
- HENDRY, L.B., WICHMANN, J.K., HINDENLANG, D.M., WEAVER, K.M. and KORZENIOWSKI, S.H. 1976. Plants - The origin of kairomones utilized by parasitoids of phytophagous insects. *J. Chem. Ecol.* 2(3):271-283.
- ISHII, S. 1970. Aggregation of the German cockroach, Blattella germanica. In Wood, D.L. Silverstein R.M. and Makajima, M. eds. *Control of insect behavior by natural products*, New York, Academic Press, pp. 93-109.

- JONES, L., LEWIS, W.J. and GROSS, H.R. 1976. Use of kairomones to promote action by beneficial insect parasites. In Beroza, M. ed. Pest management with insect sex attractants. Washington D.C. American Chemical Society, pp. 119-134.
- JONES, L., LEWIS, W.J. BEROZA, M. BIERL, B.A. and SPARKS, A.N. 1973. Host-seeking stimulants (kairomones) for the egg parasite Trichogramma evanescens. Environ. Entomol. 2(4):593-596.
- KARLSON, P. and LUSCHER, M. 1959. "Pheromones": A new term for a class of biologically active substances. Nature. 183:55-56.
- KENNEDY, J.S. 1977. Behaviorally discriminating assays of attractants and repellents. In Shorey, H.H. and McKelvey J.J., Jr., eds. Chemical control of insect behavior, New York, Wiley. pp. 215-229.
- LEWIS, W.J., JONES, R.L. and SPARKS A.N. 1972. A hostseeking stimulant for the egg parasite Trichogramma evanescens: its source and a demonstration of its laboratory and field activity. Ann. Entomol. Soc. Am. 65:1087-89.
- LEWIS, W.J., JONES, R.L., GROSS, H.R., Jr., and NORDLUND, D.A. 1976. The role of kairomones and other behavioral chemicals in host finding by parasitic insects. Behav. Biol. 16:267-89.
- LEWIS, W.J., JONES, R.L. Jr., NORDLUND, D.A. GROSS, H.R., Jr. 1975. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. II. Mechanisms causing increase in rate of parasitization by Trichogramma spp. J. Chem. Ecol. 1(3):349-60.
- LEWIS, W.J., BEEVERS, M., NORDLUND, D.A., GROSS, H.R., Jr., and HAGEN, K.S. 1979. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. IX. Investigations of various kairomone-treatment patterns for Trichogramma spp. J. Chem. Ecol. 5(5):673-680.
- LEWIS, W.J., NORDLUND, D.A., GROSS, H.R. Jr., JONES, R.L. and JONES, S.L. 1977. Kairomones and their use for management of entomophagous insects: V. Month scales as a stimulus for predators of Heliothis zea (Boddie) eggs by Chrysopa carnea Stephens larvae. J. Chem. Ecol. 3(4):483-87.
- MATTEWS, R.W. 1974. Biology of Braconidae. Annu. Rev. Entomol. 19:15-32.

- MINKS, A.K. 1977. Trapping with behavior-modifying chemicals: feasibility and limitations. In Shorey, H.H. and Mc Kelvy, J.J., Jr., eds. Chemical control of insect behavior, New York, Wiley, pp. 385-394.
- NAULT, L.R. and STYER, W.E. 1972. Effects of sinigrin on host selection by aphids. Entomol. Exp. Appl. 15:423:37.
- NAYLOR, A.F. 1959. An experimental analysis of dispersal in the flour beetle, Tribolium confusum. Ecology 40:453-465.
- NEWMAN, E.I. 1978. Allelopathy: adaptation or accident? In Harborne, J.B. ed. Biochemical aspects of plant and animal coevolution. New York, Academic Press, pp. 327-342.
- NORLUND, D.A. and LEWIS, W.J. 1976. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interaction. J. Chem. Ecol. 2:211-220.
- NORLUND, D.A. and LEWIS, W.J. JONES; R.L. GROSS, H.R., Jr., and HAGEN, K.S. 1977. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. VI. An examination of the kairomones for the predator Chrysopa carnea Stephens at the oviposition sites of Heliothis zea (Boddie). J. Chem. Ecol. 3:507-11.
- PROKOPY, R.J. 1972. Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition in apple maggot flies. Environ. Entomol. 1:326-32.
- PROKOPY, R.J. and WEBSTER, R.P. 1978. Oviposition-detering pheromone of Rhagoletis pomonella; a kairomone for its parasitoid Opius lectus. J. Chem. Ecol. 4(4):481-94.
- PROKOPY, R.J., ZIEGLER, J.R. and WONG, T.T.Y. 1978. Deterrence of repeated oviposition by fruit-marking pheromone in Ceratitis capitata (Diptera: Tephritidae). J. Chem. Ecol. 4:55-63.
- RABB, R.L. and BRADLEY, J.R. 1970. Marking host eggs by Telenomus sphingis. Ann. Entomol. Soc. Am. 63:1053-1056.
- READ, D.P., FEENY, P.P. and ROOT, R.B. 1970. Habitat selection by the aphid parasite Diaretiella rapae (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite Charips brassicae. Can. Entomol. 102:1567-1578.

- RHOADES, D.F. 1979. Evolution of plant chemical defense against herbivores. In Rosenthal, G.A. and Janzen, D.H. eds. Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites. New York, Academic Press, pp. 1-54.
- RICE, R.E. 1969. Response of some predators and parasites of Ips confusus (Le C.) to olfactory attractants. Contrib. Boyce Thompson Inst. 23:189-94.
- SALT, G. 1937. The sense used by Tichogramma to distinguish between parasitized hosts. Proc. R. Soc. London, Ser. B., 122:57-75.
- SEABROOK, W.D. 1977. Insect chemosensory responses to other insects. In Shorey, H.H. and McMelvey, J.J., Jr., eds. Chemical control of insect behavior. New York, Wiley, pp. 15-43.
- SHOREY, H.H. 1976. Animal communication by pheromones. New York, Academic Press, 167 p.
- SHOREY, H.H. 1977. Interaction of insects with their chemical environment. In Shorey, H.H. and McKelvey, J.J., Jr., eds. Chemical control of insect behavior. New York, Wiley. pp. 1-5.
- SHOREY, H.H., GASTON, L.K. and KAAE, R.S. 1976. Airpermeation with gossyplure for control of the pink bollworm. In Beroza, M. ed. Pest management with insect sex attractants. Washington, American Chemical Society. pp. 67-74.
- SILVERSTEIN, R.M. 1981. Pheromones: background and potential for use in insect control. Science 213:1326-1332.
- SILVERSTEIN, R.M. and YOUNG, J.C. 1976. Insects generally use multicomponent pheromones. In Beroza, M., ed. Pest management with insect sex attractants. Washington, D.C., American Chemical Society, pp. 1-29.
- STERNLICHT, M. 1973. Parasitic wasps attracted by the sex pheromone of their coccid host. Entomophaga 18:339-342.
- VAN EMDEN, H.F. 1978. Insects and secondary plant substances - an alternative viewpoint with special reference to aphids. In Harborne, J.B. ed. Biochemical aspects of plant and animal coevolution. New York, Academic Press. pp. 309-323.

- VAN EMDEN, H.F. and HAGEN, K.S. 1976. Olfactory reactions of the green lacewing, Chrysopa carnea, to tryptophan and certain breakdown products. Environ. Entomol. 5(3):469-73.
- VINSON, S.B. 1975. Source of material in the tobacco budworm which initiates host-searching by the egg-larval parasitoid Chelonus texanus. Ann. Entomol. Soc. Am. 68:381-84.
- VINSON, S.B. 1976. Host selection by insect parasitoids. Annu. Rev. Entomol. 21:109-133.
- VINSON, S.B. 1977. Behavioral chemicals in the augmentation of natural enemies. In Ridgway, R.L. and Vinson, S.B., eds. Biological control by augmentation of natural enemies. New York, Plenum Press. pp. 237-279.
- VINSON, S.B. and LEWIS, W.J. 1965. A method of host selection by Cardiochiles nigriceps. J. Econ. Entomol. 58:869-871.
- WHITTAKER, R.H. and FEENY, P.F. 1971. Allelochemicals: chemical interactions between species. Science 1971:757-70.
- WILSON, E.O. 1958. A chemical releaser of alarm and digging behavior in the ant Fogonomyrmex badius (Latreille). Psyche 65:41-51.
- WILSON, E.O. and BOSSERT, W.H. 1963. Chemical communication among animals. Rec. Progr. Hormone Res. 19:673-716.

MANEJO DE NEMATODOS EN VIVEROS FRUTALES

Jorge Pinochet, Ph.D

INTRODUCCION

Información disponible sobre el nivel de infestación de nemátodos en viveros comerciales en Centroamérica y Panamá es limitado (1, 7, 8). Las perspectivas de la industria frutícola de especies frutales no tradicionales para consumo interno y de exportación son excelentes. Existe en la actualidad en casi todos los países de la región incentivos a pequeños y medianos agricultores por parte de los sectores públicos y privados para el desarrollo de este rubro que se caracteriza por ser de alta productividad y rentabilidad. Sin embargo, los viveros además de suplir la demanda de los agricultores, también pueden constituir focos de diseminación de nemátodos como también de otras plagas y enfermedades, tales como malezas, hongos e insectos de suelo, bacterias y virus, que pueden comprometer la vida útil de la plantación. Por esta razón, los medios de infestación y dispersión de nemátodos en viveros deben ser conocidos para su control efectivo a través de prácticas agronómicas. Las especies frutales de mayor demanda a nivel centroamericano son cítricos, papaya, mango, guanábana, chirimoya (anona), tamarindo, aguacate, maracuyá y marañón.

NEMATODOS DE IMPORTANCIA ECONOMICA EN VIVEROS

Existen muchas especies de nemátodos fitoparásitos que atacan a gran cantidad de especies frutales, herbáceas y leñosas. En general, ataques por nemátodos cuando el hospedero se encuentra en estado de plántula pueden resultar en graves daños posteriores que se reflejan en poco desarrollo, retardo en entrar en producción, reducción de la longevidad de la plantación, formación de frutos pequeños y deficiencias nutritivas (6). En el caso de infestaciones tardías, una vez que la planta se ha establecido en el huerto, las pérdidas suplen ser menos importantes y el control de nemátodos más factible a través de un buen programa nutricional y de manejo de nemátodos.

Los nemátodos más importantes en viveros son el nemátodo de las lesiones, Pratylenchus spp., cuyas infestaciones tempranas pueden causar la muerte de plántulas en semilleros y almacigueras. Este es un endoparásito migratorio que produce lesiones grandes y pudrición del sistema

*Coordinador Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá.

radicular. La especie más común en Centroamérica en frutales es P. coffeae. El nemátodo barrenador Radopholus similis produce un daño muy similar a Pratylenchus, siendo más común en musáceas. Un nemátodo importante es Meloidogyne spp., conocido como el nemátodo de las agallas. Son muy comunes y causan más daño económico que cualquier otro nemátodo fitoparásito conocido. Se caracteriza por la formación de agallas o nódulos en el sistema radicular cuyo efecto produce distorsión y alteración del sistema radicular reduciendo la absorción de aguas y nutrientes, además de favorecer la entrada de otros microorganismos que producen pudriciones.

Rotylenchulus reniformis, es un nemátodo importante por su alta frecuencia de detección en América Tropical, aunque suele ser menos patogénico que los anteriores. Esta especie posee una gran capacidad de reproducción alcanzando altos niveles poblacionales en suelos arenosos. Otras especies de este género como R. calvus y R. parvus, son también bastante comunes. El nemátodo anillado, Criconemella spp. es un patógeno débil que ocasionalmente se presenta en poblaciones altas causando daños a plántones jóvenes. Este nemátodo es un ectoparásito migratorio que produce lesiones pequeñas. La especie de mayor preocupación es C. xenoplax netrans que produce pudrición en las raíces, amarillamiento, defoliación, deficiencias nutritivas de Fe, Zn y Mg, y frutos pequeños. Este nemátodo es huésped específico de casi todas las especies de cítricos y está ampliamente difundido en huertos comerciales y viveros de Centroamérica (7, 8, 9). El nemátodo daga, Xiphinema spp., es poco frecuente, aunque ataques fuertes de este nemátodo en plántones afecta notoriamente su crecimiento. Se alimenta de los meristemas apicales de las raíces impidiendo el desarrollo de un sistema radicular bien formado lo cual se refleja en una menor absorción de agua y nutrientes. También son vectores de virosis en especies frutales leñosas de clima templado. Existe poca información de su importancia en especies frutales de regiones tropicales. La especie más común es X. americanum. Los nemátodos foliares Aphelenchoides spp. son endoparásitos migratorios que atacan las hojas de las plantas, preferentemente de hospederos herbáceos. Son más frecuentes en viveros ornamentales y su importancia en Centroamérica radica en que tanto especies ornamentales como frutales se mantienen juntos en viveros. Estos nemátodos causan descoloración y necrosis de las hojas. En el Cuadro 1 se presenta una lista de los principales nemátodos asociados con daños en viveros comerciales.

LAS FORMAS MAS COMUNES DE DISPERSION DE NEMATODOS EN VIVEROS

Suelo: Suelo que no ha sido desinfectado o tratado puede acarrear nemátodos al vivero y viceversa. Esta es probablemente una de las principales formas de dispersión de un vivero a otro. Suelo tomado alrededor de las raíces de especies arbóreas en las cercanías del mismo vivero para embolsar plántones, suele ser otra forma común de infestación de material frutal. Plantas en bolsas de plástico colocadas sobre el suelo también quedan expuestas a la contaminación a través de perforaciones de las bolsas, especialmente bajo condiciones de lluvia e inundación.

Lluvia e inundación: En lluvias fuertes los nemátodos que se encuentran en el suelo pueden contaminar plantas en contenedores o en bolsas por salpicado. La inundación es una de las formas más efectivas de diseminación de nemátodos por escurrimiento hacia sectores no infestados del vivero (3). En Centroamérica, la mayoría de los viveros carecen de cubiertas que previenen el salpicado y desagüe adecuado.

Migración: En suelos arenosos y sueltos los nemátodos pueden migrar unos pocos centímetros hasta medio metro en un mes. En pocos años pueden difundirse a través de todo el vivero. En el caso de nemátodos foliares estos pueden migrar con relativa rapidez de una planta a otra después de lluvias y riego o condiciones de humedad relativa alta (2).

Pendiente: Este es un factor contribuyente que favorece la dispersión de nemátodos de zonas altas a zonas bajas, principalmente en épocas de lluvias con material depositado en el suelo o sobre el suelo. Semilleros, almácigos, y camas de crecimiento tienden a ser los más afectados por pendientes pronunciadas en viveros.

Plantas colgantes: Existe una tendencia generalizada de colocar especies ornamentales sobre semilleros y otras plantas en contenedores las cuales pueden contaminar con facilidad todo lo que se encuentra debajo con bacterias, esporas de hongos, larvas y huevos de nemátodos por escurrimiento y goteo después de un riego (3).

Cuadro 1. Información general de nemátodos de importancia económica en viveros frutales.

Nemátodo	Hábito Alimenticio	Daños - Síntomas	Comentarios
<u>Criconeella</u> spp. (N. anillado)	Ectoparásito migratorio	Normalmente leve. Puede causar daño moderado cuando alcanza poblaciones altas. Produce lesiones pequeñas.	<u>Criconeella xenoplax</u> es la especie más frecuentemente detectada. Posee ciclos cortos.
<u>Meloidogyne</u> spp. (N. de las agallas)	Endoparásito sedentario	Severo. Formación de agallas, marchitamiento, enanismo, clorosis y a veces muerte de la planta.	<u>M. incognita</u> y <u>M. javanica</u> son las especies más comunes. Este nemátodo posee un amplio rango de plantas hospederas.
<u>Pratylenchus</u> spp. (N. de las lesiones)	Endoparásito migratorio	Severo. Formación de lesiones resultando en muerte de gran parte de las raíces.	<u>P. coffeae</u> común en especies frutales leñosas. Problema serio en algunos semilleros.
<u>Rotylenchus reniformis</u> (N. reniforme)	Semiendoparásito	Moderado. Muerte y destrucción de raíces.	Muy común en viveros comerciales en Panamá.
<u>Tylenchulus semipenetrans</u> (N. de los cítricos)	Semiendoparásito	Moderado a severo. Pudrición de las raíces, amarillamiento, defoliación, deficiencias nutritivas y frutos pequeños.	Huésped específico de especies cítricas y la vid.
<u>Radopholus similis</u> (N. barrenador)	Endoparásito migratorio	Severo. Similar a <u>Pratylenchus</u> .	Común en semilleros de banano, plátano y ornamentales.
<u>Xiphinema</u> spp. (N. daga)	Ectoparásito migratorio	Leve a moderado dependiendo de la especie presente. Ataca meristemas apicales de la raíz, afectando desarrollo.	Poco difundido en condiciones de trópico. <u>X. americanum</u> es común.
<u>Aphelenchoides</u> spp.	Endoparásito migratorio.	Moderado. Produce necrosis en tejido foliar de especies ornamentales principalmente	Contaminación en viveros suele ser rápida.

El hombre, animales y vehículos: Roedores, perros y en especial el hombre son diseminadores de nemátodos que se adhieren a sus pies y manos. El hombre además contribuye a su dispersión a través del uso de utensilios sin desinfectar como tijeras, cuchillos, contenedores y bandejas que se trasladan de un sector del vivero a otro. La dispersión por aves e insectos es menor y debe considerarse como un factor de poca importancia en la diseminación de nemátodos fitoparásitos (4). En cuanto a vehículos, suelo adherido a las ruedas de tractores y camiones provenientes de áreas agrícolas pueden acarrear huevos de nemátodos viables por largo tiempo. Esta es una manera en que frecuentemente se introducen nemátodos a viveros (5).

Material de propagación: Es otra de las formas más comunes de introducción de nemátodos a viveros, se realiza con material vegetal en forma de estacas, estolones, rizomas y bulbos principalmente. El uso de semillas evita en gran medida la dispersión.

PROBLEMAS DE NEMATODOS EN VIVEROS EN PANAMA

En un reciente estudio realizado en Panamá en 15 viveros se encontraron 17 especies y géneros de nemátodos asociados a 23 especies frutales. Los nemátodos género Helicotylenchus fueron los que se detectaron con mayor frecuencia seguido de Rotylenchulus, Criconemella, Pratylenchus spp. y el nemátodo de los cítricos Tylenchulus semipenetrans deben ser considerados como los nemátodos más importantes detectados en ese estudio tanto por su patogenicidad como sus altas poblaciones en algunos casos. Patógenos moderados como Rotylenchulus reniformis y patógenos débiles como Criconemella en poblaciones altas e infestaciones tempranas se sospecha que pueden estar causando daños a plántones jóvenes. Otros géneros tales como Discocriconemella, Gracilacus, Hemicriconemoides, Paratylenchus, Rotylenchus, Trophurus y Tylenchorhynchus fueron detectados en forma ocasional y deben considerarse de poca o ninguna importancia económica en viveros. El nemátodo barredor, Radopholus similis y el nemátodo foliar Aphelenchoides spp. común en especies frutales y ornamentales herbáceas no fueron detectados en viveros comerciales en Panamá (8).

Las altas infestaciones de nemátodos detectadas en algunos casos resultaron estar relacionadas con malas prácticas de manejo de vivero, entre las que cabe señalar el uso de almácigos y semilleros contaminados, el uso de suelos sin tratar para material embolsado, el reuso de suelo proveniente de bolsas desechadas, el mantenimiento de bolsas enraizadas al suelo, la colocación de material embolsado sobre suelo y muy juntos, la carencia de mesones elevados y techo que evita salpicado en caso de lluvia, encharcamiento, pen-

diente excesiva que favorece escurrimiento por agua y contaminación, la falta de eliminación de material embolsado viejo de más de un año, la falta de control de malezas que en algunos viveros se evidenciaba como un problema serio, la colaboración de plantas colgantes sobre semilleros y otras plantas, la mezcla de especies frutales con ornamentales las cuales son buenas hospederas de algunos nemátodos, en general de Meloidogyne spp. constituyendo fuentes de contaminación y finalmente la falta de asepsia, en general, los operadores que laboraban en los viveros. De todos los viveros muestreados sólo 2 de ellos poseían prácticas de manejo de viveros aceptables.

RECOMENDACIONES

Cuadro 2. Recomendaciones para mantener material frutal libre de nemátodos en viveros.

Lo que se debe evitar	Lo correcto	Comentarios
Usar material vegetal contaminado	Material vegetal limpio	Válido para semillas, estacas, bulbos y plantas.
Suelo sin tratar y contaminados ya sea arena, arcilla o suelo orgánico	Suelo tratado libre de nemátodos y otras plagas	Bromuro de Metilo, nematicidas suelo esterilizado y pasteurizado
Usar contenedores sucios, maceteros, bandejas y tarros	Uso de contenedores limpios	Lavado con detergente, cloro y formalina
Material envasado en macetas o bolsas muy juntas puestas sobre suelo. Favorece contaminación por salpicado y encharcamiento	Colocación en mesones por lo menos 1 pie sobre el suelo	Tablas con ladrillos con separación de 10 a 15 cms. entre bolsas
Operarios con manos y herramientas sucias. Agua contaminada	Manos limpias, uso de guantes y baldes para enjuague de herramientas	Asepsia general, uso de solución de cloro al 5%, detergente o formalina al 2-3%
Pendientes que favorecen escurrimiento de agua de lluvia y posible contaminación	Establecer viveros en lugares planos	Se recomienda uso de mesones elevados y tener buen desagde
Muchas malezas que suelen ser hospederas de nemátodos y de otras enfermedades	Eliminar malezas	Control se logra principalmente corrigiendo puntos 2 y 4
Mantener especies ornamentales y frutales juntas	No mezclar ornamentales con frutales en campo e invernaderos	Separar ambas operaciones físicamente, como también personal de campo

En el Cuadro 2 se detallan algunas prácticas encaminadas a controlar y mantener operaciones de viveros, tanto frutales como ornamentales, libres de nemátodos fitoparásitos. Cabe señalar que muchas de estas medidas son también válidas para controlar otras plagas y enfermedades, especialmente malezas, hongos e insectos de suelo.

LITERATURA CONSULTADA

- ABREGO, L. 1974. Ensayos de selectividad de nematicidas en el combate de Pratylenchus coffeae en almacigueras de café. *Nematrópica* 4:17.
- ESSER, R.P. 1977. How soil borne nematodes enter and disperse in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Nematology Circular No. 33. 2 p.
- ESSER, R.P. 1979. Nematode entry and dispersion by water in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry Nematology Circular No. 54. 2 p.
- ESSER, R.P. 1980. Nematode entry and dispersion by man and animals in Florida nurseries. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Nematology Circular No. 60. 2 p.
- ESSER, R.P. 1984. How nematodes enter and disperse in Florida nurseries via vehicles. Fla. Dept. of Agric. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Nematology Circular No. 109. 2 p.
- McELROY, F.D. 1972. Nematodes of tree fruits and small fruits. In Webster, J.M. ed. *Economic Nematology*. New York, Academic Press. pp. 335-376.
- PINOCHET, J., SANCHEZ L. & LAFFITE, R. 1978. Plant parasitic nematodes associated with citrus in Honduras. *FAO Plant Protection Bulletin* 26:58-62.
- PINOCHET, J. & CORDERO, D. 1986. Nemátodos asociados a viveros frutales en Panamá. In Pinochet, J. y VON LINDEMAN, G. eds. *Seminario Taller de Fitopatología*. Informe Técnico No. 81. Panamá, CATIE. pp. 121-130.
- TARJAN, A.C. 1967. Some plant nematode genera associated with citrus and other crops in Costa Rica and Panamá. *Turrialba* 17:280-283.

EL USO DE ENTOMOPATOGENOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

✓
José Rutilio Quezada, Ph.D

La utilización de agentes entomopatógenos en el combate de organismos nocivos es relativamente reciente, aunque las observaciones y estudios se habían venido haciendo desde mucho tiempo atrás. Como cualquier organismo vivo, los insectos y otros artrópodos sufren el ataque de diversos agentes patógenos, siendo los principales grupos: bacterias, virus, hongos, nemátodos.

A continuación se ofrece alguna información sintética sobre cada uno de esos grupos.

Bacterias

Sobresalen las de la familia Bacillaceae (género Bacillus) que son aeróbicas, formadores de esporas, entre ellas las cristalíferas. Conocido es el Bacillus thuringiensis (del que se conocen 19 variedades y 14 serotipos) y las formulaciones comerciales como Biotrol, Thuricide y Dipel, basadas en el serotipo III que tiene más virulencia para lepidópteros.

El modo de acción del B. thuringiensis se manifiesta cuando las larvas dejan de comer, mueren, o se debilitan. El intestino se paraliza por la toxina liberada al disolverse los cristales, produciéndose una septicemia letal. Esto es favorecido cuando el pH del intestino es alcalino, en que se disuelven mejor los cristales. Las distintas razas del B. thuringiensis (llamado Bt) tienen distintas toxinas.

Afecta a los órdenes Coleóptera, Díptera, Hymenóptera, Orthoptera y Lepidóptera, sobre todo a este último. En países como Estados Unidos y Colombia se usan las formulaciones comerciales en unos 12 cultivos, sobre todo para atacar larvas de Brassolidae, Noctuidae, Pieridae, Pyralidae y Sphingidae. Algo parecido ocurre en Centro América, sobre todo en cultivos como el algodón, hortalizas y forestales.

El B. thuringiensis puede usarse en mezcla con insecticidas químicos y biológicos. Bt con clordimeform o el Bt con virus de polihedrosis nuclear mostraron ser más efectivos en el control de Trichoplusia ni. Además, el Bt es inocuo para la fauna benéfica y los vertebrados. Los costos de control se elevan cuando el insecto es menos susceptible y hay que aumentar las dosis.

Cuadro 1. Principales géneros de hongos entomopatógenos y los grupos de insectos atacados.

HONGOS	INSECTO(S)	COMENTARIOS
<u>Beauveria</u>	<u>Melolontha</u> (Col)	Usado en Europa
<u>tenella</u>		
<u>bassiana</u>	Cryomélidos <u>H. hampei</u>	Preparación comercial ("Boverin") descontinuada. Detectado en Guatemala, 1978.
<u>Metarrhizium</u>		
<u>anisopliae</u>	Unas 200 spp salivazos (<u>Aeneolamia</u> y otros)	En Brazil, Venezuela, México.
<u>Entomophthora</u>		
<u>buscae</u>	Mosca casera, etc.	
<u>planchoniana</u>	<u>Aphis</u>	
<u>Coelomyces</u>	Larvas de <u>Culex</u> y <u>Aedes</u>	Acuáticos
<u>Cordyceps</u>	Adultos Dip. larvas-p. Lep.	
<u>Noauraea</u>	<u>Anticarsia</u>	Alta humedad
<u>rileyi</u>	<u>Heliothis</u> <u>I. ni.</u> <u>S. frugiperda</u>	Agricultores colectan y dispersan larvas cultivados en Florida
<u>Aschersonia</u>		
<u>aleyrodis</u>	Aleyrodidos <u>U. citri</u> <u>S. articulatus</u>	
<u>Hirsutiella thomsoni</u>	<u>Phyllocotruta</u>	Ataca ácaro de palma africana en Colombia

Hongos

Relativamente más fáciles de detectar por los micelios que cubren el cuerpo de insectos muertos. Unos 40 géneros de hongos entomopatógenos. Poco investigados para control microbial: Beauveria, Metarrhizium, Entomophthora, Coelomyces, Cordyceps, Nomuraea, Aschersonia e Hirsutiella.

Modo de acción

Infección en cualquier estado de desarrollo del insecto. Atacan a través del integumento. Las esporas germinan sobre la cutícula, y para ello requieren condiciones especiales de humedad y temperatura. Las enzimas destruyen la pared celular y el hongo penetra hasta el hemocelo, se reproduce vegetativamente hasta rellenar el insecto y matarlo (daño mecánico o liberación de toxinas). En condiciones favorables esporulan y se ven sus cuerpos fructíferos.

Uso

No se ha logrado manejo consistentemente exitoso, porque trabajan solo en condiciones precisas de Humedad y Temperatura. Puede ser elevado el costo para obtener formulaciones con conidias que resistan largos periodos de almacenamiento.

Virus

Papel importante en regulación de poblaciones. Parásitos obligados, más específicos e infecciones que no pueden propagarse in vitro en medios artificiales. Aislados de Lepidoptera e Hymenoptera y algunos Díptera, Coleóptera, Neuróptera, etc. Criterios de clasificación de acuerdo con tipo de ácido nucleico dentro del virión o partícula infecciosa, su morfología, etc.

Los entomovirus se dividen en: baculovirus, entomopoxvirus, denso nucleosos e iridovirus, citoplásmicos y rhabdovirus.

Modo de acción

Igual que bacterias, deben ser ingeridos. Son específicos en su ataque de tejidos (ecto, meso, endodermo, adiposo, epidermis, células epiteliales del intestino medio).

Su infección depende de factores intrínsecos (susceptibilidad de insecto, edad y tamaño, y extrínsecos (virulencia del virus, temperatura).

Virus ocultos pueden sobrevivir en una población de insectos por varias generaciones sin causar síntomas visibles. En condiciones desfavorables para el insecto surge la enfermedad con epizootia. Pierden apetito, el cuerpo se torna flácido, se mueven a la parte superior de la planta, se cuelgan y el fluido escapa del integumento.

Uso. Populares en MIP, con resultados a veces espectaculares. El virus de polihedrosis nuclear (VPN) de I. ni, encontrado en Colombia, de donde se llevó a California en 1971. I. ni dejó de ser así un problema en el algodón. Formulaciones comerciales a prueba de regulaciones de seguridad humana y contaminación ambiental. Para el caso de Heliothis virescens, no es suficientemente virulento y hay que elevar la dosis, por lo tanto, los costos suben también.

Antes de disponerse de formulaciones comerciales, ya los agricultores apreciaban su valor y los han colectado en el campo, almacenado y dispersado en cultivos, asegurando su inóculo año con año. VPN de I. ni se ha usado contra S. frugiperda, H. virescens, en varios cultivos tropicales.

Las larvas infestadas se colectan, suspendiéndose en agua (pH 6-8). Se licúan para homogenizar la suspensión. Se filtra la suspensión para separar partes grandes de insectos. Es conveniente agregar un agente humectante. Se agrega suficiente agua a la solución, estableciendo dosis aproximadas de 20 larvas/ha. Se asperja con equipo convencional. Virus colectado en campo se puede refrigerar hasta dos años.

Nemátodos

Familias Mermithidae, Neoplectamidae y Spherulariidae.

Mermithidae. Promisorios en control biológico. Características: inocuidad a otros animales no insectos, facilidad de producirse masivamente y almacenarse, perpetuación una vez que se establecen. Romanomermis culicivorax, preparación comercial para mosquitos ("Skeety Doom") en E.U., usado en lagos, lagunas. Atacan a más de 60 especies de larvas de mosquitos. Hexamermis albicans ataca lepidópteros en muchas partes del mundo: Diatraea saccharis, S. frugiperda e Hypsipyla grandella.

Neoplectanidae. Neoplectana (unos 10 spp), carpocapsae se ha usado en Colombia contra S. frugiperda, habiéndose logrado hasta un 70% de mortalidad.

Modo de acción

Son parásitos obligados. Buscan activamente larvas, pupas adultos de insectos. Penetran su cutícula por medio de estiletes (y enzimas), llegando hasta la cavidad

hemocélica. Se alimentan de hemolinfa a través de su cutícula, absorbiendo aminoácidos y ésteres para su nutrición y producción de huevos. En los insectos producen esterilidad o poca 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.

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 Lepidóptera, Coleóptera y Orthóptera. Sólo dos especies en este grupo han recibido considerable atención: Mattesia grandis contra el picudo del algodón, Anthonomus grandis.

Microsporidias. Las microsporidias comúnmente se encuentran atacando insectos bajo condiciones naturales. Uno de los géneros encontrado es Nosema, cuyas especies, N. heliothidis y N. trichoplusiae, que afectan respectivamente H. virescens y I. 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 patógena a otros 35 lepidópteros entre ellos especies de importancia económica como H. zea, H. virescens, I. 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 la muerte posterior 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 ata-

can 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.

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. 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.

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 bacteria se le 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. 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 microbial 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 serán altamente satisfactorios, especialmente si se considera los azares que el uso de insecticidas químicos ocasiona en el hombre y 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 qué patógenos se encuentran presentes en la zona y cuáles 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.

LITERATURA CONSULTADA

- BUSTILLO, A.E. 1976. Patogenicidad del nemátodo Neoplectana carpocapsae en larvas, prepupas y pupas de Oxydia trychiata. Rev. Colombiana Ent. 2(4):139-144.

- _____. 1979a. Aspectos generales sobre el insecticida microbial Bacillus thuringiensis. Boletín de Divulgación No. 3. Sociedad Colombiana de Entomología 380.
- _____. 1979b. Enfermedades virosas en insectos. Memorias Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, VI, Cali, Colombia. Julio 25-27. 241-280 p.
- CUJAR, M.A. and ALCARAZ, V. 1973. The nuclear polyhedrosis virus, Trichoplusia ni (Hubner), used to determine its effectiveness as a biological control in cotton. Fittotec. Latinoam. 9:28-35.
- FALCON, L.A. 1971a. Use of bacteria for microbial control. In Burges, H.D. and Hussey, N.W. eds. Microbial control of insects and mites, New York, Academic Press, pp. 67-95.
- _____. 1971b. Microbial control as a tool in integrated control programs. In: HUFFAKER, C.B. ed. Biological Control, New York, Plenum press. pp. 346-364.
- FASSIATIDVA, O., HOSTOUNSKY, Z. MIXIKOVA, S. y SAMSINAKOVA, A. 1978. Hongos entomófagos de plagas en Cuba. Poeyana (Cuba) No. 183, pp. 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. Reunión Nacional de Control Biológico IX abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, pp. 64-85.
- GRACIAS, M.O. 1980. Determinación de la efectividad de control de la mosca prieta, Aleurocanthus woglumi Ashby por medio del hongo Aschersonia aleyrodis Webber. Informe Grupo Multidisciplinario de cultivos frutícolas, El Salvador, XXVI PCCMCA, Guatemala. pp. 5-6.
- GUAGLIUMI, P., MARQUEZ, E.J. VILAS BOAS, A.M. 1974. Contribução ao estudo da cultura e applicacao de Metarrhizium anisopliae (Metschn) Sorokin no controle da "cigarrinha de folha". Mahanarva posticata (Stal) no Nordeste do Brasil. Recife, Bol. Tecn. CODECAP, No.3, 45 p.
- HEIMPEL, A.M., 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, pp. 21-73.

- HENRY, J.E. 1981. Natural and applied control of insects by protozoa. *Ann. Rev. Entomol.* 26:49-73.
- IGNOFFO, C.M. 1975. Entomopathogens as insecticides. *Environmental Letters* 8(1):23-40.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1975. Guía para el control de plagas. 3a. ed., (Bogotá, ICA, Programa de Entomología. Manual de Asistencia Técnica No. 1). 174 p.
- JIMENEZ, J.A. Y BUSTILLO, A.E. 1981. Histopatología y dosis letal media de una poliedrosis nuclear en larvas de Spodoptera frugiperda. Reunión Nacional de Control Biológico, IX, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, pp. 8-61.
- LANDAZABAL, FERNANDEZ, J. y FIGUEROA, A. 1973. Control biológico de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith), con el nemátodo Neoplectana carpocapsae en maíz. *Acta agronómica (Colombia)* 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 Gen. Pacific Northwest For. and Range Exp. Sta., Tech. Report PNW-40. 28 p.
- McCLAUGHLIN, 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. pp. 151-172.
- NICKLE, W.R. 1972. Nematode parasites of insects. *Proc. Ann. Tall Timbers Conf.* Feb. 24-25, 1972. 163 p.
- 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, pp. 181-201.
- FRAMER, 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. 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.
- ROBERS, D.W. and YENDOL, W.G. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In Burges, H.D. and Mussey, N.W., eds. *Microbial control of insects and mites*, New York, Academic Press, pp. 125-149.
- RODRIGUEZ, D. y FARGUES, J. 1974. Estudio preliminar sobre la patogenicidad de hongos imperfectos (Deuteromycetes) entomógenos en Noctuidae. *Nueva Agric. Trop.* 27(3):30-37.
- 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.
- STEINHAUS, E.A. 1949. *Principles of insect pathology*. N.Y., McGraw Hill. 757 p.
- 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.F. ed. *Insect diseases*, Vol. 1, New York, Marcel pp. 49-86.
- WEISER, J. 1963. Sporozoan infections In STEINHAUS, E.A. ed. *Insect pathology: an advanced treatise*. Vol. 2., New York, Academic Press, pp. 291-334.
- _____. 1977. *An atlas of insect diseases*, 2nd. Edit. The Hague. Junk Publishers. 240 p.

//ANGIOSTRONGILIASIS ABDOMINAL:UN PROBLEMA DE SALUD PUBLICA

Pedro Morera[✓]

La angiostrongiliasis abdominal causada por An-giostrongylus costarricensis, ha sido considerada durante muchos años como una zoonosis de importancia académica solamente. Sin embargo, esta enfermedad se ha encontrado en muchos países de América Latina, pero en la mayoría de los casos la investigación realizada se ha limitado al examen histopatológico de las piezas quirúrgicas en los departamentos de patología. Probablemente muchos casos clínicos y subclínicos no se han diagnosticado por falta de conocimiento del problema por parte del personal médico. Sin embargo, en áreas donde se conoce el cuadro clínico y el método para el diagnóstico de laboratorio, está quedando claro que la angiostrongiliasis es una enfermedad parasitaria importante con una alta prevalencia.

Los estudios realizados en Costa Rica han mostrado que muchos roedores, especialmente las ratas de campo, están infectadas naturalmente y las babosas de la familia Veronicellidae son el huésped intermediario más importante. Esto significa que estos moluscos son la principal fuente de infección para los humanos.

En los países latinoamericanos existe una aversión general a las babosas, especialmente en adultos. Sin embargo, investigaciones detalladas muestran que los niños a menudo juegan con estos moluscos. Las babosas infectadas eliminan larvas de A. costarricensis con las secreciones mucosas y por ello, la infección puede ocurrir fácilmente en estos niños al llevarse las manos a la boca.

También hemos observado la ingestión de babosas por parte de niños menores de un año y se han encontrado babosas escondidas en hortalizas, las cuales pueden ser cortadas y comidas sin ser notadas.

Debido a que las larvas salen con la secreción de las babosas, éstas pueden contaminar cualquier cosa incluyendo los alimentos.

LA ENFERMEDAD

La angiostrongiliasis abdominal afecta principalmente a los niños, pero muchos casos de adultos han sido encontrados en Costa Rica y en otros países del continente americano. En los seres humanos, el parásito se localiza generalmente en las ramas ileoceco-cólicas de la arteria mesentérica su-

*Catedrático, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

perior. Sin embargo, se han observado también localizaciones erráticas en el hígado y en el testículo.

Cuando los nemátodos se localizan en la región cecal, el paciente se queja de dolor localizado en la fosa iliaca derecha y la palpación es dolorosa. El tacto rectal también es doloroso en la mitad de los casos. En la mayor parte de los pacientes la temperatura fluctúa entre 38 y 38,5°C, raramente acompañada de escalofríos, con un promedio de 2-4 semanas de duración. En los casos crónicos, los pacientes pueden permanecer con una fiebre leve por varias semanas. Anorexia y vómito se observan en el 50% de los casos y estreñimiento en el 44% de los niños afectados.

A menudo, una característica importante de la enfermedad es la presencia de una masa que puede ser palpada en la fosa iliaca derecha.

Si el médico no conoce bien el problema, puede confundir fácilmente estas masas con tumores malignos. Algunos pacientes muestran un cuadro hematológico normal, pero en la mayoría de los casos hay leucocitosis de 15.000-40.000 leucocitos/mm³ y eosinofilia de 20-50%. El examen radiológico es de mucha ayuda en el diagnóstico clínico. Corrientemente se observan cambios en el ileon terminal, ciego y colon ascendente. El medio de contraste muestra defectos de llenado e irritabilidad, y la luz intestinal reducida por la inflamación de la pared.

Cuando el hígado está afectado, el paciente sufre de dolor localizado en el cuadrante superior derecho. La palpación es dolorosa y casi siempre hay hepatomegalia. La leucocitosis y la eosinofilia pueden ser más altas que en la angiostrongiliasis intestinal.

La localización de los gusanos adultos dentro de las arterias espermáticas, puede causar la obstrucción de dichos vasos produciendo necrosis hemorrágica del parénquima testicular y un agudo dolor en la misma región.

HALLAZGOS PATOLÓGICOS

En las infecciones causadas por A. costarricensis, se distinguen claramente dos importantes mecanismos patogénéticos. Primero, los gusanos adultos viviendo dentro de las arterias dañan el endotelio causando trombosis y necrosis de los tejidos anteriormente irrigados por los vasos trombosados. Segundo, los huevecillos, embriones y larvas, así como productos de secreción/excreción, alcanzan los vasos más pequeños de los tejidos produciendo reacción inflamatoria. Estos dos mecanismos, conjuntamente con la susceptibilidad del huésped y el número y localización de los parásitos, determinan el cuadro clínico y patológico de la enfermedad, el cual varía desde casos en los cuales el daño ocurre en el apéndice solamente, hasta aquellos en los cuales se requiere

de cirugía mayor con resección del ileon terminal, ciego y colon ascendente.

Cuando el intestino es seccionado, muestra áreas de necrosis y engrosamiento de la pared, que en algunos casos alcanza de 3-4 cm. El lumen intestinal se reduce limitando el tránsito de materia fecal. Los ganglios linfáticos mesentéricos están usualmente agrandados. El estudio histopatológico demuestra que el engrosamiento de la pared intestinal es producido por la reacción inflamatoria. En la mayoría de los casos esta reacción se caracteriza por una fuerte infiltración eosinofílica, especialmente en la mucosa y en la submucosa. Los huevecillos, embriones y larvas se localizan en los vasos más pequeños. Algunas veces se observan grupos de células epiteliales; a menudo, huevecillos, embriones y larvas pueden observarse dentro de estos granulomas. Áreas microscópicas de necrosis son observadas alrededor de los embriones y larvas en proceso de degeneración, estos focos de necrosis así como aquéllos observados en ausencia de estructuras parasitarias son causadas por antígenos de excreción/secreción, lo cual puede ser demostrado por la técnica de anticuerpos inmunofluorescentes.

Las grandes áreas de necrosis que pueden llevar a la perforación y peritonitis, son producidas por las arterias trombosadas que contienen los gusanos adultos.

Las lesiones del hígado causadas por A. costarricensis, son clínicamente similares a aquéllas causadas por Toxocara canis. Sin embargo, su patogénesis es diferente. Creemos que en la angiostrongiliasis, la localización ectópica del parásito, ocurre durante la migración de las formas juveniles desde los vasos linfáticos a las arterias. En ratas infectadas experimentalmente, algunas drogas antihelmínticas provocan la migración anormal de los gusanos. Dichas drogas son comúnmente empleadas en el tratamiento de otros parásitos intestinales. En el primer caso probado de localización hepática de A. costarricensis, señalamos que el paciente tuvo parotiditis con fiebre muy alta, 22 días antes de que se presentara la patología abdominal. Podría ser entonces, que la fiebre sea uno de los factores que producen la migración ectópica del parásito. Cualquiera que sea la causa, no hay duda de que en algunos, los vermes adultos se encuentran en las venas mesentéricas y los huevecillos son arrastrados hasta el hígado. La reacción inflamatoria en este caso se caracteriza por una alta infiltración eosinofílica. También se han encontrado gusanos adultos en el hígado y cuando se degeneran se observan áreas necróticas extensas a su alrededor. También las formas adultas pueden bloquear las arterias testiculares produciendo necrosis extensa del parénquima testicular.

EPIDEMIOLOGIA

En Costa Rica, los huéspedes intermediarios más importantes son las babosas de la familia Veronicellidae, la cual está ampliamente distribuida desde el nivel del mar hasta más de 2.000 metros. La tasa de infección de este molusco va desde 28% a 75% con un promedio de 50% (6025 especímenes) para todo el país.

Aunque la rata algodónera o rata de milpa (Sigmodon hispidus) es considerada el huésped definitivo más importante, otras once especies de roedores han sido encontradas infectadas naturalmente. Además, un pizote (Nasua narica) en Costa Rica y marmosetas (Saguinus mystax) de Iquitos, Perú, también han sido encontrados con infección natural.

Estos datos sugieren que A. costaricensis está ampliamente distribuido, proporcionando muchas oportunidades a los humanos de adquirir la infección.

El diagnóstico parasitológico es muy difícil porque el primer estadio larval no se ha encontrado en las heces de humanos.

Una prueba de aglutinación de partículas de látex, ha demostrado tener una alta sensibilidad y especificidad. Empleando este método se diagnosticaron 104 casos en Costa Rica durante 1983. En 1984, esta cifra aumentó a 308 dando una tasa de 12 casos por 100.000 habitantes. Este valor sobrepasa la prevalencia de otras enfermedades infecciosas en nuestro país y representa solamente aquellos casos previamente sospechados por parte de aquellos médicos que conocían el problema.

En otros países de América todos los casos se han diagnosticado por medio del estudio histopatológico de piezas quirúrgicas y pocos han sido reportados. No obstante, no creemos que Costa Rica tenga condiciones ambientales tan diferentes como para explicar la diferencia que existe entre nuestras tasas de prevalencia y las de los países vecinos.

Más bien, la aparente distribución de la angiostrongiliasis es determinada por el conocimiento del problema por parte de los profesionales en medicina. Si esto es así, nuestra impresión es que por ahora estamos viendo solamente la punta del iceberg.

INFECCIONES POR Angiostrongylus EN MAMÍFEROS SILVESTRES

En mamíferos silvestres tales como roedores carnívoros e insectívoros existen especies de Angiostrongylus. El A. cantonensis es el gusano del pulmón de la rata que está ampliamente distribuido en ratas silvestres de Australia y en algunas partes del Medio Este. En las ratas normalmente la infección no es aparente, pero este gusano frecuentemente

infecta al hombre y a los perros en los que daña el CNS causando la meningitis eosinofílica.

Angiostrongylus vasorum infecta perros y zorros en muchas partes del mundo y recientemente se ha reportado de Inglaterra (Simpson, B.R. and Neal, C. (1982) Vet. Rec. III. pp. 303-304). Los gusanos y sus huevos causan una destrucción de pequeñas venas pulmonarias a través de la inflamación de las paredes vasculares conllevando a una dyspnoea y a una insuficiencia cardíaca.

La mayor parte de las infecciones respondieron bien a los antihelmínticos corrientes tales como el levamisole y el mebendazole.

El hospedero intermedio de la mayor parte de las especies de Angiostrongylus son los gastrópodos acuáticos, terrestres y anfibios, particularmente los veronicellidos, entre ellos la babosa Vaginullus plebeius. La infección de mamíferos ocurre por ingestión de babosas infectadas o por alimentos contaminados por la baba de este molusco. La transmisión de Angiostrongylus a menudo envuelve otros huéspedes tales como ranas, las que pueden ingerir el hospedero intermedio y mantener la infección hasta que se mueran o sean comidas por animales mayores.

LITERATURA CONSULTADA

- MORERA, P. and CESPEDES, R. 1971. Acta Médica Costarricense No.14:159-173.
- AGOSTINI, A.E. et al., 1983. Revista AMRIGS (Porto Alegre) No.27:200-203.
- BARBOSA, H. et al., 1980. Rev da Asociacao Medicina Brasileira No.26:178.
- SAUERBREY, M. 1977. Am. J. Trop. Med. Hyg. 26:1156-1158.
- ZAMBRANO, Z. 1973. Revista Latinoamericana de Patología No.12:43-50.
- ZAVALA, J. et al., 1974. Revista de Investigación Clínica No.26:389-384.
- ZILIOOTTO, A. et al., 1975. Revista da Instituto de Medicina Tropical (Sao Paulo) No.17:312-318.
- ZUNIGA, S.R., CARDONA-LOPEZ, V. and ALVARADO, D. 1983. Revista Médica Hondureña No.51:184-192.
- MORERA, P., 1970. Boletín Chileno de Parasitología No.25:133-134.

- MORERA, P. and ASH, L.R. 1970. Boletín Chileno de Parasitología No.25:135.
- MORERA, P., ARROYO, R. and SOLANO, E. 1971. Revista de Biología Tropical (Costa Rica) No.25:257-261.
- MORERA, P. 1973. Am. J. Trop. Med. Hyg. 22, pp. 613-621.
- ROBLES, G. et al., 1968. Revista Médica del Hospital de Niños (Costa Rica) No.3:67-80.
- LORIA-CORTES, R. and LOBO-SANAHUJA, J.F. 1980. Am. J. Trop. Med. Hyg. No.29:538-544.
- MORERA, P. et al., 1982. Am. J. Trop. Med. Hyg No.31:67-70.
- RUIZ, P. and MORERA, P. 1983. Am. J. Trop. Med. Hyg. No.32:1458-1459.
- MONGE, E., ARROYO, R. and SOLANO, E. 1978. J. Parasitol. No.64:34.
- SLY, D.L. et al., 1982. Lab. Anim. Sci. 32:286-288.

// LAS MALEZAS EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AREAS TROPICALES

/
Ramiro De la Cruz*

La relación de las plantas de cultivo con las malezas presenta algunas características muy diferentes a las que se presenta para las otras plagas: a) taxonómicamente están estrechamente relacionadas; y b) no existe una dependencia directa, salvo en el caso de unas pocas parásitas. Además, las malezas interactúan con todas las demás plagas en una forma más amplia que la que se encuentra entre todas las demás plagas entre sí. Muchos insectos son vectores de virus, pero a su vez estos virus pasan parte de su vida en las malezas, las que a su vez albergan también al insecto. Igualmente muchos insectos, nemátodos, bacterias y hongos se hospedan en algunas malezas de donde pueden pasar posteriormente al cultivo. Esto no se refiere solamente a las plagas, sino también a los organismos benéficos.

Muchas de estas relaciones se pueden apreciar cuando analizamos el triángulo de la patogenicidad. En el vértice correspondiente a la fuente de inóculo, el papel de las malezas es evidente.

QUE HEMOS ESTUDIADO DE LAS MALEZAS

A pesar del enorme papel de las malezas en el agroecosistema, hay muchos aspectos que desconocemos. Los estudios se han dirigido a conocer algunos de sus efectos directos, principalmente lo relativo a su competencia con los cultivos. Pero el aspecto más estudiado de las malezas ha sido su control químico. En áreas tropicales igualmente se han hecho muchos trabajos sobre la identificación de las especies presentes.

Las investigaciones en control químico de las malezas han sido muy exitosas y por lo tanto esta tecnología ha sido ampliamente acogida, por lo que ha generado muchos recursos económicos para trabajar en este campo, pero al mismo tiempo absorbiendo y casi que monopolizando la producción de la mayoría de los investigadores de la disciplina. La posibilidad de que la dosis baja de un herbicida sea relativamente seguro al ambiente y logre en forma selectiva eliminar muchas especies de malezas en un cultivo, es una alternativa de control muy atractiva.

Pero en muchos sistemas y cultivos en el trópico, el concepto de la eliminación química de las malezas no es el

*Especialista en Malezas, Proyecto MIP. CATIE, Turrialba, Costa Rica

criterio que se impone. Existen consideraciones de tipo económico, ecológico y social que exigen el estudio de otras alternativas. Necesitamos entonces estudiar y conocer más sobre las malezas, su naturaleza, su verdadero papel, no solo como enemigos de los cultivos, sino también como contribuyentes al agroecosistema. Existen diversas alternativas para el manejo de las malezas o la reducción de sus poblaciones y poder por lo tanto, aprovechar los beneficios que ellas puedan ofrecer, aliviando así las cargas económicas y ecológicas que conllevan su eliminación.

El mejor conocimiento de las malezas no solo ayudará al manejo de ellas sino que nos debe dar luces para entender otras plagas y para poder trazar planes para su manejo integrado. Muy posiblemente el mejor conocimiento de las malezas también nos ayudará a entender el comportamiento individual de otras plagas.

LAS MALEZAS Y EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

En entomología y patología se ha establecido una metodología científica que les permite estudiar el comportamiento biológico básico de un organismo. Con base en el conocimiento obtenido se han podido establecer diferentes alternativas y métodos que ayudan a regular las poblaciones de una especie. Igualmente se han establecido normas para el diagnóstico y seguimiento del organismo en estudio, se ha conocido el efecto de muchos sistemas de control directo y especialmente la respuesta de estos organismos a diferentes productos químicos. Todo lo anterior, más los efectos ecológicos adversos y las implicaciones socioeconómicas del control químico, han motivado el estudio de otros métodos de manejo de estas plagas. Fruto de estas preocupaciones han sido los estudios de manejo integrado de plagas.

Para el estudio de las malezas podemos tomar como base los principios establecidos en las otras disciplinas (entomología y fitopatología). Aún más, una de las bases para un programa de manejo integrado de plagas lo constituye el diagnóstico y seguimiento. En el área de las malezas estos estudios pueden hacerse con mayor precisión puesto que las fluctuaciones que se presentan en una población de malezas y su comportamiento biológico tienen como base elementos y parámetros que son factibles de determinar con mayor precisión. Con miras a lograr un conocimiento más sólido que nos sirva de base para los programas de manejo integrado de malezas, debemos establecer una línea de prioridades de investigación de las especies de malezas más importantes económicamente en un área determinada. Igualmente podemos aproximarnos en la predicción de posibles especies que lleguen a dicha área.

PRIORIDADES DE INVESTIGACION

Una ordenación precisa y rígida de las prioridades de investigación sería un poco difícil de establecer en una zona tan heterogénea y compleja como son las áreas tropicales. Se trata entonces de dar una guía muy general de los puntos más críticos sobre los cuales debemos hacer énfasis y a los cuales debemos dedicar más esfuerzos. Dependiendo de la zona en estudio, se harán algunos cambios en la ordenación de las prioridades de investigación. Algunas áreas dentro de cada prioridad pueden ser de mayor demanda en algunos lugares. En otros se carecerá de los elementos para realizar estos estudios por lo que es necesario entonces tomar acciones para suplir estas deficiencias y poder avanzar algo. Cualquier logro que se alcance será de mucha utilidad dentro de un programa general de estudio de malezas. Igualmente se recalca la importancia de que estas actividades tengan continuidad. Esquemáticamente estas actividades tienen la siguiente ordenación de acuerdo con su prioridad:

1. Estudios biológicos
 2. Estudios socioeconómicos
 3. Control químico
 4. Control no químico
 5. Actividades de integración
1. **Estudios biológicos**
 - 1.1 Ecología de las malezas
 - 1.2 Importancia económica
 - 1.3 Estudios fisiológicos
 - 1.4 Taxonomía sistemática
 - 1.1 Estudios ecológicos
 - 1.1.1 Afinidades con el medio ambiente
 - 1.1.2 Nexos con otras plagas
 - 1.1.3 Interacciones con el agrosistema
 - 1.1.4 Germinación de semillas
 - 1.1.5 Alelopatía
 - 1.2 Importancia económica
 - 1.2.1 Levantamiento de malezas
 - 1.2.2 Poblaciones vs. rendimientos
 - 1.2.3 Umbrales económicos
 - 1.2.4 Epocas críticas
 - 1.2.5 Elementos en competencia
 - 1.3 Estudios fisiológicos
 - 1.3.1 Crecimiento y desarrollo
 - 1.3.2 Ciclo de vida
 - 1.3.3 Hábito de crecimiento
 - 1.3.4 Reproducción

- 1.4 Taxonomía de malezas
 - 1.4.1 Sistemática
 - 1.4.2 Reconocimiento de plántulas
- 2. Estudios socioeconómicos
 - 2.1 El agricultor y la maleza
 - 2.2 La maleza en el medio ambiente
- 3. Control químico
 - 3.1 Desarrollo y uso de herbicidas
 - 3.2 Modo de acción de herbicidas
 - 3.3 Equipos y técnicas de aplicación
 - 3.4 Efectos del medio ambiente (suelo, lluvias, temperatura, etc.)
 - 3.5 Herbicidas y el medio ambiente
 - 3.6 Influencia de los herbicidas en otros problemas
 - 3.7 Interacción entre pesticidas
- 4. Control no químico
 - 4.1 Mecánico
 - 4.2 Biológico
 - 4.3 Genético
 - 4.4 Prácticas de manejo
 - 4.5 Modificaciones del habitat
 - 4.6 Cultural - preventivo
 - 4.7 Legal
- 5. Actividades de integración
 - 5.1 Efectos múltiples de plagas
 - 5.2 Integración de prácticas
 - 5.3 Umbrales múltiples
 - 5.4 Capacitación, extensión
- 1. Estudios biológicos

Los estudios biológicos de las malezas son la materia prima para la estructuración de un programa de manejo. Los métodos de control actualmente en práctica, se dirigen a la planta en su fase de emergencia o en etapas posteriores de su desarrollo. Salvo en contadas excepciones las estructuras reproductivas de las malezas son tenidas en cuenta en los planes de control.

Es oportuno destacar que es en sus semillas donde las malezas esconden las estrategias de sobrevivencia. Por esto el conocimiento de las características biológicas más sobresalientes de la reproducción de las malezas deben estudiarse para incluir a las semillas en los programas de manejo de una especie. Algunos fenómenos como latencia, longevidad y viabilidad influyen en la habilidad de una maleza para dispersarse y establecerse, lo mismo que para ayudarla a escapar a los sistemas de control.

Mediante la latencia de sus semillas las malezas regular su época de germinación que se extienden gradualmente para que las medidas de control que se hacen programadas solo alcancen a cubrir una determinada fracción de la población. Aún en el caso de los herbicidas aplicados al suelo y que tienen cierta persistencia, la duración de su acción tiene un término que puede ser superado por el periodo de latencia de una semilla. Además, la longevidad permite que una semilla de una maleza pueda permanecer viable en el suelo por muchos años, en espera de condiciones propicias para germinar y son estas las que ignoramos. De ahí las dificultades que encontramos cuando necesitamos hacer germinar semillas de malezas fuera de su ámbito natural.

Si pudiéramos hacer germinar las semillas de una determinada especie en el campo a nuestra voluntad, podríamos ubicar con mayor precisión las prácticas de control, debilitando la reserva de semillas que en un momento tiene el suelo.

Sabemos de dos factores que nos ayudan a promover la germinación de las malezas en condiciones de campo: la humedad del suelo y las prácticas corrientes de preparación del terreno. Pero el tiempo de espera entre las primeras lluvias, la remoción del suelo que promueven la germinación y la labor de destrucción de esta población de malezas tiene que balancearse cuidadosamente para lograr una abundante emergencia de plántulas sin que las primeras en hacerlo alcancen a producir nuevas estructuras reproductivas. Por esto debemos conocer el ciclo de vida de las malezas. Si la labor de destrucción de las malezas con miras a reducir la reserva de ella en el suelo se hace demasiado tarde después de la emergencia de las primeras, es posible que éstas alcancen a producir rizomas, estolones o semillas con su debida madurez fisiológica para continuar reinfestando el suelo.

También nos puede ser útil, el conocimiento del ciclo de vida de las malezas para mejorar la eficiencia de los planes de rotación como elemento integrante de sistemas de manejo. Si en un campo donde existe una especie de maleza cuyo periodo vegetativo se adapta al ciclo de cultivo con el cual crece y se hace una rotación con un cultivo de ciclo más corto, es posible reducir la población de esta maleza. Esto se ha observado con algunas malezas en campos de maíz donde la rotación con un frijol de ciclo vegetativo corto ha ayudado a reducir la población de dichas especies.

Cuando se analizan las malezas por su efecto directo de interferencia (alelopatía y competencia), se escapa un área de mucha importancia, cual es la interacción ecológica o sus puntos afines con otros organismos en el agrosistema y el efecto que sobre ellos tiene el medio ambiente. Para este tipo de estudios no es necesario llegar a descubrir todas las conexiones existentes entre los organismos involucrados.

Se requiere conocer las relaciones más influyentes entre los organismos que más participan en la producción de un cultivo. Nos referimos entonces a las relaciones maleza-plagas y los elementos biológicos que regulen sus poblaciones (enemigos naturales). La relación entre estos dos grupos está influida por las condiciones abióticas: suelo y clima.

Estas condiciones son muchas veces factibles de manejar mediante prácticas agronómicas corrientes: riego, fertilización, drenajes. Las características climáticas son las más difíciles de cambiar, pero su efecto directo sobre las fases de crecimiento de cultivo y sus plagas puede alterarse cambiando las épocas y densidades siembra y otras prácticas culturales. Existen muchos ejemplos de malezas que hospedan insectos, nemátodos, hongos, bacterias, etc., los que son igualmente dañinos al cultivo. También existen ejemplos de relaciones entre malezas y enemigos naturales de las plagas. Sin embargo, estamos carentes de información sobre las relaciones biológicas de estos organismos y el papel que juegan en esta relación las condiciones abióticas. Con esta información podríamos hacer más eficientes las ayudas del control biológico.

Un aspecto importante de las interacciones ecológicas es el fenómeno de la alelopatía, cuya acepción más amplia cubre tanto los efectos benéficos como los dañinos que una planta puede causar a otra mediante la liberación al medio de sustancias especiales. En forma más restringida, el término se aplica únicamente al efecto dañino. La posibilidad de usar la alelopatía en prácticas de manejo de malezas ya ha sido demostrada y usada en condiciones comerciales y su eficiencia puede mejorarse en un futuro cercano.

Igualmente, en el manejo de poblaciones se debe tener presente el fenómeno del desplazamiento de poblaciones de malezas por efecto de algunas prácticas de control o labores de cultivo.

Algunas malezas de reproducción vegetativa son favorecidas por las frecuentes labores de preparación del campo, mientras que otras prosperan mejor bajo la cero labranza. Esta diferencia de respuesta se ha utilizado para frenar el desarrollo de algunos tipos de maleza mediante la labranza reducida. Igualmente el cultivo sembrado tiende a asociarse mejor con determinado grupo de malezas. El arroz de riego y de secano son buenos ejemplos de como la población de malezas se puede desplazar rápidamente. Sin embargo, son los herbicidas los agentes de cambio de la vegetación más eficientes de todos los sistemas de control. La especificidad de ellos y su selectividad para determinado grupo de plantas, hace que en pocos semestres la población de malezas de un campo cambie totalmente. Se puede apreciar como los herbicidas graminicidas utilizados en cultivos de hoja ancha en poco tiempo hacen que las especies dominantes sean dicotiledóneas.

El hecho de que algunas prácticas de cultivo sean determinantes en el tipo de malezas que se desarrollen en un campo, puede ser utilizado en sistemas de manejo con el fin de manipular a nuestro favor algunas especies que sean útiles. En los canales de riego y drenaje en áreas tropicales, por ejemplo, mediante el empleo de herbicidas selectivos (MSMA y hormonales) podemos promover la cobertura de zacate bermuda (Cynodon dactylon). Esta gramínea a la vez que nos protege el talud de la erosión, una vez se establece, limita el desarrollo de las malezas.

Finalmente debemos reconocer la contribución de uno de los aspectos más estudiados en nuestro medio sobre la biología de las malezas: la taxonomía. Existen muchos manuales para clasificación de especies y ellos son un buen instrumento. Debemos, sin embargo, adentrarnos más en la sistemática para no solo nominar las malezas, sino también para monitorearlas y cuantificarlas. Estos dos aspectos son fundamentales en las prácticas de manejo y sobre ellos hemos trabajado poco. Debemos conocer, además de la clasificación taxonómica, el número de malezas por metro cuadrado, su abundancia o densidad, para con esta información hacer un seguimiento a las variaciones que con el tiempo se presenten en la población. Estos parámetros se consideran como absolutos, pero también podemos trabajar con parámetros relativos: dominancia y frecuencia.

Todos los estudios anteriores los necesitamos para medir el efecto competitivo de una especie determinada, su dinámica de poblaciones y predecir su desempeño ante determinadas variables.

Estudios socioeconómicos

En casi todos los escritos sobre importancia de las malezas se encuentran datos que muestran cuanto afectan éstas los rendimientos del cultivo. Esta información se ha obtenido de experimentos donde se comparan los rendimientos de parcelas totalmente invadidas por las malezas con parcelas siempre libres de competencia. Generalmente las áreas donde se hacen estos estudios son dominadas por especies de malezas de gran agresividad, las cuales se han vuelto dominantes. Otro factor común en estas pruebas es la uniformidad de prácticas agronómicas, tales como: control de enfermedades e insectos, riegos, fertilización, preparación del terreno, etc. De esta manera el posible efecto positivo o negativo de las malezas al interactuar con otros elementos del agrosistema no se ha tomado en cuenta. Igualmente la duración del efecto de la competencia de las malezas al cultivo, se observa únicamente durante un ciclo del mismo. Este factor también puede desviar la precisión de muchas observaciones que a más largo plazo pueden tener magnitudes y direcciones diferentes a las evaluadas en una cosecha.

Para muchas áreas tropicales no tenemos estudios sobre otros elementos de la competencia como son: épocas críticas, niveles de malezas tolerables; las relaciones entre costos de control, la población controlada y los rendimientos del cultivo (umbrales económicos). También se debe tener cuidado cuando se compara la eficiencia de diferentes sistemas de control. En estas comparaciones no se toman en cuenta las implicaciones socioeconómicas que pueden traer los diferentes sistemas. En muchos sistemas de cultivos se ve la necesidad de integrar diferentes alternativas de control buscando en ellos sus mejores contribuciones al agrosistema como un programa que se extiende en el tiempo. Algunas medidas, que si bien no son las más eficientes en primera instancia, su aporte benéfico es evidente después de varias cosechas.

Resumiendo, necesitamos hacer énfasis en los análisis de costos de control de las malezas no solo en lo relativo a la disminución que ellas pueden causar a los cultivos, sino también por la retribución que un manejo adecuado de ellas, que no signifiquen necesariamente su eliminación, puede a largo plazo ofrecer al agrosistema. Por esto la importancia de la participación de los análisis socioeconómicos en estos programas.

Estudios de control químico

En la actualidad, el desarrollo de nuevos herbicidas por parte de la industria está sujeto a mayores controles y esto ha limitado el número de compuestos que aparecen en el mercado. Igualmente algunos de los productos más antiguos están siendo retirados del mercado por sus efectos al medio ambiente. Cada día hay mayor preocupación por la limpieza del medio ambiente y la ciencia ha progresado notoriamente en la detección de sustancias que de alguna manera puedan afectar a los organismos no involucrados en las medidas de control. Además de este aspecto que tiene que ver con la protección del medio ambiente, existe una permanente necesidad de conocer cómo los elementos de clima y suelo interactúan con los herbicidas. Si entendemos con mayor precisión estas interacciones, podremos emplear en mejor forma los herbicidas, logrando así mayor eficiencia y selectividad.

Para entender mejor estas características debemos profundizar en la investigación del modo de actuar de los herbicidas. En estos estudios son de especial ayuda la fisiología vegetal y la bioquímica. De nuevo, el modo de acción de los herbicidas no depende solamente de su naturaleza química, sino que intervienen muy decididamente el estado de desarrollo de la planta, el cultivo y las interacciones con las características de clima y suelo.

Un componente del uso de los herbicidas que es indispensable para el éxito de estos es el equipo de aplicación.

En la actualidad se están haciendo grandes esfuerzos para perfeccionar las técnicas de aplicación y poderlas amoldar a la gran diversidad de variables que se presentan en el campo del agricultor. Para los agricultores del trópico, esta parte del estudio del control químico de las malezas es muy importante, ya que mediante mejores y más versátiles equipos se puede aumentar notoriamente la eficiencia, seguridad y economía en el uso del control químico.

Como casi siempre en un agrosistema se necesita el empleo de más de un producto químico (herbicida, fertilizante, regulador de crecimiento, fungicida, etc.) es necesario estudiar la posible interacción entre ellos, ya no solo desde el punto de vista de compatibilidad física o química, sino biológica. Debemos conocer como el control de la vegetación puede influir en las prácticas de manejo de otras plagas o en la fertilización. Muy seguramente al actuar sobre un elemento biológico del agrosistema, los otros componentes deben sufrir variaciones y éstas deben ser medidas para poder incluirlas en nuestros planes de manejo integrado de plagas.

Finalmente, los herbicidas pueden influir sobre otra serie de factores distintos de las plagas. En muchas áreas agrícolas tropicales, los aspectos socioeconómicos son determinantes y un ejemplo puede ser el desplazamiento de mano de obra que depende de las labores del control manual de malezas para su sustento o en casos opuestos, el perjuicio al ocupar la población de edad escolar en prácticas de control. También debemos anotar en este punto, el peligro que el control químico en áreas de ladera puede traer a la estabilidad del suelo y su empobrecimiento por erosión.

Estudios de control no químicos

Para un buen número de pequeños agricultores en áreas tropicales, la única alternativa de control de malezas es la manual que incluye azadas o chapias. Para estos agricultores el cuidado con las malezas empieza al momento mismo de la preparación del campo para la siembra. En áreas de ladera, estas labores iniciales y las subsiguientes de control deben ser especialmente cuidadosas por el riesgo de la erosión del suelo. Cualquier práctica de preparación del terreno que cause remoción del suelo y a su vez lo deje expuesto al impacto de las lluvias es perjudicial para la estabilidad física del mismo. Principalmente cuando no se tienen barreras de algún tipo de vegetación que a ciertos intervalos, a través de la pendiente, frenen la velocidad del agua de escorrentía y retengan el suelo. Se recomienda entonces dejar algunas cortinas, preferiblemente de algunos zacates perennes, las cuales deben aislarse si para el inicio de las siembras se acostumbra las quemadas. Cuando las labores de preparación incluyen la remoción del suelo mediante azada o arado de tracción animal, la presencia de las cortinas vivas

es más indispensable. Para la siembra del cultivo deben seguirse las recomendaciones de los programas de conservación de suelos, sembrando perpendicularmente al sentido de la pendiente. En varias investigaciones realizadas sobre el efecto de las labores de preparación del suelo sobre la erosión, se ha encontrado que la labranza reducida y la cero labranza son prácticas que reducen notoriamente la erosión.

En cuanto a las labores de control de malezas en los cultivos ya establecidos en zonas de ladera, se deben preferir las chapias a las azadas, o si se hacen éstas, localizarlas alrededor de los árboles en el caso de café, frutales, plátano, etc., o de limpiar el surco en el caso de cultivos anuales, para usar chapias en las calles. De esta manera se protege el suelo y se limita la competencia de las malezas en el surco.

En valles pequeños y áreas planas en general, los agricultores usan mucha mecanización o tracción animal. Así, la preparación del campo con arado y las cultivadas para el control de malezas son muy frecuentes. En las herramientas manuales y de tracción animal hay un excelente campo de investigación, ya que la eficiencia de estas herramientas es factible de mejorar.

Dentro de las actividades de control de malezas no químico, las posibilidades del control biológico han sido poco estudiadas. Con frecuencia se indican casos aislados de insectos o patógenos atacando algunas especies de malezas, pero no hay mucha profundidad en las observaciones.

Para el caso de los insectos, el ataque de éstos es más fuerte cuando la maleza ya ha ejercido su efecto de competencia al cultivo. Además, las posibilidades del biocontrol en los sistemas agrícolas modernos están limitados por una serie de factores entre los que se anota el empleo de pesticidas. De ahí que sea interesante observar el comportamiento del control biológico bajo un sistema de manejo integrado. Otro campo importante de investigación es el de tratar de manipular la época de aparición del ataque de los insectos a las malezas o al menos entender mejor la dinámica de las poblaciones de los insectos y patógenos que puedan eventualmente ser agentes útiles en un programa de manejo integrado de malezas.

Otra herramienta frecuentemente mencionada en las actividades de manejo de malezas es la genética de los cultivos con el fin de lograr algunos de los siguientes objetivos: 1) plantas cultivadas más agresivas; 2) especies de cultivos resistentes a ciertas familias de herbicidas; 3) manejo de la alelopatía en beneficio del cultivo; 4) estudios fisiológicos de sistemas de cultivos para mejorar su competitividad.

Estos campos de acción han sido estudiados en forma preliminar y su utilización a nivel de campo como una ayuda en los programas de manejo integrado de malezas ya ha sido

demostrada para cada uno de los puntos referidos anteriormente.

También dentro de las prácticas de control no químicas, ciertas labores de modificación del habitat son factibles de realizar como parte de las prácticas agronómicas corrientes. Estas labores incluyen algunas prácticas de manejo del agro-sistema.

Como ejemplo de actividades para influir directamente en el habitat están los drenajes para limitar el desarrollo de algunas malezas de la familia Cyperaceae lo mismo que modificaciones de la reacción del suelo para hacerlo menos propicio a algunas especies. En cultivos de arroz de riego, un buen manejo del agua es una excelente ayuda en el manejo de las malezas en este cultivo. El sistema de fanguero, por ejemplo, reduce notoriamente las poblaciones de Cyperus rotundus (coyolillo, pimientilla, coquito). Igualmente, los cultivadores de arroz de riego en Guanacaste, el área arro-cera más importante de Costa Rica, usan una lámina de agua permanente durante las etapas iniciales de desarrollo del cultivo, para evitar las infestaciones de arroz silvestre y Rottboellia exaltata (caminadora), que son dos especies altamente limitantes en cultivos de arroz en esta zona.

Otras formas de manipulación de habitat para reducir la agresividad y competencia de las malezas incluyen las densidades de siembra del cultivo, las rotaciones y muchas de las labores de control conocidas como prácticas culturales.

La rotación de cultivos por sí sola altera la población de malezas en un campo y puede utilizarse para reducir la población de una determinada maleza. Si a este efecto del cultivo se agrega el efecto de las otras prácticas agronómicas (herbicidas, labores mecánicas, etc.) que influyen decididamente en la composición de la población de las malezas en un cultivo, tendremos entonces otros factores de integración dentro de un plan de manejo de malezas.

Estudio de actividades de integración

Las investigaciones en manejo integrado de plagas generalmente se han concentrado alrededor de alternativas de manejo de una plaga en particular, preferencialmente insectos y enfermedades. Hay pocos estudios que integren varios componentes y definan las relaciones entre ellos y el cultivo. Nos interesa el efecto de la presencia o eliminación que una o varias especies de malezas puedan tener sobre la población de otros elementos biológicos dañinos o benéficos. En qué tiempo durante el desarrollo del cultivo esa relación puede ser más crítica. Los efectos múltiples de las plagas han sido poco estudiados o solo desde un ángulo. Así por ejemplo, se denuncia que una maleza hospeda un determinado insecto o patógeno que puede ser perjudicial al cultivo presente o al de rotación, pero no se mide el posible grado de

beneficio que se pueda derivar de esta asociación. En algunas oportunidades el patógeno o insecto prefiere la maleza y ésta se puede entonces utilizar como una trampa o atrayente. Tendríamos entonces que medir y balancear el efecto combinado de la maleza como elemento de competencia al cultivo y como posible ayuda en el manejo de la plaga.

El Desmodium spp. es una especie leguminosa que resiste muy bien la sequía y prospera en suelos pobres de clima caliente en áreas tropicales. En cultivos de soya (Glycine max) debido al empleo de herbicidas selectivos a especies leguminosas, el Desmodium spp. escapa a los controles y llega a desarrollar poblaciones altas. El cultivo de soya se rota algunas veces con el cultivo de algodón, por lo que la presencia del Desmodium spp. que hospeda el gusano de las cápsulas del algodonnero, Heliothis virescens, sería de acuerdo con lo conocido, indeseable. Se considera que el Desmodium estaría incrementando el potencial del daño del Heliothis al cultivo de algodón.

Sin embargo, en recientes estudios del Programa de Entomología del Instituto Colombiano Agropecuario en Palmira, se encontró que un alto porcentaje del Heliothis que hospedaba el Desmodium se encontraba parasitado por diversos insectos benéficos. De esta manera, la maleza en vez de servir como agente multiplicador de la plaga, aportaba más bien una buena población de sus enemigos naturales.

De la misma maleza se sabe que en algunas zonas áridas donde los agricultores siembran maíz, el Desmodium es protegido por los mismos agricultores, quienes consideran que ella favorece el desarrollo del cultivo. Vale la pena recordar que el Desmodium es una planta leguminosa eficiente en la fijación de nitrógeno y que muy posiblemente este hecho haya sido reconocido empíricamente por los agricultores. A su vez, la capacidad competitiva del Desmodium en cultivos de maíz parece ser muy baja.

Finalmente, un campo que debe tenerse muy presente en las actividades de manejo integrado de plagas, es lo referente a la capacitación, extensión o implementación. Sin la armonización de estos elementos es imposible lograr éxitos en un programa de esta naturaleza. Por el tipo de cambio que esta actividad trae a los métodos imperantes de control de plagas, debe existir un programa muy completo sobre capacitación para poder llegar finalmente al agricultor que es quien debe decidir sobre el uso de la nueva tecnología.

LA EDUCACION EN MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Los programas universitarios en áreas del manejo integrado de plagas son muy recientes en Latinoamérica. En lo relativo al manejo integrado de malezas como actividad docente, ésta apenas se inició en los Estados Unidos en la década de los setenta. Para 1979 existían en este país 13 ins-

tituciones que ofrecían programas de M.S. en manejo integrado de plagas, dentro de los que se incluyen las malezas.

A nivel de Latinoamérica se han hecho algunos adelantos en la preparación de cursos de nivel de posgrado en el área de manejo integrado de plagas, enfocado principalmente al manejo de insectos.

Actualmente el CATIE está estructurando un programa de estudios de fitoprotección a nivel de M.S. En este programa se considera la capacitación de los estudiantes en técnicas de manejo de problemas fitosanitarios en los cultivos, no ya desde el punto de vista de una disciplina en particular, sino ampliando el criterio a un rango multidisciplinario integrado.

En forma general y con la idea de dar una información sobre los programas de capacitación en educación superior a los programas de manejo integrado de plagas en Estados Unidos, se da a continuación un esquema de la "Política para el Manejo de Problemas de Plagas" del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

En primer lugar se define MIP como "un adecuado sistema de selección, integración y uso de métodos de control que tengan en cuenta el factor económico, los aspectos ecológicos y las implicaciones sociológicas".

En concordancia con esta política de la Secretaría de Agricultura, la Administración para la Educación y la Ciencia (SEA) propuso un criterio de clasificación para los programas de educación en MIP donde se estudiarán los siguientes elementos:

Investigación básica. Que generará los conocimientos básicos requeridos para conocer las plagas y para desarrollar sistemas o estrategias para controlarlas en forma aislada o como un complejo de plagas. Ejemplos de esta investigación son: ciclos de vida, dinámica de poblaciones, resistencia bioquímica o natural, modo de acción de los pesticidas, epidemiología y ecología.

Investigación en componentes del control. El desarrollo de técnicas específicas de control y tecnología relacionadas: investigación en cultivares resistentes, razas de ganado; y métodos biológicos, culturales y químicos de control.

Nivel I de investigación en sistemas MIP. Consiste en investigación para la integración de dos o más técnicas de control para el manejo de una o varias especies de la misma clase, tales como malezas (bledo, kikuyo, artemisa). Un caso como estos se referirá como manejo integrado de malezas, de insectos y de nemátodos, etc.

Nivel II de investigación en sistemas MIP. Consiste en la investigación para la integración de dos o más sistemas

de manejo para dos o más grupos de plagas tales como enfermedades, insectos, malezas y nemátodos. Tales programas se referirán a sistemas en MIP.

Nivel I en sistemas de extensión. Donde de manera sistemática se producen recomendaciones tecnológicas para el manejo de un grupo determinado de plagas, tales como malezas, enfermedades, insectos y para uno o más productos agrícolas.

Nivel II en sistemas de extensión MIP. Que produce tecnología avanzada en sistemas de manejo de plagas que pertenecen a dos o más grupos tales como insectos y enfermedades; insectos y malezas en uno o más productos agrícolas.

Educación superior en MIP. Desarrollo y soporte de la educación MIP a nivel universitario.

Estudios económicos. Para evaluar las ventajas, desventajas, la posible implementación de los nuevos sistemas MIP y las estrategias relativas a las prácticas establecidas, la Administración para la Educación y la Ciencia lo mismo que las universidades cooperadas gastan cerca de US\$191 millones de dólares anualmente en el respaldo a este programa y otros relacionados con la reducción de las pérdidas causadas por las plagas. Esta cifra es menos de 0.5% de las pérdidas estimadas.

CONCLUSIONES

La marcada importancia de las malezas en un agrosistema se explica por su acción directa de competencia al cultivo, por su estrecha relación con otras plagas, por su acción positiva en favor del medio ambiente y por sus implicaciones socioeconómicas.

Sorprende entonces lo poco que hemos estudiado las malezas y la poca contribución que esta ciencia pueda en el momento ofrecer a las prácticas del manejo integrado de plagas.

El conocimiento básico en el que se apoya el manejo integrado de plagas, puede ser más fácilmente cuantificado para las malezas que para las otras plagas.

LITERATURA CONSULTADA

ALLEN, G.E. and BATH, J.E. 1980. The conceptual and institutional aspects of integrated pest management. *Bioscience* 30:658-663.

- AKOBUNDU, I.O. 1983. Weed management in relation to herbicide use and selectivity in grain legumes. In: Proceedings of the International Workshop in Integrated Pest Control for Grain Legumes. 3-9. April 1983, Goiania, Goiás, Brazil.
- BALDWIN, F. L. and SANTELMAN, P.W. 1980. Weed Science in integrated pest management. *Bioscience* 30:675-678.
- FERNANDEZ, O.A. 1982. Manejo Integrado de Malezas. *Planta Daninha, (Brasil)* (2):69-79.
- DUKE, S.O. Ed. 1985. *Herbicide physiology*. Boca Raton, Florida, CRC. sp.
- INTEGRATED PEST MANAGEMENT. 1982. Council for agricultural Science and Technology. Report No. 93. March 1982, pp. 17-24.
- PARK, S.J. 1976. The identification and utilization of weed biology information. *Weed Science* 24:282-287.
- PENNER, D. 1982. Integrated approach to teaching integrated pest management. *Weed science supplement to volumen 30*. pp. 46-47.
- SCHREIBER, M.M. 1982. Modeling the biology of weeds for integrated weed management. *Weed Science supplement to volumen 30*. pp. 13-15.
- WALTER, H. (Ed.). 1982. *Plits. Weed management in the Philippines: Report of Seminars*. 1983/1(1): 184 p.
- ZANDSTRA, B.H. and MOTOOKA, P.S. 1978. Beneficial effects of weeds in pest management: ...a review. *PANS*, 24:333-338.

LA ENTOMOLOGIA EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Ph.D. Luko Milje Quir6st

En todo ecosistema natural, ya sea un bosque, una sabana, un lago, un río o el mar, existen organismos vivientes cuyas funciones son diferentes, según la forma en que capturan y utilizan la energía y los nutrientes disponibles. Es por ello que se puede decir que en todo ecosistema existe una estructura trófica o alimentaria, constituida por niveles tróficos, de organismos productores de alimentos (como las plantas y algas), de aquellas que las consumen (consumidores primarios, secundarios y terciarios) y de los que los descomponen cuando mueren (descomponedores o desintegradores).

Históricamente, el hombre ha destruido o modificado muchos ecosistemas naturales y ha creado otros. Entre los ecosistemas artificiales más comunes figuran los agroecosistemas establecidos para plantar cultivos de importancia alimenticia o textil, o con propósitos pecuarios. En estos agroecosistemas, los organismos productores son las plantas de maíz, frijol, arroz, papa, tomate, pastos, etc., las malezas que compiten con ellas y otras plantas silvestres. A partir de la radiación solar y del agua y los nutrientes tomados del suelo, estas plantas, mediante la fotosíntesis, producen estructuras y materiales alimenticios que son aprovechados por los animales y por los organismos patógenos, tales como: hojas, tallos, ramas, raíces, brotes, yemas, savia, flores, frutos y semillas. Los organismos que consumen estos recursos son los virus, bacterias, hongos, nemátodos, insectos, ácaros, aves, mamíferos (los roedores, sobre todo) y algunos reptiles.

Nos interesa aquí hablar acerca de los insectos, animales estudiados por la entomología. Ellos son, como vemos, uno de los grupos de organismos consumidores primarios, también denominados herbívoros o fitófagos y, además, el grupo más importante. En nuestro planeta existen unas 700.000 especies de insectos, ya descritas y reconocidas, de las cuales 361.000 son de herbívoros (Strong *et al.*, 1984). Aunque existen unos treinta órdenes de insectos, siete de ellos son los que contienen la mayor parte de los herbívoros (Cuadro 1). Como se aprecia, prácticamente todas las larvas de mariposas y polillas (Lepidoptera), así como las ninfas y adultos de chapulines y grillos (Saltatoria), de chinches (Hemiptera) y de chicharras, chicharritas, pulgones y escamas (Homoptera), se alimentan de estructuras de la planta o

*Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

de savia. Aunque solamente el 34.5% de los abejones (Coleoptera) se alimenta de material vegetal, ello representa unas 97.000 especies, lo cual hace de este orden el segundo en importancia.

Cuadro 1. Principales órdenes que contienen insectos herbívoros.

Orden	No. total de* especies	% de especies** herbívoros
Coleoptera	280.000	34.5
Hymenoptera	108.000	10.9
Lepidoptera	113.000	99.0
Diptera	85.000	28.9
Hemiptera y Homoptera	55.000	90.7
Saltatoria	20.000	99.0

*Cifras tomadas de Daly et al. (1978).

**Cifras tomadas de Strong et al. (1984).

Todos los organismos herbívoros podrían ser plagas. Pero no basta con que un insecto se alimente de un cultivo para que sea considerado como plaga. En el concepto de plaga lo fundamental es la densidad de la población de un insecto. Si ésta es anormalmente elevada y, con ello, afecta negativamente la producción, en perjuicio del hombre, entonces si se clasifica al insecto como plaga. Es muy importante reconocer que aunque en todo cultivo existen muchísimas especies de insectos herbívoros afectándolo, no todas alcanzan esa condición o status de plaga. Por ejemplo, unas 1500 especies de insectos atacan a los cultivos en América Central (Saunders et al., 1983), pero la mayor parte son plagas secundarias, es decir insectos cuyas densidades poblacionales no son lo suficientemente altas como para que se les considere plagas verdaderas o primarias. En Costa Rica existen 15 especies de plagas en el algodón, 14 en el café, soya y tabaco, y 13 en el banano y arroz (MAG, 1983), pero no todas muestran igual importancia en cada cultivo.

Las plagas primarias, ya sean de origen nativo o foráneo, demandan los mayores esfuerzos y costos de combate. Cuando los esfuerzos de combate se basan en el uso unilateral y desmedido de plaguicidas, ello puede afectar a las plagas secundarias, de modo que adquieran el status de plagas primarias. Por ejemplo, antes de 1950 había dos plagas primarias del banano en Costa Rica, una exótica (Cosmopolites sordidus) y una nativa (Chaetanophothrips orchidii), pero en 1959 ya había nueve plagas más, todas de lepidópteros, debido al uso exagerado de dieldrin (Stephens, 1984). DeBach (1974) describe varios casos análogos a éste,

para otros países. Aunque resulte paradójico que un insecticida "produzca" plagas en vez de anularlas, ello se explica por la mortalidad de los parasitoides y los depredadores, que son los enemigos naturales de las plagas.

Los parasitoides y los depredadores ocupan el tercer nivel trófico en un agroecosistema, es decir, el de consumidores secundarios o carnívoros primarios. Casi todos pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera; en el planeta existen unas 200.000 especies de himenópteros, de las cuales 100.000 son parasitoides, y 90.000 de dípteros, de las cuales 11.000 lo son también (Askew, 1971). Ellos están presentes en todo agroecosistema y con su actividad biológica regulan la densidad de población de algunos herbívoros, evitando que se conviertan en plagas; incluso algunas plagas primarias son atacadas por enemigos naturales, pero la magnitud del ataque resulta prácticamente insignificante para evitar su daño. Los enemigos naturales de las plagas no representan el último nivel trófico imaginable en un agroecosistema. Existen, a veces, insectos que parasitan a los depredadores e insectos que parasitan a los parasitoides, estos últimos denominados hiperparasitoides; es decir, ellos representan un cuarto nivel trófico, el de consumidores terciarios o carnívoros secundarios.

Además de los insectos herbívoros y los carnívoros, en un agroecosistema están presentes insectos que realizan otras funciones. Algunos atacan ramas, semillas y frutos caídos, acelerando su desintegración y promoviendo así la incorporación de los nutrientes al suelo. Otros, como abejas y mariposas, actúan como polinizadores, haciendo posible la producción de frutos comercializables, tales como tomates, ayotes, chayotes, melones, etc.

El conocimiento de todos estos grupos de insectos y de las funciones que ellos efectúan en los agroecosistemas, resulta fundamental para la implementación de programas de manejo integrado de plagas.

La idea central del manejo integrado de plagas es la de jugar con la densidad de éstas, de modo que no sobrepasen el nivel económico de daño. Para ello, ante cada situación específica de plaga, se debe elegir la combinación de métodos que hagan posible esto, pero debe darse prioridad a aquellos que, como las prácticas agrícolas o culturales y el control biológico, tienen un mayor grado de permanencia en el tiempo y simulan condiciones más afines a las que se presentan en la naturaleza.

Entre las prácticas agrícolas existen varias posibilidades, tales como la rotación de cultivos, los cultivos de trampa, las fechas y métodos de siembra y cosecha, la higiene en el campo, el manejo de malezas, el uso de cultivos combinados, etc., todos los cuales incorporan, para su aplicación, el conocimiento de los hábitos, ciclo de vida, abundancia estacional, etc. de cada plaga en particular. Un método promisorio es la combinación de cultivos, en oposi-

ción al monocultivo. Risch *et al.* (1983), en una revisión de los casos en que se ha diversificado cultivos a través de la asociación de cultivos diferentes y del manejo de plantas silvestres (Cuadro 2), muestran que la diversificación produce el decrecimiento de las poblaciones de las especies plaga, lo cual sucede para el 53% de las especies; sin embargo, las cifras no son absolutamente contrastantes, puesto que incluso en el 19% de las especies sus poblaciones más bien aumentan en el cultivo diversificado. Al parecer, cuando la diversificación reduce el impacto de la plaga, lo hace por la dificultad que enfrenta ésta para hallar y utilizar su cultivo preferido, más que por aumentar las densidades de los enemigos naturales de la plaga (Risch *et al.*, 1983).

Cuadro 2. Número de casos y de especies de insectos herbívoros cuya abundancia varía, al comparar agroecosistemas diversificados con monocultivos.

Herbívoros	Más abundantes	Indiferentes	Menos abundantes	Variado	Total
No. casos	89 (11.2%)	207 (26.1%)	496 (62.2%)	.	792
No. especies	36 (18.2%)	18 (9.1%)	105 (53%)	39 (19.7%)	198

Fuente: Risch *et al.* (1983)

El control biológico se basa en la capacidad regulatoria que pueden ejercer las poblaciones de insectos parasitoides y depredadores sobre aquellas de las plagas. En el caso de las plagas nativas, lo aconsejable es la conservación de sus enemigos naturales mediante el mejoramiento de su hábitat o, al menos, evitando el uso indiscriminado de plaguicidas inespecíficos. Para las plagas exóticas o foráneas se puede importar sus enemigos naturales desde su zona de origen y garantizar su conservación una vez colonizados. DeBach (1974) relata muchos casos de éxitos utilizando estos métodos, a nivel mundial.

La producción de variedades o cultivares resistentes a las plagas es un método que procura dificultarle al insecto herbívoro el consumo de su planta hospedera, ya sea por no preferencia, tolerancia o antibiosis. Constituye un "retorno" a lo que sucede en la naturaleza donde, como resultado de un período de cientos de miles o de millones de años en el que el insecto herbívoro y su planta hospedera han coevolucionado, se ha establecido un balance que permite al insecto explotarla sin aniquilarla. Este proceso evolutivo es palpable aún en intervalos cortos, como lo ilustra

la aparición de biotipos de la plaga en respuesta al mejoramiento genético efectuado en algunos cultivos para protegerlos contra su ataque.

El diseño y utilización de otros métodos de combate, tales como las sustancias repelentes, los atrayentes sexuales (feromonas) y alimenticios, las hormonas de crecimiento, la liberación masiva de insectos estériles, los métodos físicos y los plaguicidas, han implicado el desarrollo de estudios muy detallados y profundos acerca de la fisiología, la morfología y el comportamiento de diferentes grupos de insectos plagas. Estos métodos, aunque no sean permanentes en el tiempo, encierran una gran utilidad potencial, cuya expresión concreta depende de cada caso particular de plagas. De ellos, el más utilizado son las sustancias tóxicas o plaguicidas.

Los plaguicidas son, sin duda, un arma muy poderosa para combatir a las plagas. Aquellos que no producen efectos cancerígenos, teratogénicos, esterilizantes, mutagénicos, fitotóxicos o el deterioro y la muerte de la vida silvestre, deben ser utilizados de manera racional. Para ello, es necesario valorar no solo la capacidad genética y ecológica del insecto para evolucionar, la tolerancia o resistencia a un insecticida, sino que también el efecto de los insecticidas sobre los enemigos naturales de las plagas y los polinizadores de los cultivos. El incremento de la producción de plaguicidas selectivos, tales como los bacterianos y los virales, es deseable ecológicamente, pero poco factible económicamente, por su baja rentabilidad para las compañías manufactureras.

Lo anotado hasta aquí revela no solo la importancia de los insectos, como organismos, en los agroecosistemas, sino que también la contribución de la entomología, como disciplina científica, en el combate de los insectos plagas. La entomología se enriquece con los enfoques de la morfología, la fisiología, la sistemática, la ecología, la etología, la toxicología, la genética, etc. para dar respuesta a los problemas suscitados por insectos que se convierten en plagas y tiene así un espacio inmenso, casi inagotable, de aporte dentro de la perspectiva del manejo integrado de las plagas.

LITERATURA CONSULTADA

- ASKEW, R.R. 1971. Parasitic insects. New York. American Elsevier. 316 p.
- DALY, H.V., DOYEN, J.T. y EHRLICH, P.R. 1978. Introduction to insect biology and diversity. New York, McGraw-Hill. 564 p.

- DeBACH, P. 1974. Biological control by natural enemies. London, Cambridge University. 323 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). 1983. Manual de recomendaciones. Cultivos agrícolas de Costa Rica. Boletín Técnico No. 62. 234 p.
- RISCH, S.J., ANDOW, D. y ALTIERI, M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions. Environ. Entomol., 12(3):625-629.
- SAUNDERS, J.L., KING, A.B.S. y VARGAS, C.L. 1983. Plagas de cultivos en América Central; una lista de referencia. CATIE. Serie Técnica. Boletín Técnico No. 9. Turrialba, Costa Rica. 147 p.
- STEPHENS, C.S. 1984. Ecological upset and recuperation of natural control of insect pests in some Costa Rican banana plantations. Turrialba, 34(1):101-105.
- STRONG, D.R., LAWTON, J.H. y SOUTHWOOD, R. 1984. Insects on plants; community patterns and mechanisms. Oxford, England, Blackwell, . 313 p.

LA OFERTA Y LA UTILIZACION DE LOS SERVICIOS DE INFORMACION Y DOCUMENTACION EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Orlando Arboleda, M.Sc.†

LA LINEA DE INFORMACION DENTRO DEL PROYECTO MIP

El Proyecto de Manejo Integrado de Plagas - MIP con sede en el CATIE y con el aporte de la Oficina Regional para Programas Centroamericanos-AID de los Estados Unidos de América, tiene como finalidad la de fortalecer la capacidad de las instituciones nacionales y regionales en Centro América y Panamá, para desarrollar e implementar prácticas de Manejo Integrado de Plagas a través de la investigación, la capacitación y los servicios de asesoría.

La realización de este esfuerzo conjunto se debe a que se han identificado pérdidas muy significativas en los cultivos y en las cosechas causadas por plagas tales como: enfermedades de las plantas, insectos, nemátodos, malezas, aves, etc. Se estima que estas pérdidas ascienden a un 25 y un 40% del total de la producción potencial. Cifras conservadoras del impacto de estas plagas y su control en la economía de la subregión refleja un costo anual entre 650 y 800 millones de dólares, según estudios de la FAO, USDA, UNIDO y CATIE, entre otros.

El Proyecto MIP para su implementación debe enfrentar varias situaciones que podrían afectar su aceptación. Entre las más importantes se mencionan las siguientes:

- Insuficiente personal involucrado en el sector agrícola con capacitación en práctica y principios de Manejo Integrado de Plagas.
- Escasa información y procedimientos para una identificación correcta de problemas relacionados con las plagas y la estimación de su impacto económico.
- Falta de comprensión y apoyo para la realización de proyectos interdisciplinarios de investigación, acompañados de programas de capacitación y demostración.
- Falta o inaccesibilidad a la información relacionada con el desarrollo e implementación de Manejo Integrado de Plagas MIP.
- Insuficiente comunicación y cooperación entre personas e instituciones que trabajan en protección de cultivos en la región.

†Especialista en Información, Proyecto MIP/CATIE, Turrialba, Costa Rica

Con el fin de vencer los obstáculos antes mencionados y agilizar el cumplimiento de los objetivos propuestos dentro del Proyecto MIP, se propone como una de sus metas principales, el establecimiento de un Centro Regional de Información sobre Manejo Integrado de Plagas. Este Centro funcionará en coordinación y cooperación con infraestructuras de información y recursos documentarios existentes en el CATIE y el IICA/CIDIA, así como con las bibliotecas y centros de documentación agrícola de los países de Centro América y Panamá. Las líneas básicas de acción, en esta fase de planeamiento y organización del Centro de Información, son las siguientes:

1. Desarrollo gradual de servicios automatizados de información y manejo de datos bibliográficos y no bibliográficos en áreas de MIP y disciplinas afines.
2. Ofrecimiento de servicios de referencia, difusión o información y búsquedas bibliográficas.
3. Incremento del acceso de los usuarios a los documentos y fuentes de información, a través de servicios de reproducción de documentos, consulta de colecciones especializadas y fomento del intercambio de datos e información entre instituciones del sector.
4. Producción y distribución de materiales informativos, guías, directorios y servicios de alerta informativa.
5. Orientación y capacitación en utilización y manejo de fuentes de información y documentación especializada.

LA INFORMACION Y SU PROBLEMÁTICA EN LA REGION

Se ha discutido y escrito ampliamente sobre si en nuestros países, tanto como en sociedades más industrializadas, se produce y se utiliza intensamente la información. Sobre este tema es difícil llegar a resultados absolutos. Sin embargo, la opinión más cercana a la realidad es que en realidad se produce apreciable volumen de datos e información.

El proceso de la información, o mejor, el ciclo de la generación y uso de información está constituido por diferentes fases interactuantes que en la práctica devienen en complejidades. Por esta razón, es apropiado aceptar que si se produce un volumen significativo de información. (Ver cuadro comparativo de dos bases de datos agrícolas). La fase de producción es distinta a la de almacenamiento, distribución y utilización.

Son justamente estas últimas fases las que constituyen el área crítica del proceso de transferencia de información

en los países de la región. El Proyecto MIP/CATIE orientará su acción y los recursos necesarios para promover, participar y realizar actividades tendientes a mejorar la difusión y la utilización de los datos e información relacionados con MIP. Las formas en que una institución o grupo de personas utiliza un servicio especializado de información estarán determinadas por las necesidades reales de información de los usuarios. El desarrollo de las instituciones y la operación de los proyectos requieren información de varios tipos pertenecientes a las áreas científica y tecnológica; económica, incluyendo financiera y comercial; social, cubriendo aspectos demográficos.

También se requiere información en varias formas, tales como: informes técnicos, avances de investigación, tesis, artículos de revistas, ponencias a reuniones, bibliografías, materiales de enseñanza, patentes, normas, leyes, datos y cuadros estadísticos. Con frecuencia se requieren respuestas a preguntas específicas, como en el caso de alternativas y métodos para combatir una plaga en particular.

Antes de entrar a explicar el tipo de servicios especializados de información del MIP y de comentar la política de su ofrecimiento a los usuarios de la región, es preciso presentar un cuadro del ambiente en que debe desarrollarse y operar un centro o sistema especializado de información como el que se está desarrollando dentro del Proyecto MIP/CATIE.

Eric Baark (3) ha clasificado y detallado con gran propiedad las barreras nacionales e internacionales que frenan el desarrollo de los sistemas de información científica y técnica en países como los nuestros. Para efectos de esta exposición se hará una síntesis de estos obstáculos y se ofrecerán otros, propios de nuestra región:

- Infraestructura de información y documentación.

Se ha identificado que por lo general hay un grado elemental de desarrollo de los centros de documentación y bibliotecas especializadas, así como de otros servicios de información, resultado de la investigación y la experimentación. Esta circunstancia ha motivado que uno de los mecanismos más aceptados por los especialistas para alcanzar un mayor acceso a la información, sea a través de los llamados "colegios invisibles". Esto es, mediante la comunicación directa e informal, con sus colegas por correspondencia, teléfono, reuniones y grupos de trabajo, etc. Sin embargo las grandes distancias y la rigidez en los trámites administrativos de las propias instituciones, hacen que los nuevos avances lleguen con demasiado retraso. Así también las deficiencias en los medios de comunicación, no siempre propician el intercambio de información y la actualización de los conocimientos.

Dentro de este aspecto también el desconocimiento de idiomas y las diferencias, con otros países, en la in-

fraestructura para la adopción de tecnologías avanzadas y laboratorios mal equipados, no permiten que haya un interés común de intercambio de datos e información con países de mayor desarrollo.

- Apoyo institucional y económico

Uno de los factores que más afecta la transferencia de la información y el acceso a las fuentes, tanto nacionales como extranjeras, es en la mayoría de los casos, el escaso contenido económico que las instituciones del sector asignan a esta actividad, derivado casi siempre de una baja prioridad de esta línea de acción en los planes de trabajo de las instituciones y de los países.

Esta situación se vuelve más crítica, si se tiene en cuenta que los costos de los materiales impresos, su materia prima, las telecomunicaciones y el acceso a bases de datos extraregionales han alcanzado cifras astronómicas. Se complementa esta situación con la dificultad de manejar divisas extranjeras para cubrir los servicios y adquirir los materiales.

- Ofrecimiento y utilización de las fuentes de información

Por el lado del diseño y la oferta de servicios de información, se podría decir que hay una buena fase inicial de personal calificado con experiencia en el manejo de la información. Sin embargo, los factores antes señalados, influyen en que haya una alta rotación de este personal. A esto se agrega el hecho de que por lo general, las condiciones de trabajo no son lo suficientemente atractivas para mantener el personal adecuado en sus instituciones.

En el lado de la utilización de las fuentes y servicios, la tradicional escasez de bibliotecas en las etapas iniciales de la educación, así como los métodos de enseñanza, poco exigentes en cuanto a la consulta formal de las fuentes de información y la investigación bibliográfica, hacen que solo algunas autoridades, funcionarios e instituciones excepcionales, consideren la importancia del manejo de las fuentes de información como un elemento indispensable para el éxito de sus funciones.

LA ORIENTACION DE LOS SERVICIOS DE INFORMACION DEL PROYECTO MIP

Al considerar los principales obstáculos que presenta la situación en la región, en lo que concierne a la transferencia de información, el Proyecto MIP irá desarrollando su línea de información dentro del siguiente marco conceptual:

- Evitar la duplicación de esfuerzos y recursos técnicos, documentarios y económicos. Se establecerán por lo tanto

bases de cooperación con instituciones a fin de explotar al máximo los recursos existentes en los países de la región y en los organismos regionales que apoyan al sector.

- Hacer énfasis en la difusión del material y de las fuentes de información locales, nacionales y regionales. Se crearán o fortalecerán mecanismos que permitan hacer conocer más ampliamente la información y documentos no convencionales de interés para el MIP en Centro América y Panamá. Esta acción no implica un abandono de la información convencional internacional, la cual seguirá siendo promovida y conocida a través de los mecanismos de alerta informativa ya establecidos.
- Lograr que se considere el componente de información, como un ciclo en el cual participan regular y activamente tanto los generadores y usuarios de la información, como los especialistas en documentación e información. El equipo de expertos del MIP, desarrollarán como parte de sus funciones regulares, acciones de apoyo en áreas tales como selección, análisis y transferencia de información.
- Ofrecer un refuerzo a los mecanismos informales de intercambio de conocimientos e información de los especialistas en MIP. Se reflejará en el apoyo con datos información y documentación a los proyectos de investigación, las reuniones, talleres de trabajo, cursos, etc. También con la participación en la difusión de los materiales de enseñanza, investigación e información que se deriven de estos eventos.
- Participar en la promoción de manejo y uso de las fuentes de información. En este sentido se colaborará con las instituciones nacionales en el desarrollo de actividades de instrucción en el uso de los servicios especializados de información, y en el mejoramiento de sus propios servicios de documentación e información.
- Promover la utilización de tecnología apropiada en la explotación de las fuentes de información. El Proyecto MIP contempla la utilización de métodos automatizados para el manejo apropiado de volúmenes crecientes de datos e información. A medida que estas metodologías sean probadas y establecidas, serán transferidas a las instituciones adecuadas para trabajar con dichas metodologías en forma eficiente.

LOS SERVICIOS BASICOS DE INFORMACION SOBRE MIP

El énfasis del Proyecto será esencialmente en la satisfacción de las necesidades de información de los diferentes grupos de usuarios, enmarcada en las demandas de información y en cumplimiento de los objetivos del proyecto regional. En su fase preliminar y de prueba, se están poniendo en marcha algunos servicios y productos especializados en carácter promocional en la siguiente forma:

- "Boletín Informativo MIP". Publicación trimestral de distribución gratuita a las instituciones y funcionarios nacionales que desarrollan funciones relacionadas con MIP. Contiene noticias y avances del Proyecto en los países, así como datos de interés regional e internacional. Anuncios de reuniones, congresos, proyectos, misiones de cooperación, eventos y hallazgos en el área, actividades de capacitación, documentos de trabajo, publicaciones, resúmenes de investigaciones, etc.
- "Manejo Integrado de Plagas". Selección trimestral de documentos producidos por los expertos del MIP, o recomendados por ellos para que reciban una mayor difusión entre los técnicos del área. Se espera una activa participación de los funcionarios del MIP en esta actividad.
- "Páginas de Contenido: Manejo Integrado de Plagas". Por este medio, en forma trimestral, se hará conocer de los técnicos en los países, los contenidos de un selecto número de revistas y de informes o memorias de reuniones, disponibles en el Centro de Información MIP y en la Biblioteca Conmemorativa Orton del IICA/CIDIA en Turrialba, a través del servicio de fotocopias.
- "Bibliografía sobre Manejo Integrado de Plagas". Selección de unas 12000 referencias bibliográficas registradas en la base de datos del Sistema AGRINTER. Un alto porcentaje de los documentos descritos en esa base de datos está disponible en las colecciones del MIP y en la Biblioteca Conmemorativa Orton. Será actualizada y difundida periódicamente.
- "Difusión Bibliográfica". Bibliografías cortas y en áreas específicas, producidas o reproducidas en colaboración con el IICA/CATIE por métodos manuales o automatizados, en apoyo a los proyectos de investigación, capacitación y cooperación técnica del MIP.
- "Directorios, Guías, Catálogos". En etapas más avanzadas del Proyecto se crearán bases de datos no bibliográficos, las cuales permitirán generar listados o directorios de

instituciones, especialistas, programas, etc. También se producirán o actualizarán catálogos de plagas identificadas en los países de la región.

- "Búsquedas Bibliográficas en Temas Específicos". Servicio que se ofrecerá en atención a proyectos en marcha en las áreas de planeamiento, investigación, capacitación y asesorías. Las solicitudes serán atendidas con listados ya existentes en el "Banco de Bibliografías" o su actualización por métodos manuales o automatizados.
- "Servicios de Disseminación Selectiva de Fotocopias". Como apoyo y seguimiento a los servicios de "alerta informativa" y a la consulta de las fuentes de información a disposición del Proyecto MIP, se ofrecerá el servicio de reproducción de documentos a usuarios institucionales e individuales involucrados en las áreas de interés del MIP en la región.
- "Funciones de Instrucción y Cooperación Técnica en Información y Documentación". Mediante acciones de capacitación en el uso de las fuentes de información y apoyo técnico en el planeamiento y organización de servicios de documentación en los países de la región.

ANEXO 1

TEMAS BASICOS DEL SERVICIO DE INFORMACION
Y DOCUMENTACION DEL MIP

Los principios, métodos y prácticas del MIP participan tanto en su enunciación como en su aplicación de disciplinas que se interrelacionan e interactúan entre sí. Por esta razón es difícil hacer una delimitación estricta de los campos que cubre el MIP. Para efectos prácticos y metodológicos en la formulación de criterios de selección del material bibliográfico y en el diseño de servicios especializados de información, se han tomado las categorías de materia de AGRIS/AGRINTER*, como base para ofrecer una primera aproximación de los temas cubiertos por el servicio de información.

Las siguientes categorías de materia necesariamente requieren el aporte de los expertos en MIP, para sus ajustes y ampliación. Esto será de gran importancia para la creación, explotación y actualización regular de una base de datos especializada en MIP.

H00 Protección de Plantas y de Productos Almacenados

Consideraciones generales sobre los factores dañinos a las plantas y a los productos vegetales, y medidas para controlar o minimizar su influencia.

Métodos experimentales; pruebas de laboratorio; ensayos de campo; etc.

Consideraciones generales acerca de plaguicidas (insecticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, roenticidas, bactericidas, fungicidas, etc.) incluyendo sistemas preventivos y curativos, toxicología, dosificación de plaguicidas, persistencia del efecto del plaguicida, residuos.

Toxicidad y otros efectos colaterales de los plaguicidas en relación con el hombre y organismos benéficos.

H10 Plagas de las plantas

Animales (mamíferos, pájaros, nemátodos, moluscos e insectos, ácaros y otros) perjudiciales a las plantas, incluyendo árboles forestales y plantas acuáticas, y el daño que causan.

Animales como vectores de patógenos de plantas.

Biología de las plagas.

Reconocimiento de las plagas.

*Esquema de categorías de materias. Traducción de las categorías de AGRIS para uso del AGRINTER. IICA. Documentación e información agrícola No. 37 (Rev.) 1979. 130 p.

Materiales para el control de las plagas, equipo, métodos y programas (incluyendo el control cultural, químico, físico, mecánico, integrado y biológico); fitomejoramiento para control de plagas.

Inmunidad; resistencia de las plantas a las plagas, resistencia de las plagas a los plaguicidas.

H20 Enfermedades de las plantas

Patología vegetal, incluyendo enfermedades de árboles forestales y plantas acuáticas; enfermedades causadas por bacterias, hongos, virus, micoplasmas y los organismos causantes.

Materiales, equipo, métodos y programas para el control de las enfermedades de las plantas (incluyendo el control cultural, químico, físico, mecánico, integrado y biológico); fitomejoramiento para control de enfermedades.

Reconocimiento de enfermedades.

Inmunidad; resistencia de las plantas a infecciones.

H50 Trastornos misceláneos de las plantas

Trastornos nutricionales y fisiológicos, enfermedades causadas por deficiencias; su prevención y control.

Trastornos hereditarios en las plantas.

Daños causados a las plantas (pero no a los productos vegetales almacenados) por factores atmosféricos, fuego, equipo y otros agentes físicos o no biogénicos; su prevención y control.

Fitotoxicidad.

H60 Malezas

Malezas, incluyendo malezas forestales y acuáticas, y plantas superiores parásitas; sus efectos nocivos y su control plantas venenosas al hombre.

Herbicidas.

H70 Protección de productos almacenados de origen vegetal y animal

Plagas y organismos causantes de enfermedades perjudiciales a productos almacenados de origen animal o vegetal; su prevención y control.

Daños a productos almacenados causados por factores atmosféricos, fuego, equipo y otros agentes físicos o no-biogénicos.

ANEXO 2

LA INFORMACION Y LAS ACCIONES DEL PROYECTO MIP

	INFORMACION
INVESTIGACION:	
- IMPACTO ECONOMICO	
- METODOS-MODELOS-IMPLEMENTACION MIP	
- INVEST. SOCIOECONOMICA/TRANSF. TECNOLOGIAS	UTILIZA Y GENERA
DESARROLLO RECURSOS HUMANOS:	
- ACTUALIZACION/POTENCIAL MIP	
- PERFECCIONAMIENTO TECNICO-INVESTIG. EXTENSION, ETC.	UTILIZA
- DESARROLLO FUENTES TRANSFERENCIA CONOCIMIENTOS EN CATIE Y PAISES	TRANSFORMA TRANSFIERE
COOPERACION TECNICA:	
- APOYO Y SEGUIMIENTO INSTITUCIONES EN MIP	
- SERVICIOS DE DIAGNOSTICO-PLAGAS	
- CONTRIBUCION DESARROLLO MATERIALES Y PROGRAMAS DE CAPACITACION	TRANSFIERE DIFUNDE
- COLABORACION EN PLANEAMIENTO Y DESARROLLO PROYECTO INVESTIGACION	

ANEXO 3

COMPARACION DE DOS BASES DE DATOS AGRICOLAS

<u>Base de Datos</u>	<u>Fecha de Iniciación</u>	<u>Cobertura Geográfica</u>	<u>Número de Registros</u>	<u>Incremento Anual</u>	<u>Edad Años</u>
AGRIS (*)	1975	Mundial	955.891 (Dic.'83) 1190.366 (Dic.'85)	119.000	10
AGRINTER (**)	1977	América Latina y el Caribe	119.044 (Dic.'81) 144.575 (Dic.'85)	18.000	8
AGRINTER-NIP	1977	"	14.478 (Dic.'85)	1.809	8
AGRINTER-NIP	1977	Centroamérica	1.065 (Dic.'85)	134	8

* Sistema Internacional de Información sobre Ciencias y Tecnología Agrícolas (FAO).

** Sistema Internacional de Información Agrícola (IICA).

ANEXO 4

**NATURALEZA DE LA PARTICIPACION DE LOS ESPECIALISTAS
DEL MIP EN LA RED DE INFORMACION Y DOCUMENTACION REGIONAL**

(Se refiere a las actividades que realizan los especialistas del MIP, tanto en Turrialba, como en los países, relacionados con el proceso de transferencia de información).

- Selección y contacto con las instituciones y fuentes de datos e información de interés para el Proyecto y captación de documentos para las colecciones del MIP.
- Identificación de manuscritos o documentos susceptibles de ser publicados y difundidos en mayor amplitud en las series del Proyecto.
- Elaboración de materiales a ser considerados para publicación.
- Apoyo en la elaboración de resúmenes o "abstractos" de trabajos para publicación.
- Promoción en los países del uso de los servicios y productos de información MIP.
- Participación en la solución de consultas de los usuarios en aspectos específicos con información y datos.
- Colaboración con información para el boletín informativo trimestral del MIP.
- Promoción y búsqueda de apoyo institucional para el establecimiento y operación de mecanismos de comunicación e intercambio de información a nivel nacional y regional.
- Participación con información y datos para la actualización de las bases de datos, tales como: catálogos de plagas, información de diagnóstico, directorios de instituciones y especialistas, índices bibliográficos, glosarios, terminologías, etc.
- Selección y recomendación de personal para capacitación y cooperación técnica.

LITERATURA CONSULTADA

1. ARBOLEDA-SEPULVEDA, O. 1986. Servicios de Información y Documentación en Manejo Integrado de Plagas: Planeamiento y Organización. Turrialba, Costa Rica, CATIE/MIP, 22 p. (Documento de trabajo).
2. _____ y MORALES, D.A. 1981. Base de Datos Bibliográficos de América Latina y el Caribe en Ciencias y Tecnología Agrícolas. REVISTA AIBDA. 2(1):1-21.
3. BAARK, E. 1985. Constrains on the Flow of Scientific and Technological Information: a Review of Issues with Particular Reference to Developing Countries In Scientific and Technological Information for Development. New York, United Nations, pp. 107-112.
4. PRINCE-PERCIBALLI, I. 1979. Esquema de Categoría de Materias. Traducción de las categorías de AGRIS para uso del AGRINTER. San José, Costa Rica, IICA/CIDIA. 130 p.

RESISTENCIA A LOS INSECTICIDAS

Luis Alberto Monge, M.Sc.†

El desarrollo de poblaciones de insectos y ácaros es un problema bastante serio en la agricultura actual en nuestro país, y en el mundo en general. No obstante, en nuestro medio no ha sido estudiado el impacto tanto económico como ambiental de este problema.

Cualquier programa de control integrado que se pretenda aplicar debe contemplar un manejo óptimo de la resistencia que junto a las otras medidas de control, logre el objetivo primordial de mantener las poblaciones de plagas bajo el umbral económico.

Una población resistente es aquella que soporta dosis de insecticidas que serían mortales en una población normal de la misma especie. El desarrollo de la resistencia se debe a la aplicación constante y sucesiva de insecticidas que someten a una presión de selección a la población, sobreviviendo aquellos que poseen genes de resistencia.

Cuando una población de insectos adquiere resistencia a un insecticida aplicado, esta resistencia puede extenderse hacia otros productos no aplicados pero que poseen mecanismos de acción iguales o similares; a este fenómeno se le denomina resistencia cruzada positiva. En otras ocasiones se ha encontrado lo contrario cuando se adquiere resistencia a un insecticida, disminuye la resistencia hacia otros productos no aplicados; a este fenómeno se le denomina resistencia cruzada de negativos.

El principal mecanismo de desarrollo de resistencia en insectos es el bioquímico o fisiológico que en términos generales impone un proceso bioquímico que hace perder total o parcialmente la toxicidad de la molécula insecticida. Esta acción se realiza por alteración del sitio de acción en el insecto o a través de reacciones de hidrólisis, oxidación, reducción, isomerización, etc., catalizadas por enzimas específicas.

Existen algunos factores que propician el desarrollo de resistencia en las poblaciones de insectos y ácaros entre los que están:

1. Uso desmedido de insecticidas

Generalmente se aplican cantidades mayores a las recomendadas lo que genera una mayor presión de selección hacia estos productos con lo que se obtiene un mayor grado de resistencia.

†Coordinador Carrera Agropecuaria, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

2. Aplicación preventiva

Muchas veces se aplica insecticida en ausencia de la plaga o cuando esta se encuentra a niveles que no lo justifican. Esto también fomenta el desarrollo de resistencia.

3. Ausencia de criterios de evaluación del daño económico

Dado que existen muy pocos umbrales económicos determinados en nuestro país, muchas veces se aplica el producto sin que la plaga haya alcanzado un nivel que lo justifique.

4. Exigencias del mercado nacionales y de exportación

Hacen que el agricultor se exceda en las aplicaciones para satisfacer la "calidad" de la cosecha sin hacer uso de los umbrales económicos.

5. Las características moleculares de los insecticidas orgánicos actuales

Hacen que con un pequeño cambio en su estructura se modifique notoriamente la toxicidad del producto. Por otro lado la mayoría de estos insecticidas poseen un sitio de acción específico lo que trae como consecuencia que con un pequeño cambio en ese sitio de acción, se modifique también el efecto del insecticida.

6. El uso de mezclas de insecticidas

Es una práctica común en nuestra agricultura, esto puede generar problemas no solo en cuanto a la resistencia, sino también en cuanto a la compatibilidad y al efecto o acción que puedan ejercer estos productos mezclados.

7. En las grandes plantaciones se acostumbra hacer aplicaciones en toda el área de siembra sin evaluar la posibilidad de hacerlo solamente en los focos de infestación con lo que retrasaría el desarrollo de la resistencia.

8. La aplicación constante y sucesiva de solo un tipo de insecticida sin haber rotación con otros productos con diferentes características en cuanto a los mecanismos de resistencia hace que el desarrollo de ésta se presente rápidamente. Georghiou en 1983 hace mención a las áreas principales que se requieren en busca de una optimización del manejo de resistencia; estas áreas pueden observarse en la Figura 1.

El manejo óptimo de la resistencia de las plagas a los pesticidas es uno de los requisitos que debe cumplirse en un Manejo Integrado de Plagas.

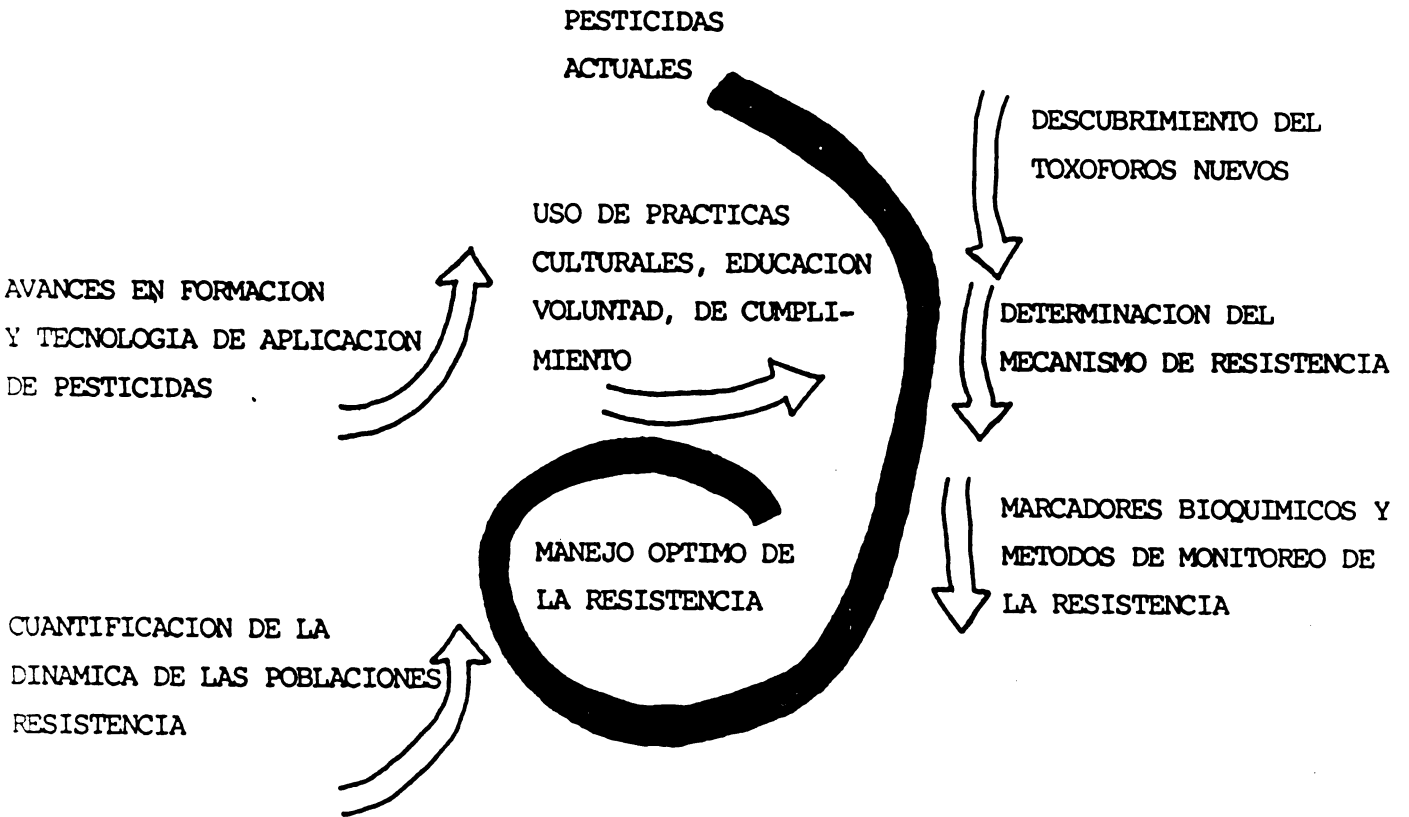


Figura 1. Areas principales que requieren énfasis en investigación en busca de la optimización del manejo de la resistencia. Según Georghiou, 1983.

LITERATURA CONSULTADA

- GEORGHIOU, G.P. 1983. Management of Resistance in Arthropods In Pest Resistance to Pesticides Edited by George P. Georhiou and Tetsuo Salto. Plenum Publishing Corporation. 769-792.
- _____ and MELLON; R.B. 1983. Pesticide resistance in time and space In Pest Resistance to Pesticides Edited by George P. Georhiou and Tetsuo Saito. Plenum Publishing Corporation. pp. 1-46.
- LAGUNES T., A. 1982. Manejo de insecticidas piretroides. Colegio de Postgraduados Chapingo, México. 29 p.
- _____ y RODRIGUEZ J.C. 1982. Clasificación de los insecticidas y acaricidas en base a sus mecanismos de resistencia. In Congreso Nacional de Entomología, 17o, Saltillo, Coah, México.
- _____ y _____ 1982. Análisis toxicológico de áreas agrícolas, In: Congreso Nacional de Entomología, 17o, Saltillo, Coah, México.
- MONGE V., L.A. 1986. Manejo racional de insecticidas, resistencia y rotación. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 74 p.

PARASITOIDES Y DEPRADORES, UN RECURSO PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

José Rutilio Quezada, Ph.D.*

INTRODUCCION

Es cada vez más un hecho que los enemigos naturales de las plagas (depredadores, parasitoides y organismos patógenos) constituyen un recurso valioso en el combate integrado. En esta presentación se tratarán solamente los depredadores y parasitoides que constituyen los grupos más estudiados y usados hasta la vez en los programas de control biológico.

Hace unos 20 años que DeBach (1964) señalaba que hasta 1963, solamente 15 especies de depredadores se habían introducido con éxito para combatir plagas en los Estados Unidos, en contraste con 115 especies de parasitoides. Debe hacerse énfasis en el hecho de que varias de las especies de depredadores introducidos produjeron resultados espectaculares en el control de escamas, cochinillas y huevos de saltahojas. Este tipo de presas, como se ve, son esencialmente sésiles, no sufren diapausa, no emigran y están asociados a plantas o cultivos perennes y siempre verdes.

Los depredadores, para ser efectivos, necesitan tener atributos como el multivoltinismo (varias generaciones al año), especificidad, capacidad de búsqueda de sus presas y sincronización de sus generaciones con las de la presa. Estos atributos coinciden con los de los parasitoides efectivos.

El ejemplo clásico de control biológico por medio de un depredador lo ofrece el coccinélido Radolia cardinalis, que hizo posible la supresión de la escama australiana, Icerya parviasi, en los cítricos de California (Doutt, 1964). Notables también son los coccinélidos Cryptolaemus montrouzieri, Cryptognathus cocciferus, así como los Chrysopa spp., Nabis, etc.

Los depredadores depredadores son abundantes y representados en prácticamente todos los Andenes (Cuadro II). Están presentes en comunidades naturales, tanto acuáticas como terrestres, así como en los cultivos anuales o perennes, lo cual es de un interés especial para los programas de manejo integrado de plagas. Tienen el potencial de ser usados en la agricultura toda vez que se estimulan estudios que conduzcan a conocerlos para utilizarlos adecuadamente en beneficio del agricultor.

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

Cuadro II. Enemigos naturales que pueden importarse a Centro América para el combate biológico de algunas plagas.

PLAGA	ENEMIGO(S) NATURAL(ES)	PAIS(ES) DE DONDE IMPORTAR
1. Chicharrita, <u>Eupoasca</u> spp.	<u>Anagrus</u> spp., <u>Gonatocerus</u> spp.	Colombia
2. Escarabajo o conchuela del frijol, <u>Epilachna varivestis</u> Muls.	<u>Pediobius foveolatus</u> Craw.	E.U.A.
3. Barrenador de la caña, <u>Diatraea</u> spp.	<u>Lixophaga diatraeae</u> (Town) <u>Cotesia</u> (Apanteles) <u>flavipes</u> (Cm)	Cuba, México, Trinidad
4. Perforador de la hoja	<u>Synopisis</u> spp.	E.U.A.
5. Picudo del algodón <u>Anthonomus grandis</u> Boh.	<u>Bracon kirkpatricki</u> Milk	E.U.A.
6. Mosca del Mediterráneo <u>Ceratitis capitata</u> Wied	<u>Biosteres</u> spp.	Hawaii, TRinidad
7. Broca del café <u>Hypothenemus hampei</u> Ferr	<u>Prorops nasuta</u> Waterson <u>Heterospilus coffeicola</u> Scha., <u>Ceraphron</u> sp. <u>Cephalonomia</u> <u>stephanoderis</u>	Brasil, Uganda Costa de Marfil
8. Escama roja de las Indias, <u>Selenaspidus articulatus</u> Morgan	<u>Aphytis roseni</u> DeBach	Perú
9. Escama nieve, <u>Unaspis citri</u> Constock	<u>Aphytis lingnanensis</u> DeB. <u>Telsemia</u> sp.	E.U.A. Fiji
10. Escama del cocotero, <u>Aspidiotus destructor</u> Sign.	<u>Crytognatha nodiceps</u> Marsh	Trinidad
11. Ligosa, <u>Vaginulus plebeius</u> Fischer	<u>Antichaeta</u> spp.	E.U.A.
12. Susano Cogollero, <u>Spodoptera</u> <u>frugiperda</u> , J.G. Smith'	<u>Telenomus reaus</u>	Trinidad
13. Piojo de los Cítricos <u>Planococcus citri</u> (Risso)	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> Muls	E.U.A.
14. Palomilla con dorso de diamante <u>Plutella xylostella</u> (L)	<u>Diadegma cerophaga</u> (Grav.) <u>Diadromus collaris</u> (Grav.)	Australia Nueva Zelanda Indonesia

LOS DEPRIDADORES

El impacto de estos organismos en las comunidades naturales y en los cultivos agrícolas ha sido objeto de mayor atención en los últimos años. Es más difícil evaluar su papel en las comunidades naturales, aunque existen trabajos ecológicos avanzados al respecto. La liberación de depredadores en los cultivos ha demostrado su importancia en la regulación de poblaciones de insectos nocivos. Asimismo, la importación de depredadores exóticos ha sido a menudo espectacular. El valor de estos organismos benéficos puede ser aumentado con el uso selectivo de insecticidas selectivos evitándose el brote de plagas secundarias que los depredadores mantienen normalmente bajo control. En efecto, en varias ocasiones se ha tenido que perturbar algunas comunidades naturales al aplicar insecticidas contra plagas forestales, lo que casi invariablemente ha llevado a explosiones de plagas como escamas, cochinillas, áfidos y ácaros. El papel de las hormigas es también conocido en algunas de esas situaciones, por ejemplo como demostró Jansen (1966) en Costa Rica, en donde encontró una curiosa relación mutualística entre hormigas y acacias.

Los depredadores nativos que actúan sobre plagas agrícolas han sido objeto de atención al observarse una correlación entre su abundancia y los cambios poblacionales de las plagas. Pero como al mismo tiempo están actuando los patógenos y parasitoides, casi siempre se presentan sólo estimulados del impacto de los depredadores.

Los coccinélidos juegan un papel a menudo muy importante en cultivos como los cítricos, maíz, algodón. Aunque a veces responden solamente a densidades altas de las plagas, con frecuencia las reducen a niveles a los cuales otros depredadores (como los sírfidos) o parasitoides pueden comenzar a regularlos económicamente. Esos depredadores pueden ser poco específicos (o sea polífagos), pero su papel parece ser importante para prevenir brotes de plagas, especialmente en monocultivos como algodón, lo que ha sido señalado por varios autores en el área centroamericana, entre otros por Durán y Hernández (1985), Estrada (1981), Daxl (1977) y Salcedo (1970).

Manipulación de depredadores nativos

Varias especies de depredadores, tanto insectos como ácaros, son susceptibles de manipularse con métodos de cría y liberación relativamente sencillos. Son clásicas las liberaciones de Chrysopa spp. en varias partes del mundo, así como las de Geocoris, Nabis y ácaros fitoseídos. Los depredadores se pueden obtener en los cultivos, en comunidades naturales, o aún en plantas ornamentales en situaciones urbanas (Quezada, 1985).

Es posible aumentar la efectividad de los depredadores al proveerles de alimentos suplementarios. Se han usado soluciones de sucrosa en maíz para atraer a Chrysopa y coccinélidos, con lo que las poblaciones de áfidos se redujeron. Soluciones de levadura ("wheat"), adición de polen, o incluso agregar ácaros no plaga, son otros medios con los que se ha logrado incrementar la acción de depredadores (Hagen, et al., 1971).

El valor de los depredadores puede ser medido usando el método de cuadros de vida. Quezada y DeBach (1973) determinaron que 74-91% de escamas marcadas en cítricos fueron destruidas por R. cardinalis y que sólo entre 0.01 a 0.12% de las escamas sobrevivían de una generación a otra.

Estadios de desarrollo

Los depredadores, de acuerdo al orden que pertenezcan, pasan por diversos estadios de desarrollo, desde huevo, larvas, pupas y adultos (si simplificamos con los órdenes más importantes).

Huevo. Hay una diversidad de formas, pero tanto su aspecto como la textura del corion o membrana tienden a caracterizar a grupos o familias. En la literatura se pueden encontrar algunas fotografías que muestran algunas formas de huevos de depredadores, los que son importantes de saber conocer en el campo y de tomar en cuenta en los muestreos de partes vegetales como hojas y tallos. Son notables los huevos de los coccinélidos, así como los de las crisopas, estos últimos típicamente pedicelados.

Larvas y ninfas. A veces un depredador pertenece a una familia en la que existen grupos de insectos polívoros o fitófagos. Sin embargo, sus larvas tienen adaptaciones en la estructura de las piezas bucales o las patas delanteras que ofrecen indicios de sus hábitos de predación. Algunas larvas de neurópteros usan una especie de camuflaje al llevar sobre ellas restos de sus presas u otros materiales. Otras semejan cochinillas, como ocurre con los coccinélidos Azya luteipes, Cryptolaemus, etc.

Pupas. Varían en forma y color, algunas confundiéndose con el de su entorno. Los hábitos de empuje son también variables, ocurriendo a veces entre los restos de las presas, en pliegues de hojas, grietas de tallos o el suelo.

Cualidades de un buen depredador

Búsqueda de la presa. Un buen depredador es un activo organismo que se mueve con efectividad para localizar y devorar la presa. Responden a una secuencia de estímulos ambientales y usualmente requieren mayores densidades de presa para funcionar. Hagen (1976) demostró que las hembras de

varios depredadores necesitan ciertos niveles de áfidos para incitar su oviposición.

La búsqueda, encuentro y destrucción de la presa siguen su secuencia de comportamiento de parte del depredador, e incluye: selección del habitat, encuentro de la presa, aceptación de la misma y su adecuación. En cada una de estas etapas el insecto benéfico usa los mecanismos (quimo-recepción, visuales, táctiles, etc.) para llegar a la culminación con la ingestión de la presa.

Los sitios de oviposición y los estadios del depredador han sido catalogados por Hagen *et al* (1976) así (Cuadro I):

Cuadro I. Sitios de oviposición y estadios de depredadores (Hagen *et al*, 1976).

-
- A. Huevos depositados en la inmediata vecindad de la presa.
- I. Sólo los inmaduros depredan (sífidos, clorópidos, etc.)
 - II. Adultos e inmaduros depredan sobre tipos similares de presas. (Tysanoptera, Hymenoptera)
 - III. Adultos e inmaduros depredan diferentes tipos de presa (Anthomyiidae)
- B. Huevos depositados solamente en el ambiente general de la presa.
- I. Sólo los inmaduros depredan (más que todo acuáticos)
 - II. Adultos e inmaduros depredan tipos diferentes de presas (Odonata, Ascalaphidae, Asilidae, etc.)
- C. Huevos depositados independientemente de presa
- I. Sólo los inmaduros depredan (Meloidae)
 - II. Adultos e inmaduros depredan tipos similares de presa (Mantis, Trips, Hemiptera, Coleoptera)
 - III. Adultos e inmaduros depredan tipos diferentes de presa (Mantispidae, Cantharidae)
 - IV. Sólo los adultos depredan (algunos dípteros, himenópteros, mecópteros)
-

Las arañas y ácaros como depredadores

El papel de las arañas en el control biológico natural de plagas agrícolas ha recibido una atención sólo limitada. Unas 150 especies en 19 familias de arañas fueron estudiadas por Whitcom (1967) en Arkansas.

Se considera a las arañas como depredadores generalistas y su papel puede ser el de estabilizadores en las comunidades naturales.

Mayor interés han despertado los estudios de ácaros depredadores, sobre todo entre los Phytoseidae, que atacan efectivamente a los ácaros fitófagos (Tetranychidae, Tarsonemidae y otros), el número de especies descritas excede ya las 600. En El Salvador se han hecho algunos estudios taxonómicos, con el hallazgo de un género y dos especies nuevas (Denmark y Andrews, 1981).

El fenómeno de las explosiones o brotes de ácaros rojos en cultivos como el café, bananos y caña de azúcar, generalmente en épocas secas o después de una aplicación de plaguicida, puede indicar la perturbación del equilibrio natural por la destrucción de los ácaros depredadores, lo cual debe ser motivo de investigaciones detenidas.

LOS PARASITOIDES

Para los entomólogos interesados en el control biológico merecen especial atención los parasitoides, especialmente las hembras, que son las que muestran características adaptativas admirables para la búsqueda y parasitización de los huéspedes.

Cuestiones de tipo práctico se derivan de estudiar la biología y ecología de estos organismos benéficos, que como se señaló antes, han sido objeto de investigaciones desde hace tiempo y con más intensidad que los depredadores. Los órdenes que sobresalen en este respecto son Diptera o Hymenoptera, aunque el fenómeno del parasitismo existe en otros órdenes de los insectos.

Requisitos ambientales de parasitoides y huéspedes

La emergencia de los parasitoides ocurre por lo general temprano en la mañana y la hembra recién emergida, sea que copule o no, está casi siempre bien equipada para buscar y encontrar huéspedes y reproducirse. Un parasitoide efectivo tiene que estar sincronizado, en tiempo y espacio, con su huésped; es más, éste debe existir en el estadio adecuado, todo lo cual se asegura por mecanismos complejos que son resultado de la coevolución de los organismos.

La asociación en el tiempo se asegura con mecanismos como la diapausa ó la estivación. Los parasitoides de Rothschildia aroma en El Salvador están adaptados a la estivación de su huésped durante la estación seca, con un patrón de emergencia similar (Quezada et al, 1973).

A menudo es evidente que esa sincronía puede perturbarse seriamente por el efecto de los plaguicidas tanto en las hembras, de los parasitoides como por la eliminación de huéspedes en el estadio adecuado para ellas. Esto ha sido señalado por muchos autores.

El problema de la segregación espacial entre parasitoides y huéspedes se resuelve en general por la alta movilidad de las hembras, que son aladas en la gran mayoría de los casos. Hay segregaciones temporales que se observan sobre todo en situaciones urbanas, pero generalmente son de corta duración.

Características biológicas de los parasitoides adultos

Capacidad de búsqueda. La habilidad para encontrar los huéspedes, sobre todo en relación con su densidad, es esencial característica de buenos agentes de control biológico y depende de varios factores como: poder de locomoción, poder de percepción del huésped, poder de sobrevivencia, agresividad y persistencia.

Período de pre-copulación. Es el lapso entre la emergencia y la primera copulación. En la mayoría de Hymenoptera los machos emergen primero y copulan con las hembras en cuanto éstas emergen.

Los hábitos de copulación varían de unos grupos a otros; generalmente es precedida por alguna forma de cortejo. Los himenópteros copulan con facilidad en jaulas de laboratorio, pero los dípteros generalmente requieren más espacio; a menudo es problemático el asegurar su cría. La copulación puede ser única o repetida, considerándose así que hay hembras uninupciales y multinupciales, respectivamente.

Período de pre-oviposición. Es el intervalo entre la emergencia y copulación de la hembra adulta y la deposición del primer huevo. Algunos grupos de Hymenoptera parasítica alcanzan el estadio adulto con un complemento completo de huevos maduros, los depositan en un período breve y no desarrollan más huevos en su vida. Las hembras en este caso se llaman proovigénicas. La mayoría, sin embargo, continúan produciendo huevos durante la mayor parte de su vida adulta y se llama sinovigénicas.

Nutrición de los adultos. Las hembras sinovigénicas necesitan proteína para una continua formación de huevos, y la que pueden obtener de la mielecilla segregada por insectos chupadores, o en los nectarios de las flores (algunos de los cuales contienen aminoácidos libres).

Hay a menudo instancias en que la hembra se alimenta del huésped en una elaborada secuencia de comportamiento, en la que el ovipositor es insertado a través del integumento, manipulándose las distintas piezas del agujón con movimientos verticales, laterales y de rotación, hasta formar un tubo de succión con la hemolinfa que fluye por la presión capilar y su propia presión interna y brota por el extremo del tubo, donde la hembra del parasitoide lame para alimentarse.

Ovisorción. Cuando una hembra sinovigénica no logra obtener alimento proteínico o no puede encontrar huéspedes por un periodo de tiempo largo, los huevos maduros en sus ovarias no son depositados sino reabsorbidos. O sea que la secuencia de producción de huevos sigue así dos caminos: a) cíclico (ovigénesis, ovisorción, ovigénesis) y b) lineal (ovigénesis, ovulación, oviposición). Este es un admirable mecanismo de adaptación en la economía de los parasitoides, al conservar su material reproductivo, lo que está correlacionado con su alta capacidad de búsqueda de sus huéspedes.

Comportamiento de selección de huéspedes

Una relación parasitoide-huésped necesita que ambos elementos coincidan en lo estacional, geográfico y ecológico. Aún cuando se verifique el encuentro, todavía hay otras barreras más sutiles que pasar. La secuencia en este caso ocurre en este orden. Primero, la hembra parasitoide tiene que encontrar el habitat del huésped, lo que logran primero en vuelos al azar, percibiendo después siluetas de plantas, etc., en donde hacen una búsqueda más sistemática. Los órganos sensoriales de vista, olfato y tacto se van sucediendo en la secuencia para localizar al huésped. La planta hospedera puede ser el atractivo inicial también. Encontrado el hábitat, el parasitoide tiene que encontrar al huésped, lo cual comienzan a hacer al azar recorriendo tallos, hojas, galerías, etc., según el caso. Los órganos táctiles y olfatorios cobran mucha importancia para detectar la presencia de estimulantes químicos (Kairomonas). Los parasitoides buscan el estadio específico a atacar (huevos, larvas, pupas o adultos) o bien son guiados por trazas o residuos como exuvias, materia fecal, aserrín, etc. Encontrada la víctima, se necesita la aceptación del huésped. Los estímulos apropiados deben estar presentes. El parasitoide comienza a palpar al huésped con sus antenas, para después comenzar a hacerlo con el ovipositor, hasta encontrar un punto apropiado para perforar y lograr depositar el huevo (Figura 4). Por lo general, las hembras marcan los huéspedes en que han ovipositado, por medio de secreciones, con lo que aseguran que ni ellas ni otras hembras ovipositarán en un mismo huésped. El huésped puede ser previamente paralizado, como ocurre en el caso del Agonotopus sp., parásito del vector del achaparramiento del maíz, Dalbulus maidis (Quezada, 1979).

Fertilización. La mayoría de hembras himenópteros, si no todos, tienen una espermateca para almacenar el semen una vez que copulan. Selectivamente van permitiendo que los huevos haploides sean fertilizados por un espermatozoide (resultando hembras diploides) o no lo sean (con lo que resultan muchos haploides). Esta partenogénesis facultativa permite a la especie ajustarse a las necesidades del am-

biente para su sobrevivencia. Existen tres categorías de partenogénesis:

a) Teliotoquia. En especies que son estrictamente partenogénéticas, cada generación consiste enteramente de hembras, no conociéndose los machos. Tales especies se designan como impaternadas o unipaternadas (algunos afelínidos y signifóridos).

b) Deuterotoquia. Normalmente exhiben teliotoquia, pero se producen algunos machos, aunque sea raramente. En este caso también se designan como impaternados o unipaternados (algunos signifóridos).

c) Arrenotoquia. Esta es la partenogénesis facultativa en que los huevos fertilizados (diploides) dan origen a hembras, mientras que los que no lo son (haploides) producen machos. Las hembras se designan como bipaternadas y los machos son de nuevo unipaternados (mayoría de Hymenoptera parasítica).

El tipo de partenogénesis exhibido por una especie repercute en la proporción de sexos en las poblaciones. Factores ambientales (sobre todo temperaturas altas) pueden modificar esa proporción. Experimentalmente se puede comprobar, por ejemplo, que una especie considerada teliotoca (partenogénesis obligada, existen sólo hembras), sometida a altas temperaturas en el estado de pupa puede producir algunos huevos haploides y como consecuencia machos (Quezada, et al, 1973).

DEPREDADORES, PARASITOIDES Y MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El "Control Integrado" propuesto por Stern et al (1959) ayudó a fundamentar la armonía entre el uso de los plaguicidas con el conocimiento de los enemigos naturales de las plagas. Las bases ecológicas del MIP comenzaron así a tomar solidez.

Bottrell (1979) define al Manejo Integrado de Plagas como "la selección, integración e implementación del control de plagas basado en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles" (traducción aproximada).

El Manejo Integrado de Plagas tiene fundamentos biológicos, ecológicos y económicos, así como una serie de tácticas, que aplicadas en forma armónica, con la debida integración de las distintas disciplinas, constituyen el "edificio del MIP" propuesto por González (1976).

En su evolución (y coevolución) las plantas han llegado a contar con dos tipos de mecanismos defensivos: la resistencia genética y los enemigos naturales de las plagas. Solo con eso cuentan. Las demás tácticas del MIP son de creación humana (son artificiales). Los dos mecanismos antes mencionados constituyen tácticas de gran valor en los programas MIP y mientras la resistencia varietal ha recibido gran atención por muchos años, el estudio y uso de los ene-

migos naturales ha sido descuidado o ignorado por completo. Esto, unido al gran desarrollo de la industria de los plaguicidas, contribuyó a minimizar la atención de esa disciplina.

El impacto de los enemigos naturales en las poblaciones va desde un efecto menor y temporal hasta el control perfecto o aún a la extinción local.

Más de 200 especies nocivas de insectos, malezas y moluscos han sido objeto de esfuerzos en el control biológico, con efectos parciales, sustanciales o completos de control (DeBach, 1964; Huffaker, 1976; Bottrell, 1979). Se han dado más de 130 casos exitosos al trasladar enemigos naturales (ya probados en algún país) a un país afectado. Innumerables especies de insectos nativos, potencialmente dañinos, son mantenidos a niveles no económicos por enemigos naturales nativos. El control biológico tiene potencial como una táctica, que jugará un gran papel en el futuro del MIP.

El control biológico tiene un aparente antagonismo con el control químico. El desafío de los fitoproteccionistas está en saber armonizar las dos tácticas, y eso requiere estudios que conduzcan a un mejor conocimiento de ambas. La escogencia de plaguicidas selectivos, su correcta dosificación, la debida calibración del equipo, etc., pueden ayudar a proteger la fauna benéfica. Esta se puede manipular en tal forma que puede repoblarse oportunamente para corregir las secuelas que se derivan de una aplicación necesaria. Hay una analogía con el uso de los antibióticos en la medicina y las medidas que el médico toma para evitar sus secuelas en el organismo humano.

Los casos más exitosos de control biológico han ocurrido en países, desarrollados (unos 70 en E.U.A., incluyendo Hawaii; 20 en Canadá; 15 en Australia; 10 en Nueva Zelanda, Rusia, Israel, para citar algunos). La explicación puede estar en: a) fueron trabajos con plagas exóticas, introducidas con cultivos nuevos, pero más que todo; b) que en esos países se han dedicado mayores esfuerzos y recursos a la táctica del control biológico. Así, los éxitos futuros que se logren en la región estarán en razón directa a los esfuerzos y recursos que se le dediquen a esa disciplina.

Los enemigos naturales de las plagas

- Existen tres categorías:
- a) parásitos
 - b) depredadores
 - c) patógenos

a) **Parásitos**

Según el estadio atacado: ovívoros, de larvas, de pupas y adultos. Otras categorías: solitarias y gregarios, primarios, secundarios, etc.

b) **Depredadores**

Diversos grupos, poco estudiados, muy importantes en casos de Heliothis y Spodoptera.

c) **Patógenos:** Hongos

Bacterias

Virus

El control biológico como táctica MIP

Control biológico natural: abunda, es ignorado. A menudo mantiene a especies potencialmente dañinas a niveles muy discretos. Se da tanto en cultivos de manejo moderado como en plantas ornamentales o comunidades intactas. No hay intervención humana.

Control biológico aplicado: uso de enemigos naturales en forma intencional para regular poblaciones de organismos indeseables. Hay entonces intervención humana. Debe fundamentarse con estudios básicos. Se aprovecha también intencionalmente el control biológico natural (manipulación, conservación, aumento, etc.) y presta atención a otras actividades humanas que puedan afectar (positiva o negativamente) la acción de los agentes benéficos.

Como señala DeBach (1974), es irónico que los efectos adversos de los plaguicidas sobre el control biológico no ha recibido la misma atención que reciben los efectos sobre la fauna de vertebrados, por ejemplo, cuando son precisamente los efectos sobre el control biológico los que han producido la cadena de eventos que han llevado a la proliferación del uso desmedido de los plaguicidas.

Las malezas están también sujetas a los mismos principios, sólo que en este caso el insecto herbívoro es el "benéfico" y sus enemigos naturales se vuelven "nocivos".

Se están haciendo avances en el uso de organismos antagonistas para combatir enfermedades (Metcalf y Luckmann, 1975).

(Es posible usar el control biológico? Depende de:

Cuánto daño se puede tolerar

Si el cultivo es anual o perenne

Si la plaga es nativa o exótica

Si existen enemigos naturales que la puedan controlar

Cuántas plagas hay en el cultivo y a qué niveles hay que controlarlas

Si existen insecticidas selectivos

Si existen enemigos naturales con resistencia
Si ha habido éxito con esa misma plaga y otras ecoló-
gicamente similares en otros lugares

Importación de enemigos naturales exóticos. Merece todo el esfuerzo posible y hay potencial para hacer muchas importaciones exitosas (Cuadro II).

La conservación y aumento de los enemigos naturales. Se lleva a cabo con procedimiento como:

Protección de deriva de pesticidas (tratamientos por surcos alternos o en manchón).

Enemigos naturales resistentes a pesticidas
Preservación de reservorios ("insectarios naturales")
, Mantenimiento de la diversidad
Hospederos alternantes
Alimentos naturales (néctar, polen, mielecilla)
Suplemento de alimentos artificiales
Refugios artificiales
Control o manejo de las hormigas
Protección del polvo

La evaluación de enemigos naturales
El escepticismo ante el control biológico
Evaluación experimental
Parcelas comparativas

Exclusión con insecticidas
Uso de mangas
Uso de hormigas
Los "indicadores ecológicos" Rothschildia aroma
Las "explosiones de ácaros en café y bananos"
Antagonismos de tácticas MIP

El MIP debe siempre impulsar la noción de que los ene-
migos naturales de las plagas son parte de los recursos na-
turales de la región, y que su potencial está ligado a la
conservación integral de tales recursos. (El MIP tiene una
profunda base ecológica).

LITERATURA CONSULTADA

- BOTTRELL, D.G. 1979. Integrated Pest Management. Council Environmental Quality. US Gov. Printing Off. 12 p.
- DAXL, R. 1977. Modelo del algodónero: progreso y aplicación práctica. Memoria del Sexto Seminario Técnico sobre el Cultivo del Algodonero. Banco Nacional de Nicaragua.

- DeBACH, P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Londres. Chapman. 844 p.
- DeBACH, P. 1972. The use of imported natural enemies in insect pest management ecology. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Control Animal Habitat Manage. 3:211-223.
- _____. 1974. Biological Control by natural enemies. Cambridge University Press. 223 p.
- DENMARK, H.A. y K.L. ANDREWS. 1981. Plant Associated Phytoseidae of El Salvador, Central America (Acarina: Mesostigmata). Florida Entomologist 64(1):147-158.
- DOUTT, R.L. 1964. The historial development of biological control. In: DeBach, P., editor, "Biological control of insect pests and weeds". Londres, Chapman. 844 p.
- DURAN, R.A. y E.A. HERNANDEZ. 1985. Entomofauna del cultivo del algodouero en El Salvador, 1963-1985. Primer Seminario Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Mimeo. 25 p.
- ESTRADA, H.R. 1978. Avances sobre control integrado de plagas del algodouero en Guatemala. Mem. Seminario Regional, uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala.
- FALCON, L.A. 1970. Current crop protection situation for cotton in Nicaragua. UN/FAO Conference on Integrated Pest Control. Roma, Italia.
- GONZALEZ, D. 1976. Crop Protection in Latin America, with special reference to integrated pest control. FAO Plant Protection Bulletin 24. 65-77.
- HAGEN, K.S. 1976. Role of nutrition in insect management. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habitat, Mgnt. 6:221-261.
- HAGEN, K.S., SAWALL, E.F. y TASSAN, R.L. 1971. The use of foodsprays to increase effectiveness of entomophagous insects. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. control Habitat. Mgnt. 2:59-81.
- HAGEN, K.S., BOMBOSCH y J.A. McMURTRY. 1976. The Biology and impact of predators. In: Huffaker y Messenger, (ed.). Theory and practice of biological control. Academic. 788 p.

- HUFFAKER, C.B. (editor). 1976. Theory and practice of biological control. Academic Press, Inc. 788 p.
- JANSEN, D.H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution* 20, 249-275.
- METCALF, R.L. y W. LUCKMAN (ed.). 1975. Introduction to insect pest management. N.Y., Willey. 587 p.
- QUEZADA, J.R. y P. DeBACH. 1973. Biological and population studies of the cottony-cushion scale, Icerya purchasi Mask, and its natural enemies Rodolia cardinalis Mul. and Cryptochactum iceryae Will. in Southern California. *HILGARDIA* 41:631-688.
- QUEZADA, J.R., P. DeBACH y D. ROSEN. 1973. Biological and taxonomic studies of Signiphora borinquensis, new species (Hymenoptera: Signiphoridae), a primary parasite of diaspine scales. *HILGARDIA* 41(18):543-604.
- QUEZADA, J.R. 1979. Hallazgo de Agonatopus sp. (Hymenoptera: Drynidae), parásito del Dalbulus maidis (Homoptera: Cicadellidae) en El Salvador. *CEIBA* 23(1):1-12.
- QUEZADA, J.R., J.R. ALEGRIA C. Y J.D. VELASCO. 1973. Efecto de los insecticidas en el equilibrio natural de las poblaciones de Rothschildia aroma Schaus (Lepidoptera: Saturniidae) en El Salvador. *Revista Biología Tropical* 21(1):111-125.
- QUEZADA, J.R. 1985. El control biológico natural, un recurso para la agricultura. *CEIBA* 26(2):254-268.
- STERN, V.M., R.F. SMITH, R. VAN DEN BOSCH y K.S. HAGEN. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid I. The integrated control concept *HILGARDIA* 29:81-101.
- WHITCOMB, W.H. 1967. Field studies on predators of the second-instar bollworm, Heliothis zea (Boddie) *Jour. Ga. Entomol. Soc.* 2:113-118.

LA VIROLOGIA VEGETAL EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Raón Lastra, Ph.D.*

Dentro de los grupos de agentes infecciosos los virus se diferencian de los demás microorganismos por sus características especiales. Estos agentes patógenos son de tamaño muy pequeño siendo su unidad de medida el nanómetro (nm) que equivale a 10^{-9} mts. En general la mayoría de los virus poliédricos que afectan a las plantas tienen un diámetro de 30 nm, mientras que los virus alargados ó filamentosos varían en su longitud dentro de un rango comprendido entre 70 a 2000 nm con un ancho entre 12 a 15 nm.

Los virus están compuestos por un solo tipo de ácido nucleico (ácido ribonucleico, RNA, ó ácido desoxiribonucleico, DNA), siendo esta una característica específica de los virus, ya que los demás grupos de agentes patógenos contienen ambos tipos de ácido nucleico.

El ácido nucleico viral está protegido por una envoltura protéica (proteína estructural ó cápsida), la cual impide su inactivación y en consecuencia la pérdida de la infectividad proporcionándole al mismo tiempo la morfología típica de la partícula viral. Algunos virus poseen otras proteínas además de la proteína estructural. Estas proteínas actúan como enzimas en los procesos de replicación y maduración viral.

Estos agentes infecciosos son parásitos obligados por lo cual no crecen ni se multiplican en medios artificiales dependiendo de las células de su huésped para su multiplicación. La razón es que carecen de metabolismo propio y en consecuencia tienen que emplear el aparato bioquímico de las células para tal fin. Esto los hace parásitos intracelulares obligados y de aquí que se requiera el empleo de tejidos vivos para su estudio.

La transmisión viral en la naturaleza se lleva a cabo principalmente por insectos como áfidos, saltahojas y moscas blancas (80-90%) aunque también nemátodos, hongos, thrips, ácaros y hasta la transmisión mecánica juegan un papel importante en algunos virus específicos.

La transmisión mediante insectos pueden ser de tres tipos: no-persistente, semi-persistente y persistente. Estos términos implican una relación íntima del virus con su vector. En el caso de la transmisión no-persistente el vector es capaz de tomar el virus de una planta enferma en un tiempo corto (minutos) pero también su capacidad de transmitirlo se pierde rápidamente. La transmisión semi-persistente implica un mayor tiempo de alimentación del insecto en la

*Virólogo. Proyecto MIF-CATIE, Turrialba, Costa Rica.

planta enferma el cual puede mantener la capacidad de transmitir el virus durante varias horas hasta algunos días. Por último la transmisión persistente involucra una relación íntima del virus y el vector. En este caso el vector debe alimentarse sobre la planta enferma por un espacio de horas y luego de un período de incubación del virus en el vector de 1 a 2 semanas el insecto es capaz de transmitir la enfermedad por varios días en el caso de los virus circulatorios o durante el resto de la vida del vector en el caso de los virus propagativos. En ambos casos el virus circula dentro del insecto con la hemolinfa invadiendo todos los tejidos hasta llegar a las glándulas salivares de donde pasan a las plantas durante su alimentación. En el caso de los virus propagativos estos se multiplican tanto en células vegetales como en las células del insecto lo que trae como consecuencia que este permanezca infeccioso de por vida.

Ecología de los virus

Para que ocurra una infección viral se requiere la interacción entre el virus, los huéspedes de las enfermedades virales y los vectores. Esta interacción es bastante compleja y está muy influenciada por el medio ambiente el cual interviene en la posibilidad de que se establezca una infección viral. A continuación examinaremos los factores que influyen en el proceso de infección:

Virus. Los virus afectan tanto a animales, vegetales e insectos, se han descrito en hongos, algas, helechos y en todo tipo de plantas con semillas. Un virus en particular puede tener un rango de hospederos restringido ó grande. En este último caso nos indicaría que el virus ha estado asociado con las plantas huéspedes posiblemente por mucho tiempo coevolucionando con ellas. Esta hipótesis se refuerza por el hecho de que en las comunidades vegetales raramente se encuentran plantas con síntomas de enfermedades virales, lo cual no indica que no haya virus presentes. Se ha observado que cuando se abren áreas nuevas a la agricultura o se tala un bosque para sembrar cultivos tradicionales las enfermedades virales pronto aparecen. Una de las posibles explicaciones es que estas virosis se encuentran infectando a plantas de comunidad nativa, en las cuales se multiplican sin causarles mayor daño, ya que de no ser así dichas plantas no podrían competir y habrían desaparecido en el proceso de evolución de la comunidad vegetal. En general los virus conviven con sus hospederos originales sin causarles un daño apreciable; muchos de los problemas virales graves en realidad son ocasionados por la manipulación humana del medio ambiente, por las prácticas culturales y por la alteración genética de las especies vegetales que el hombre cultiva.

Los virus se encuentran en un proceso continuo de cambio, debido a mutaciones, adaptación selectiva, y pseudorecombinación. Las tasas de mutaciones generalmente son más altas en los virus que en otros organismos debido al gran número de partículas virales que se encuentran en una planta infectada. Este número puede alcanzar a los billones de partículas en consecuencia es más factible que ocurran un mayor número de mutaciones que en otros organismos no tan abundantes.

Para poder manejar cualquier enfermedad es básico conocer su agente causal. Esto es aún más crítico en el caso de los virus ya que virus diferentes pueden causar síntomas similares y el mismo virus inducir diferentes tipos de síntomas en plantas diferentes. Otra consideración que hay que tomar en cuenta es el número de cepas diferentes que puede tener un virus.

Huéspedes. Como huésped del virus debemos considerar tanto al cultivo como también las plantas hospederas, las cuales pueden ser plantas del mismo cultivo o malezas. Desde el punto de vista de la investigación agrícola se ha hecho mucho énfasis en las plantas cultivadas olvidándose de la importancia de las malezas como reservorios de estos agentes patógenos.

La extensión y el grado de daño que un virus hace a un cultivo depende de la predisposición de la planta cultivada (susceptibilidad, sensibilidad, resistencia ó tolerancia) y estos factores dependen de su genotipo. Los factores ambientales son también importantes para el desarrollo de la infección viral. Entre estos se incluyen la luz, la temperatura y la nutrición de la planta. La edad de la misma juega un papel importante ya que por lo general la susceptibilidad a un virus se hace menor a medida que la planta crece. Este fenómeno se debe posiblemente a la reducción del metabolismo de la planta a medida que esta alcanza su maduración fisiológica.

Las plantas no cultivadas actúan como reservorios de los virus sobre todo en épocas en que no se encuentra el cultivo en el campo. Las malezas en los alrededores de los campos de cultivo son una de las principales fuentes de virus siendo en ellas donde los vectores adquieren los virus llevando luego las enfermedades a los campos de cultivos.

Vectores. Los vectores son generalmente indispensables para transmitir los virus entre las plantas. Entre los vectores ya se mencionó que los insectos son los más importantes en la difusión de los virus debido a su alta movilidad. Los nemátodos y hongos tienen una movilidad restringida en consecuencia las enfermedades que ellos transmiten tienden a estar localizadas dentro del campo de cultivo. Las actividades agrícolas como riego, arado, etc., contribuyen a la dispersión de estos vectores y la subsecuente infección

de los cultivos. Las malezas y plantas enfermas dentro de un cultivo son las fuentes de inóculo en las que estos vectores pueden adquirir los virus y transmitirlos a plantas cercanas. Debido a que la movilidad de estos vectores es baja los virus transmitidos por ellos pueden controlarse con relativa facilidad y con importancia económica principalmente en cultivos perennes.

En cuanto a los virus transmitidos por áfidos en forma no-persistente, las malezas juegan un papel importante como reservorios de los virus cuando se encuentran a distancias no mayores de 50 a 100 mts. del campo del cultivo. Los áfidos tienen la tendencia a perder su infecciosidad rápidamente por inactivación de los virus si tienen que moverse distancias muy grandes.

En la transmisión de tipo persistente mediante saltahojas (cicadélidos y delfácidos) no ocurre lo mismo debido a que los virus se mantienen infecciosos por largo tiempo en sus vectores. Debido a esta característica los virus pueden ser transportados a grandes distancias mediante los insectos vectores. Otra forma de transmisión importante es mediante medios mecánicos. En esta modalidad el hombre juega un papel importante mediante las prácticas culturales y contaminación de utensilios de labranza. En casos de virus muy infecciosos como el virus mosaico del tabaco el simple contacto entre plantas vecinas puede transmitir el virus.

Fuentes de infecciones virales. Para que los vectores puedan transmitir los virus tienen que adquirir estos en las plantas de las cuales se alimentan. Las plantas enfermas actúan no solo como reservorio de los virus sino que también los insectos se pueden multiplicar en ellas. En este caso todos los individuos de la colonia de insectos se infectan con el virus y actúan como diseminadores muy eficientes de estas enfermedades en su etapa de alados.

A continuación se mencionan algunas de las fuentes principales de los virus:

1. Plantas infectadas dentro del cultivo (malezas y plantas enfermas del mismo cultivo).
2. Semillas infectadas con virus, las plantas que ellas originan pueden estar infectadas.
3. Plantas pueden venir infectadas de los semilleros.
4. Tubérculos provenientes de plantas infectadas.
5. Residuos de la cosecha anterior.
6. Partes vegetativas provenientes de plantas infectadas (yemas, estacas, injertos, etc.).
7. Vegetación natural nativa de una región con infección crónica de virus.
8. Algunos virus muy estables como virus mosaico del tabaco y virus X de la papa, pueden permanecer infecciosos en utensilios, manos y ropa.

De esta lista se desprende que las posibilidades de sobrevivir los virus en épocas adversas son variadas y en general cada virus ha desarrollado una estrategia de sobrevivencia particular.

Alternativa de control. El control químico de los patógenos es exitoso hasta cierto grado cuando se trata de patógenos como los hongos y las bacterias. En el caso de los virus no existe ningún control químico adecuado debido principalmente a su carácter de patógenos obligados intracelulares y a su modo de multiplicarse utilizando los mecanismos de replicación celular. En consecuencia, cualquier producto que afecte a la replicación de los virus afecta también a la multiplicación celular produciendo trastornos en el metabolismo de las plantas.

La metodología a seguir para su control es poseer un amplio conocimiento del virus causante de la enfermedad, su vector, la fuente del inóculo y las interrelaciones entre ellos. Una vez adquirida esta información se puede planear las estrategias a seguir para romper el ciclo biológico de la enfermedad y de este modo tratar de controlar la misma.

La procedencia de los virus es importante para su control ya que si conocemos su origen y podemos eliminarlo controlaremos la enfermedad. Las fuentes del inóculo ya se han mencionado anteriormente, a continuación se darán algunas de las recomendaciones.

PROCEDENCIA DEL VIRUS

a) **Malezas.** Eliminar las malezas reservorios de los virus es una forma muy efectiva de control. Cuando se conoce la maleza hospedera del virus problema, se recomienda eliminarla en el perímetro de los campos de cultivo. Un ejemplo de este control es el virus Mosaico Sureño del Apio, cuyo hospedero es Commelina nudiflora. Cuando se eliminó esta maleza dejó de ser problemático este virus en algunas partes de los Estados Unidos. Sin embargo en los trópicos existe poca información acerca de hospederos naturales y una gran cantidad de posibles huéspedes lo que hace difícil identificar los hospederos naturales y su control.

b) **Plantas cultivadas.** Una recomendación importante es evitar sembrar un cultivo en la cercanía de un campo con el mismo cultivo en estado avanzado de crecimiento. La razón es que los vectores al madurar el cultivo se mudarán para el campo nuevo, más atractivo, llevando con ellos los virus acumulados en las plantas más viejas. Evitar esta práctica de cultivos escalonados y diferentes épocas de siembra en campos vecinos ayuda al control de las enfermedades virales.

c) **Material vegetativo de la cosecha anterior.** Durante la cosecha de un cultivo generalmente quedan semillas en el suelo o quedan tubérculos y otras partes de plantas que dan origen a nuevas plantas. Estos materiales si provienen de plantas enfermas con virus pueden estar enfermas y en consecuencia si se siembra de nuevo el mismo cultivo sirven de fuente de inóculo para las nuevas plantas. Una forma de evitar este problema es preparar bien los campos y eliminar las plantas que nacen antes de sembrar y la mejor práctica cultural es la rotación de los cultivos.

Plantas infectadas dentro del mismo cultivo

Las plantas infectadas dentro del mismo cultivo es una de las fuentes más efectivas de los virus. Con el fin de evitar las infecciones se deben remover las plantas con síntomas virales.

Otra práctica importante es el uso de semilla certificada libre de virus ya que de esta forma se garantiza la sanidad de las plantas. Esta práctica es muy efectiva cuando el número de plantas hospederas del virus que se encuentra en los alrededores de los campos de cultivo es reducido.

Cuando el material vegetativo proveniente de plantas enfermas es utilizado como semilla, origina plantas enfermas como fuente de infección ya que toda parte de planta infectada con virus está a su vez infectada. Para evitar propagación de estos virus se debe:

- a) Seleccionar el material a reproducir que provenga de plantas sanas.
- b) Terapia al calor de material vegetativo. Ejemplo: trozos de tallos de caña de azúcar usadas como semillas calentadas al vapor a 35-55°C no pierden su viabilidad pero se elimina el virus si está presente.
- c) Cultivos de meristemas, mediante esta técnica se puede limpiar material genético infectado y devolver el antiguo vigor a la variedad de planta.

Periodos libres de cultivos

Cuando el único huésped del virus es el mismo cultivo, la práctica de mantener los campos libres del cultivo es la más efectiva pues no habiendo un hospedero disponible se garantiza su sanidad posterior.

Un ejemplo de esta práctica es la prohibición de sembrar apio por 5 meses en California. Con esta medida se eliminó totalmente los problemas con el virus mosaico del apio del oeste afectando a esta planta.

CONTROL DE VECTORES

El otro punto crítico del ciclo de la enfermedad son los vectores. Si se pueden eliminar o bajar las poblaciones se logrará un control de la enfermedad. En este sentido hay que hacer diferencias entre vectores aéreos y vectores del suelo.

Vectores aéreos

a. Insecticidas. La práctica más frecuentemente utilizada para controlar vectores es el uso de insecticidas. En el caso del tipo de transmisión no-persistente los insecticidas no pueden controlar las enfermedades virales. Esto se debe al hecho de que el insecto con solo probar la planta es capaz de transmitir el virus lo que hace inefectivo este tipo de tratamientos.

En el caso de la transmisión persistente el uso discrecional de insecticidas puede ser de ayuda. Esto se debe a que estos vectores permanecen infecciosos de por vida en consecuencia su eliminación impide una distribución más amplia de la enfermedad.

El empleo de insecticidas en áreas donde se multiplican los vectores no es recomendable, por ser poco efectivo, muy costoso y tener un impacto negativo en el medio ambiente.

b. Aceites. El uso de aceites agrícolas como fumigantes afecta la capacidad del vector de transmitir los virus. Este tipo de control ha sido utilizado con éxito sobre todo en hortalizas.

c. Parásitos o predadores. Como la mayoría de los seres vivos los vectores de virus tienen numerosos parásitos y predadores los cuales juegan un papel importante en regular las poblaciones. Con un buen manejo del cultivo se puede reducir el impacto de los virus mediante este control biológico. En California se practica la liberación de Cecidínélidos en los campos de cultivo para que eliminen áfidos y de esta manera pueden reducir el impacto de los virus.

d. Prácticas culturales. Existe un número de prácticas agrícolas que ayudan en el control de los virus, evitando que los vectores sean atraídos hacia el cultivo o evitando plantar en épocas de alta densidad del vector.

Estas prácticas pueden ser:

- a) Espaciación de plantas
- b) Fechas de siembra
- c) Barreras vegetales con otras plantas
- d) Mallas para protección mecánica

Vectores del suelo

Los vectores del suelo son en general más fácilmente manejables que los aéreos ya que su movilidad es mucho menor.

a. **Nemátodos.** La fumigación es la forma más efectiva de control. Si se aplica al comienzo de la infestación las áreas a tratar son pequeñas y puede resultar económico. Es especialmente importante en cultivos perennes. También hay alternativas de control biológico mediante plantas tóxicas como Tagetes sp., plantas trampa, hongos, etc.

b. **Hongos.** La aplicación de fungicidas parece ser una práctica aconsejable ya que los hongos transmisores del virus son muy primitivos y sus esporas son sensibles a varios fungicidas.

HUESPEDES NO SUSCEPTIBLES

Obviamente el mejor control y el más económico es disponer de plantas no susceptibles a las virosis. En este caso el control va incorporado a la semilla y no requiere de ningún tipo de participación por parte del agricultor. Desafortunadamente no siempre es fácil de conseguir resistencia a ciertos virus y aún cuando los genes que imparten resistencia estén disponibles se debe seguir un largo proceso de incorporación de dichos genes a variedades agrícolas aceptables. Además esta solución no es permanente ya que nuevas cepas de virus pueden seleccionarse las cuales pueden ser capaces de romper la resistencia.

En virología el combate genético de los virus puede ser de tres modalidades:

a) **Inmunidad.** Cuando la planta no se enferma con el virus, hay muchos mecanismos y niveles en los cuales puede actuar la resistencia.

b) **Hipersensibilidad.** En este caso la planta es tan susceptible a la enfermedad que el virus al penetrar mata las células cercanas al punto de penetración y en consecuencia el virus no se puede multiplicar escapando la planta a la enfermedad.

c) **Tolerancia.** La planta se enferma con el virus pero causa un daño muy leve y no influye económicamente en la productividad.

Otro tipo de control es la llamada protección cruzada. En este caso cepas de virus que causan enfermedades muy li-

geras son inoculadas en las plantas protegiéndolas de este modo contra cepas más virulantes del mismo virus. El mecanismo de acción de esta protección no se conoce bien, pero se cree que los lugares de replicación están ocupados por la cepa suave del virus y en consecuencia no están disponibles para que se replique otra cepa del mismo virus. Este método se está empleando con éxito en Brasil para el control de cepas severas del virus de la tristeza de los cítricos.

LITERATURA CONSULTADA

- BOS, L. (1982). Ecology and control of virus-induced diseases of plantas; a critical synopsis. *Adv. Appl. Biology* 7:105-173.
- BOS,, L. (1983). *Introduction to plant virology* , Wageningen, Holanda, Pudoc, 160 p.
- CORBETT, M.K. & SISTER H.D. (1984). *Plant Virology*, Gainesville, Fla. University of Florida Press. 525 p.
- GIBBS, A. & HARRISON B. (1976). *Plant Virology. The principles.*, London, Arnold Ltd. England. 292 p.
- MALTHEWS, R.E.F. (1981). *Plant Virology.* 2nd ed. New York, Academic. 897 p.
- PLUMB, R.T. & THRESH J.M. (eds) (1984). *Plant virus diseases epidemiology.* Oxford, Blackwell. 377 p.

FUNDAMENTOS ECONOMICOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS¹

James B. French, Ph.D.
Margarita Meseguer, M.Sc.**

El presupuesto parcial como instrumento de evaluación de experimentos de alternativas de MIP

En general, la herramienta de presupuesto es útil en la planificación de una finca y permite comparar entre actividades alternativas basadas en sus beneficios y costos, de tal manera, que se seleccionan las actividades que aumentan al máximo el ingreso neto. En este caso particular el uso de presupuesto es útil como herramienta para elegir medidas de manejo integrado de plagas, que permitan obtener las mayores ganancias netas (ingreso total menos costo total) posibles.

A los agricultores les interesa comparar los ingresos netos que obtienen aplicando métodos nuevos o no ensayados de MIP y los métodos actuales. Para evaluar un nuevo método es preciso examinar las variaciones que registran los gastos y los ingresos según que se aplique o no. Para ello, puede hacerse una tabulación completa de los gastos y los ingresos, que se denomina presupuesto.

Cuando se proponen cambios pequeños en técnicas de manejo integrado de plagas, con respecto al sistema del agricultor y se evalúan a través de experimentos, éstos pueden ser evaluados económicamente a través de la técnica de análisis de presupuesto parcial. En el área de manejo integrado de plagas, esta técnica de análisis es para evaluar diferentes métodos y niveles de combate como controles culturales, fechas de siembra, niveles y fechas de aplicación de plaguicidas, control manual de maleza versus uso de herbicidas, etc. El procedimiento incluye la valoración de los factores de producción que varían entre cada alternativa como niveles diferentes de herbicidas, el costo de su aplicación, asimismo se le da valor al producto final, ya que varía entre alternativas. No se incluyen los demás factores que no varían entre alternativas. El presupuesto parcial permite determinar cuál de las alternativas evaluadas produce el máximo ingreso neto. Sin embargo, no le dice si las actividades (ej. sembrar maíz) son económicamente aceptables, es decir, si provee un retorno neto aceptable al agricultor. Para hacer esto, sería necesario incluir todos los costos. Tampoco provee información sobre riesgo, ni re-

¹Documento presentado en Curso Corto Intensivo "Filosofía y Componentes del Manejo Integrado de Plagas", Costa Rica.

*Economista Agrícola. MIP/CATIE. Turrialba, Costa Rica.

**Economista Agrícola, MIP/CATIE. Turrialba, Costa Rica.

torno a factores limitados, que también tienen importancia en la selección de la mejor alternativa.

Para aplicar el presupuesto parcial es necesario valorar correctamente los factores y productos. La definición de los conceptos necesarios para aplicar el presupuesto parcial a la evaluación de experimentos pueden revisarse en Perrin, et al (5) y French, J. y Meseguer, M. (4).

Ejemplo de presupuesto parcial en el MIP

Especialistas en manejo integrado de plagas han propuesto la sustitución del uso de mano de obra en el control de malezas por herbicidas en la producción de maíz durante épocas de escasez de mano de obra. Los datos pertinentes al análisis del presupuesto parcial aparecen en el Cuadro 1.

Las únicas variables incluidas son las que varían entre las dos tecnologías. El agricultor no usa herbicidas, pero la alternativa MIP sí. Aunque las dos alternativas requieren las actividades de chapia, las unidades requeridas son diferentes. Las actividades que aparecen bajo costos variables de oportunidad usan estrictamente mano de obra familiar. Le dan un valor a la mano de obra familiar equivalente a lo que tendrían que pagar a un obrero en la zona por realizar esa labor. Se nota que este es el valor de oportunidad ya que la mano de obra es escasa en la zona y las familias podrían trabajar en otra finca a ese mismo precio.

El único costo monetario es el de los herbicidas. El beneficio neto de la alternativa MIP es mucho mayor que de la del agricultor. Esto quiere decir que el agricultor podría aumentar su ingreso en \$CAS20,75 utilizando la alternativa que incluye herbicidas. Sin embargo, en este análisis no se consideran otros factores socioeconómicos como el riesgo y la disponibilidad de crédito para comprar los herbicidas. Se deberían tomar en cuenta estos factores antes de que se pueda decir que las alternativas MIP son factibles o no.

Funciones de producción

La función de producción es una relación técnica entre los factores de producción y el nivel de producción. Es útil para determinar los niveles óptimos (técnicos y económicos) de los factores de producción. Considerando el precio del producto y el costo del control se podrían determinar los niveles que maximizarían el beneficio neto.

Cuadro 1. Presupuesto parcial entre una alternativa MIP y la del agricultor para controlar malezas (por ha).

Concepto	Agricultor	Alternativa MIP
Beneficios		
Rendimiento (kg/ha ⁻²)	1.388.00	4000.00
Ingreso bruto (\$0.15 ha ⁻²)	208.20	600.00
Costos variables (C.V.)		
C.V. de oportunidad		
- Aplicación herbicidas		
Número de jornales	--	2
Total (\$4.50 jornal ⁻²)	--	9.00
- Chapia de malezas		
Número de jornales	7	6
Total (\$4.50 jornal ⁻²)	31.50	27.00
- Cosecha		
Número de jornales	3.50	6.50
Total (\$4.50 jornal ⁻²)	15.75	29.25
C.V. monetarios		
- Herbicidas		
	--	14.00
COSTOS VARIABLES TOTALES	47.25	79.25
BENEFICIOS NETOS	160.95	520.75

‡ Datos tomados de: Alternativa de manejo para el sistema maíz-maíz, Golcino-Pococi, Costa Rica; descripción y evaluación en fincas pequeñas. CATIE, 1984. 84 p. (2).

La función de producción estaría dada por:

$$Y = f (X)$$

en donde: Y es el nivel de producción, f representa la función y X el nivel del factor de producción (insumo). Conociendo la relación entre el nivel del control de una plaga y la producción, se puede especificar el nivel de control que produciría mayores ingresos para el agricultor.

En aspectos de manejo integrado de plagas, se puede estimar una función de producción para diferentes relaciones que ayude en la toma de decisiones sobre control de plagas. Se puede determinar la relación entre el nivel de plaga (o en el caso que sea difícil medir la plaga, nivel de daño) y el nivel de producción (rendimiento). Esta relación se llama la estimación de pérdidas relacionadas con una plaga específica. Esta relación es útil en la determinación del nivel de

pérdida económica causado por plagas específicas en un área dada (finca, región, etc.) (Vea Teng y Krupa (6); Charrapa (3). Esta relación será útil en la determinación de umbrales económicos (vea la próxima sección).

También se puede estimar la relación indirecta entre el nivel de control (p.e. plaguicidas o cualquier otro que sea continuo) y la producción. Es indirecta ya que el control afecta la plaga y es la plaga la que causa la reducción en la producción. Es por esta razón, que controles de plagas como plaguicidas operan en la función de producción en una forma diferente que los demás factores de producción (fertilizantes, semilla, etc.) (1). Para que esta relación tenga validez, el nivel de la plaga en el campo tiene que ser constante o a un nivel mínimo que no reduzca más el nivel de producción. En otras palabras, la pérdida causada por la plaga tiene que ser constante para que la relación entre el nivel de control y de producción sea fija.

Se puede estimar la función de producción estadísticamente basada en datos experimentales en donde lo que varía es el nivel del control. Una vez estimada la función se determina el nivel del control óptimo por medio de la relación de ingreso neto:

$$\text{Ingreso Neto} = P_y Y - c X$$

donde: X y Y se definieron anteriormente, P_y es el precio del producto y c es el costo unitario del control. El óptimo económico es el nivel de control donde el ingreso marginal es igual al costo marginal o sea:

$$P_y dY/dX = c$$

donde: dY/dX representa el aumento en la producción con respecto al aumento marginal del control. Se puede resolver esta ecuación, encontrando el valor de X donde se cumpla esta condición.

El otro método que se puede usar es el presupuesto parcial. Se pueden calcular los ingresos netos parciales para cada nivel del factor de producción. El nivel del factor con el mayor ingreso neto dados los precios usados, sería el nivel económicamente óptimo. Se puede ver esta relación en el Cuadro 2, donde se presentan los resultados de un experimento, cuyo propósito fue determinar el nivel óptimo de nematocida en el cultivo de frijol en seco. Por los valores de ingreso neto se ve que 1,50 kg de nematocida por Ha. es el óptimo.

Cuadro 2. Aplicación de diversas proporciones de nematicidas en la producción de frijoles de secano.

Nematicida (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Ingresos totales [§] (\$/ha)	Costos variables totales ^{§§} (\$/ha)	Ingresos Netos (\$/ha)
2,00	1 010	141,40	28	113,40
1,75	1 000	140,00	25	115,00
1,50	980	137,20	22	115,20
1,25	950	133,00	19	114,00
1,00	900	126,00	16	110,00
0	400	56,00	0	56,00

§ El precio de los frijoles es de 0,14 dólares por kg a la salida de la explotación.

§§ El precio del nematicida es de 12 dólares por kg y el costo de una aplicación de 4 dólares.

Fuente: Reichelderfer, K.H. et al. Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal No. 58. FAO, 1985. 32 p.

Umbral de acción (o económicos)

La filosofía de manejo integrado de plagas tiene como una de sus metas racionalizar el uso de plaguicidas. Por tal motivo, se ha desarrollado la técnica del umbral económico. Esta técnica es una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. La aplicación del control de la plaga se hace cuando la población de ésta sobrepasa el umbral. El concepto en general es soportar la presencia de la plaga hasta el punto que la plaga cause suficiente daño para que el beneficio de su control sobrepase el costo de dicho control. El umbral económico entonces, será el nivel mínimo de la población donde el beneficio del control sobrepasa el costo de su control.

Se puede clarificar este concepto visualizando la dinámica de la población de una plaga como el presentado en la Figura 1. En la Figura 1a, se ve que la población es biológicamente estable alrededor de un promedio natural (línea rayada). También existe un nivel de población que es suficientemente alto para comenzar a causar daño a la planta de la cual baja el rendimiento (línea continua). Este no es el momento de aplicar el control contra la plaga; la población es apenas suficientemente alta para causar daño y generalmente el valor del daño es menor que el costo del control a este nivel de población.

La Figura 1b presenta el umbral económico junto con el daño mínimo. Una vez que la población alcanza el umbral, el beneficio del control es mayor al costo y se debe aplicar el control. El umbral económico es mayor que el nivel de daño mínimo siempre y cuando el control tenga un costo positivo. Hasta que el daño potencial y el beneficio del control sea

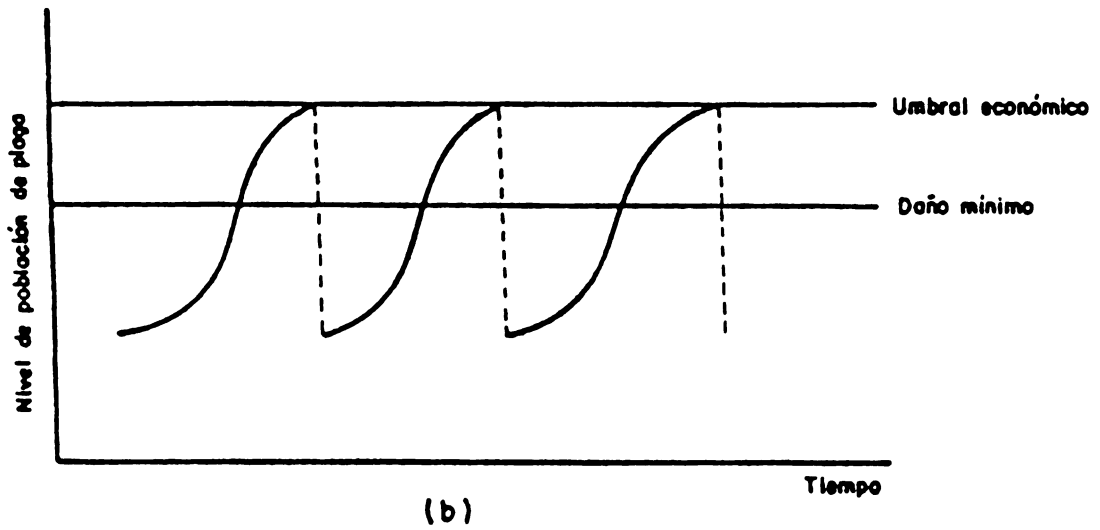
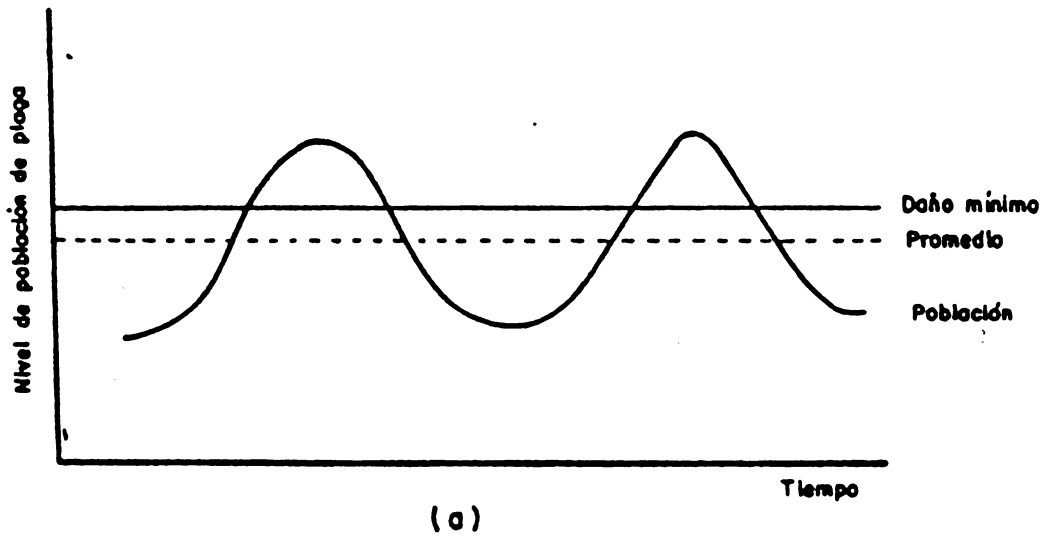


Figura 1. Dinámica de una plaga y umbrales económicos.

mayor que el costo de éste, será económicamente factible controlar la plaga.

Para estimar el umbral económico se necesita tener información sobre las siguientes relaciones: a) la relación entre la población y los rendimientos (función del daño); b) la relación entre el control y la población de la plaga (eficacia del control); c) los costos del control y d) el valor del producto. Con esta información se puede determinar el umbral económico.

Ejemplo de determinación del umbral de acción o económico

En un experimento se evaluó la relación entre malezas y rendimiento de maíz. Los niveles de densidad de maleza fueron seis: 2,3,4,6,8 y 10 malezas/10m² con aplicación o no aplicación de herbicida; en total se tuvieron 12 tratamientos. Los resultados se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Determinación del umbral económico para malezas en maíz.

Densidad de maleza (maleza/10m ²)	Aplicación de herbicida	Densidad de maleza después	Rendimiento kg/ha	Ingreso total [§] (\$CA)	Ingreso neto ^{§§} (\$CA)
2	No	2.0	3500	525	525
2	Si	0.	3800	570	510
3	No	0.3	3300	495	495
3	Si	3.0	3640	546	486
4	No	0.3	3100	465	465
4	Si	4.0	3500	525	465
6	No	0.8	3000	450	450
6	Si	6.0	3450	517.5	457.50
8	No	1.2	2900	435	435
8	Si	8.0	3400	510	450
10	No	1.5	2000	420	420
10	Si	10.0	3300	495	435

§ Ingreso total bruto - rendimiento multiplicado por precio en la finca de \$CA 0.15.

§§ Ingreso neto - ingreso total bruto menos costo de aplicación y de herbicidas equivalente a \$CA 60.

Fuente: Reichel Derfer, K.H. et al. Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. Estudios FAO. Producción y Protección Vegetal No. 58. FAO, 1985. 32 p.

Con esta información se puede usar el presupuesto parcial para determinar el umbral económico. Se determina el ingreso total y basado en el costo variable asociado con el uso del herbicida se determina el ingreso neto. Se ve que,

con el aumento de la población de las malezas, cuando se aplica herbicida el ingreso neto se acerca al de no aplicación para el mismo nivel de población. Cuando los ingresos netos de las dos técnicas se igualan se alcanza el umbral económico y si el ingreso neto con el uso es mayor, entonces se sabe que han pasado del umbral económico.

Se puede estimar mejor el umbral económico a través de un gráfico. En la Figura 2 se muestra la relación ingreso neto y número de malezas para los dos casos: aplicación y no aplicación de herbicidas. El umbral económico está señalado con w^* , y es el punto donde ambas curvas se cruzan.

La toma de decisiones MIP en situaciones de riesgo e incertidumbre

Hasta este punto hemos asumido que todas las relaciones son conocidas y fijas. En realidad la agricultura se caracteriza por su incertidumbre y riesgo debido al factor biológico (variabilidad en la producción) y la naturaleza de su industria. Esta incertidumbre dificulta la toma de decisiones sobre el manejo de la finca. Una de las principales fuentes de la variabilidad en la producción a nivel de finca son las plagas. Existe variabilidad en la población de la plaga y muchas veces es difícil o imposible determinar o estimar dicha población. Hay variabilidad en el daño que causa la plaga y en la mayoría de los casos la relación entre la plaga y la producción es desconocida (vea Sección 2. Función de Producción). La dinámica de la plaga es variable y en muchos casos es tal, que una vez que entra la plaga en el cultivo los daños serán excesivos y entonces el riesgo demasiado (p.e. muchas enfermedades).

La incertidumbre y el riesgo influyen en las decisiones del agricultor sobre el control de plagas. En general, el agricultor implementa controles que le provean protección frente a dichos riesgos. La mejor protección es aquella que provee resistencia directamente a la planta, tal es el caso de variedades resistentes. Sin embargo, no existen variedades resistentes para la mayoría de las plagas a la vez. Entonces el agricultor aplica plaguicidas como una forma profiláctica para proteger su cultivo de la posibilidad de presencia de la plaga, como resultado de esta práctica se abusa de los plaguicidas, ocasionando un alto costo. Este costo social incluye la contaminación del ambiente, desarrollo de resistencia de las plagas a los plaguicidas e impactos negativos a la salud de los trabajadores, agricultores y consumidores del producto.

El objetivo general de los programas de manejo integrado de plagas es mejorar la toma de decisiones sobre el control de las plagas. Bajo situaciones de incertidumbre y riesgo se pueden usar análisis de decisiones para evaluar alternativas. Cada posibilidad es un evento, por ejemplo, un

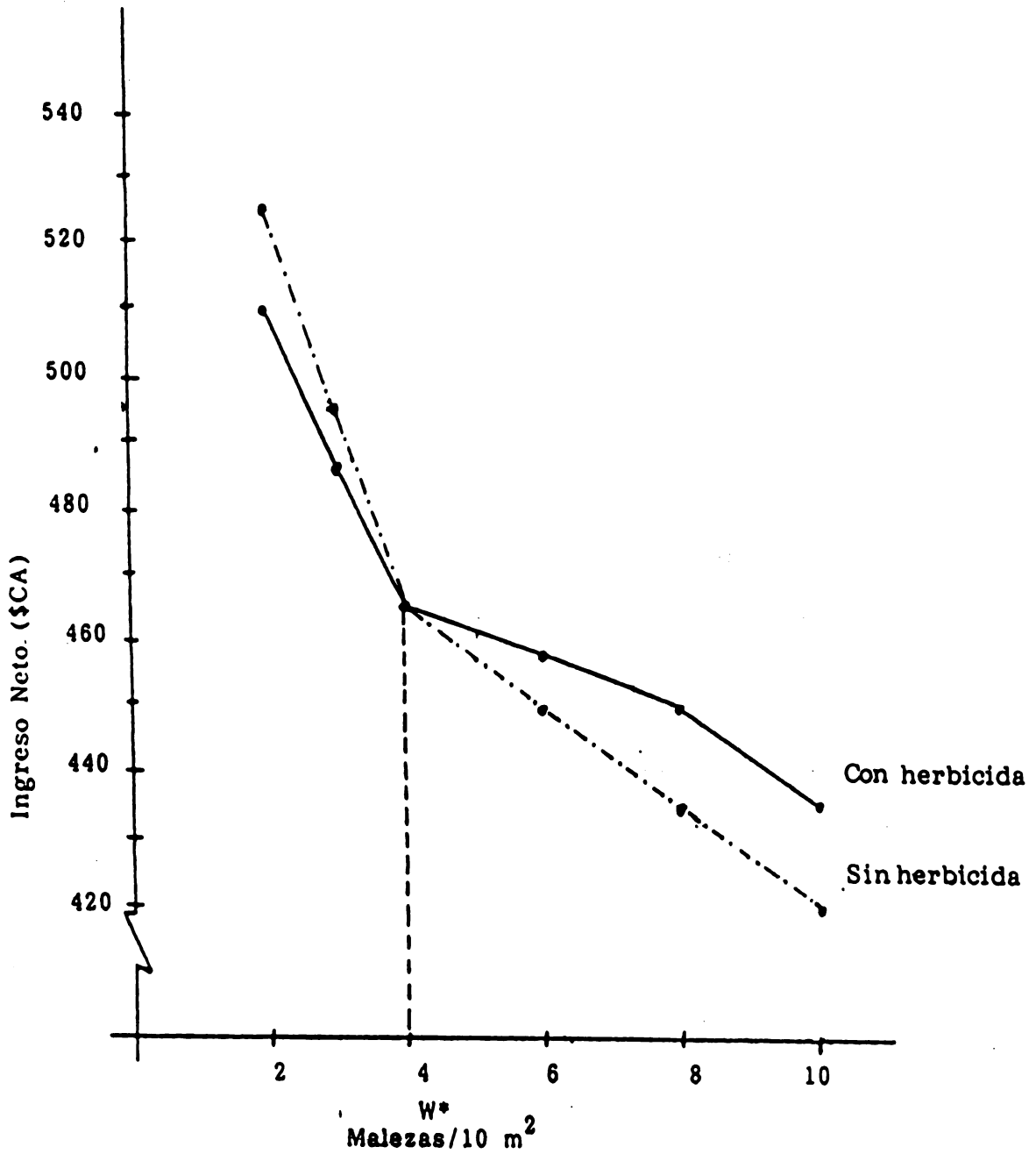


Figura 2. Determinación del umbral económico (de acción).

ataque intenso de una plaga es un evento. Asociado con cada evento hay una probabilidad de ocurrencia del evento. Estas probabilidades pueden basarse en datos históricos cuando estén disponibles (datos históricos de una estación experimental, por ejemplo). Si no están disponibles se pueden usar datos subjetivos o de los agricultores o los técnicos de la zona.

Basados en las probabilidades de los eventos y en el resultado de cada evento (la producción o ingreso) se puede calcular el valor esperado asociado con una táctica de control específico. La técnica que presenta un mayor valor esperado será la preferida por el agricultor siempre y cuando, él esté dispuesto a soportar el valor mínimo que pueda ocurrir. En el Cuadro 4a se presenta un ejemplo de esta situación, se evaluaron dos alternativas para el control de Phytophthora infestans en papa; pulverizar y no pulverizar. Hay dos eventos posibles, un ataque ligero de la enfermedad y uno intenso. El valor esperado es la suma de las probabilidades de cada evento multiplicado por el resultado (ingreso neto). El mayor valor esperado en este ejemplo, es la táctica de no pulverizar. Entonces, el agricultor recibirá el promedio de \$1.440 por año. Sin embargo, dos de cada diez años él tendrá una pérdida de \$800. Si él no estuviera dispuesto a soportar esa pérdida, entonces preferiría la alternativa de pulverizar.

Cuadro 4a. Matriz de resultados monetarios (en dólares) del control de ahublo en un campo de papas de 5 ha.

		NO INFORMACION	
		MEDIDAS ADOPTADAS	
Intensidad de infestación	Probabilidad	No pulverizar	Pulverizar
Ligera	0.8	2.000	1.300
Intensa	0.2	-800	500
Valor esperado		1.440	1.140

Fuente: Reichelderfer, K.H. *et al.* Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal No. 58. FAO, 1985. 32 p.

La importancia de la información

La situación anteriormente descrita asume que el agricultor no tiene mayor información que le ayude a prede-

cir sobre el evento. El no tiene manera de determinar la intensidad del ataque antes de que se realice el evento. Si tuviera información perfecta, si supiera con anticipación que el evento fuera a ser un ataque ligero, escogería la táctica con mayor ingreso neto, la de no pulverizar. Si el evento fuera a ser un ataque intenso, la técnica escogida sería la de pulverizar.

Se puede mejorar la toma de decisiones por el agricultor proporcionando información que permita predecir o estimar con anticipación la posibilidad y severidad de un ataque. Muestreos regulares de las plagas permiten estimar la población de ella en el campo. Esta información con un criterio de decisión como el de umbral económico permite determinar si la intensidad del ataque es suficientemente severa, que justifique en términos económicos el uso del control. Para muchas plagas, particularmente enfermedades, el muestreo es difícil por el problema de diagnóstico o por el problema de la dinámica. En estas situaciones se deben buscar otros factores relacionados con la plaga que permitan predecir su ataque. Un ejemplo es el uso de información de clima para predecir el ataque de enfermedades.

La disponibilidad de información a los agricultores tiene el objetivo de cambiar sus probabilidades subjetivas sobre los eventos. En el Cuadro 4b se ve lo que pasa cuando se presenta información al agricultor. El modificaría sus probabilidades subjetivas sobre el evento basado en su confianza en la fuente de la información. En el ejemplo, hay una predicción de un ataque intenso de Phytophthora infestans. Después de la modificación de sus probabilidades se ve que la táctica de pulverizar le da mayor ingreso neto esperado. No es que el agricultor conscientemente mida sus probabilidades y haga los cálculos, sino que él actúa como si los hiciera.

Cuadro 4b. Información: predicción de un ataque intenso¹.

Intensidad de infestación	Probabilidad	MEDIDAS ADOPTADAS	
		No pulverizar	Pulverizar
Ligera	0.5	2.000	1.300
Intensa	0.5	-800	500
Valor esperado		600	900

¹ Modificación a cuadro 4a. por los autores

En este ejemplo, la información le hizo cambiar su táctica de control. En las situaciones donde hay uso excesivo

de plaguicidas, la disponibilidad de información puede causar una reducción en su uso y un aumento en el ingreso neto.

LITERATURA CONSULTADA

- CARLSON, GERALD A. 1984. "Risk Reducing Inputs Related to Agricultural Pests". Proceedings of a Seminar Sponsered by Southern REgional Project 5-180, New Orleans, Louisiana, March 1984. Dept. of Agricultural Economics, University of Illinois, AE-4579, pp. 164-75.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984. Alternativa de manejo para el sistema maíz-maíz, Guácimo-Pocora, Costa Rica. Descripción y evaluación en fincas pequeñas. Turrialba, Costa Rica: CATIE,
- CHIARAPPA, L. (ed.). Crop Loss Assesament Methods. FAO. Manual of the evaluation and prevention of losses by pests diséases and weeds. Commonw. Agric. Bureaux, Faruham, England. Looseleaf.
- FRENCH, J. Y MESEGUER, M. Determinación de umbrales económicos: el método de presupuesto parcial. In Curso Intensivo "Estrategias Pótenciales para el Manejo Integrado de Plagas", El Salvador, 1986. 15 p.
- TENG, P.S. and KRUPA, S.V. (eds.). Crop Loss Assessment. Proceedings of E.C. Stohman Commemorative Symposium Miscellaneous Publication. 7-1980. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota.

EL MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y LA PRODUCCION AGRICOLA

Elkin Bustanante, Ph.D.*

INTRODUCCION

El manejo de las enfermedades de las plantas en América Latina se ha realizado de acuerdo con un patrón orientado al uso de variedades resistentes, de fungicidas y de algunas medidas culturales. En cuanto al control biológico sólo ha sido objeto de interés académico en los últimos años. Esta situación es el reflejo de la influencia de los conceptos predominantes en el área hasta principios de la década del 60, los cuales daban importancia al estudio aislado del ciclo de vida del organismo causal y a algunos factores denominados secundarios que condicionan el proceso de infección y el desarrollo de la enfermedad.

Lo anterior dio como resultado el considerar la visualización del concepto de enfermedades como una relación simple huésped-patógeno-factores secundarios o climáticos, descartando la presencia de interacciones más complejas que conducen al antagonismo o a la competencia entre entidades bióticas.

En la última década afortunadamente se ha despertado un interés por el estudio de los procesos de interacción que involucran el manejo de las enfermedades de las plantas como un factor de producción y se trata de cambiar la concepción aislada de micólogo, bacteriólogo, virólogo o nematólogo por la de una conciencia fitosanitaria. De acuerdo con esta concepción se han desarrollado programas en universidades donde se enfatiza el aspecto de sanidad vegetal y el pensamiento epidemiológico y ecológico en general.

En nuestro medio, el concepto de manejo integrado de los problemas fitosanitarios se ha utilizado en algunos casos específicos de plagas insectiles, por lo tanto estamos en mora de involucrar a este concepto el manejo de patógenos; no solo en cultivos que por su gran extensión y uniformidad favorecen el desarrollo devastador de un organismo, sino también en áreas pequeñas o nuevas donde sea necesario aplicar medidas que eviten desbalances críticos en favor de las poblaciones de los patógenos y orienten al agricultor a hacer uso racional de los recursos tecnológicos disponibles para su nivel de producción.

Este manejo de problemas fitosanitarios indica una integración de métodos y disciplinas. La terminología de este sistema ha evolucionado principalmente de la disciplina entomológica, sin embargo tiene raíces profundas en la fitopa-

*Fitopatólogo, MIP/CATIE. Turrialba, Costa Rica

tología, donde desde fines del siglo XIX ya se habían desarrollado métodos para el manejo de enfermedades (Smith, Apple, and Bottrell, 1977).

EL CONCEPTO DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Por definición el manejo integrado de plagas es un concepto de fitoprotección con fundamentos de acción económica, social, técnica y ecológicamente adecuados. Los fundamentos de acción considerados en este concepto son los siguientes:

- Identificación correcta de la plaga y sus relaciones con los componentes bióticos y abióticos del ecosistema agrícola.
- Determinación de las pérdidas ocasionadas por la plaga.
- Definición de la unidad de manejo -el ecosistema agrícola.
- Desarrollo de la estrategia de manejo.
- Establecimiento de los umbrales económicos y de acción.
- Desarrollo de técnicas de seguimientos y predicción.
- Desarrollo de modelos predictivos y descriptivos.

Estos fundamentos se orientan a dar claridad al agricultor sobre la naturaleza del problema fitosanitario y el impacto real del mismo de acuerdo con la cuantificación de las pérdidas y el beneficio de seleccionar tácticas de manejo adecuados.

CONOCIMIENTOS DEL ECOSISTEMA AGRICOLA

La planta al mismo tiempo que constituye la fuente de suministro de alimentos y fibras, es también uno de los factores que desequilibran el ecosistema, el cual pasa, por la acción del hombre, de un sistema complejo y diversificado a uno simple y uniforme, tornándose fácilmente vulnerable a patógenos que no encuentran las barreras naturales propias del sistema complejo. Además, la uniformidad genética de estos ecosistemas agrícolas propician el desarrollo de epidemias, al adquirir el patógeno un ambiente de multiplicación más rápida. Como enfatiza Apple (1977) un cultivo en sí es una "plaga" pues está fuera de balance biológico.

Un ecosistema agrícola comprende el complejo total de organismos del área de cultivo sumado a un medio modificado

por las actividades agrícolas, industriales, sociales y recreacionales del hombre (Smith and van de Bosh, 1967).

Al considerar esta definición y las relaciones que conducen al desarrollo de una enfermedad se llega a la conclusión de que es necesario disponer de un conocimiento adecuado de los factores que componen este ecosistema antes de iniciar el manejo de patógenos (Fig. 1).

De los componentes del ecosistema agrícola tropical se debería tener especial conocimiento de las plagas, los patógenos, el proceso efectivo y las principales interacciones que afectan esta relación como malezas, insectos y microclima. Ello implica la necesidad de investigar por parte de equipos interdisciplinarios los factores básicos y prioritarios que indiquen los reconocimientos de problemas fitosanitarios.

En este orden de ideas, es indispensable la investigación del grado y capacidad de adaptación de las variedades, la fisiología de la producción, la variación genética y la fenología del cultivo; todos ellos estudiados, preferiblemente en ausencia del patógeno. En el estudio del ecosistema agrícola tropical debe recibir especial observación el comportamiento de plantas perennes y plantas anuales, para cada una de las cuales debe existir una estrategia en el manejo de sus patógenos, al igual que se hace con plagas.

El patógeno como otro componente del agroecosistema debe ser caracterizado, estudiándose además sus posibles huéspedes, la variación genética de su población (Bustamante, et al 1970, 1973) y las fluctuaciones de ésta en relación con el cambio de las poblaciones de las plantas o a la agresividad de algunos de sus individuos (Bustamante and Browning, 1972; Browning and Bustamante, 1973).

Al presentarse la enfermedad es necesario analizar el conjunto de factores anteriores, unidos a las áreas circundantes de las zonas afectadas de la planta (i.e., filosfera, rizosfera), para determinar la presencia de nutrientes o antibióticos que ofrezcan condiciones propicias o inhibitorias para el crecimiento y multiplicación del patógeno o condiciones de competencia con otros organismos por espacio, agua, aire o nutrientes (Baker and Cook, 1974).

En muchas ocasiones el hombre como manipulador del ecosistema agrícola toma determinaciones sobre el manejo de una enfermedad, en especial por métodos químicos o físicos, sin antes evaluar el nivel del daño económico y sin conocer el efecto indiscriminado sobre organismos diferentes al patógeno. Es por lo tanto esencial catalogar el tipo de daño de acuerdo con su efecto sobre la cantidad o calidad y el efecto sobre las plantas perennes o anuales. Esta información permite determinar las medidas de manejo más apropiadas, de acuerdo con la relación costo-beneficio y formular un modelo de regresión para estimar las pérdidas de

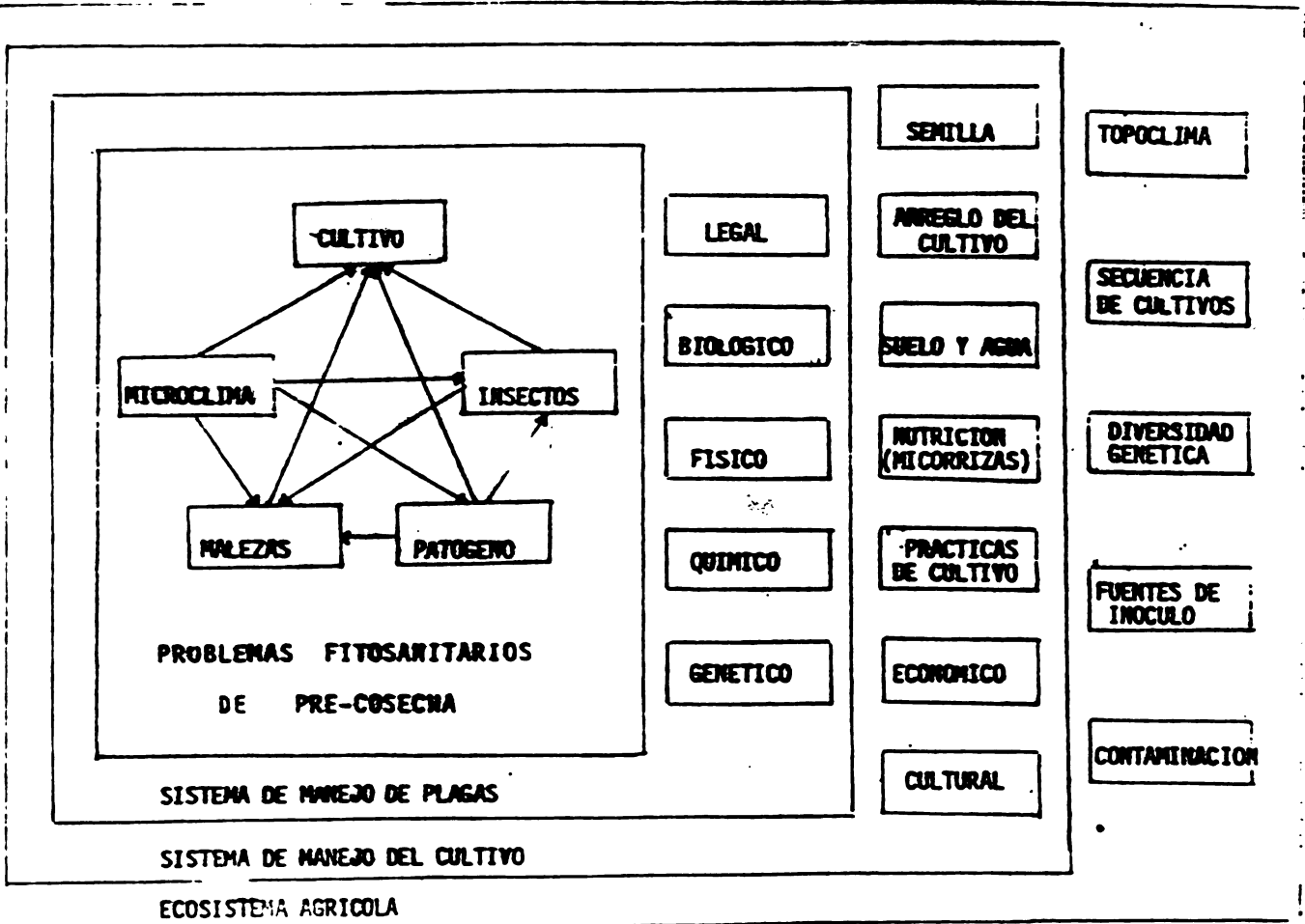


Figura 1. Ecosistema agrícola y subsistemas de manejo del cultivo y plagas, en problemas fitosanitarios de precosecha.

acuerdo con la severidad del ataque y el estado de desarrollo vegetativo de la planta (James, 1974).

En los productos cosechados (Figura 2) se presentan problemas causados por hongos tales como Aspergillus, Penicillium, Botrytis, Fusarium y Rhizopus, que causan deterioro y pérdidas en calidad y cantidad.

Para hacer frente a esta situación es necesario utilizar sistemas de manejo como el físico, mecánico y químico en actividades de beneficio, selección, empaque, transporte y almacenamiento de los productos agrícolas.

El uso de una estrategia apropiada de manejo debe tener en cuenta el efecto residual de los plaguicidas aplicados en precosecha y el posible desarrollo de micotoxinas, los cuales harían peligroso la utilización de esos productos en alimentación humana o animal.

ESTRATEGIA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

El manejo integrado de los problemas fitosanitarios además de los fundamentos de acción debe agrupar disciplinas y organismos diversos y requiere de una organización que cuente con la estructura legal, los recursos físicos y el personal suficiente para coordinar las actividades interdisciplinarias.

Por ello será necesario contar con programas concretos de manejo de enfermedades tanto en cultivos como en lugares de almacenamiento de alimentos, para lo cual se debe disponer de información sobre investigación, reconocimiento y situación epidemiológica.

La estrategia general de manejo integrado se orienta a medidas que eliminen o disminuyan el inóculo o dilaten la tasa de desarrollo de la enfermedad.

Las tácticas de acción más importantes en el manejo de enfermedades son:

Identificación correcta de los agentes causales

Este es el paso más importante en un programa de manejo integrado de enfermedades ya que define los organismos para los cuales va a ser necesario tomar las medidas de fitoprotección.

La información sobre el diagnóstico se puede producir a través de diferentes mecanismos: análisis de muestras en laboratorio; diagnóstico de campo. En el primero es necesario contar con un material de análisis apropiado e información de campo muy precisa que permita orientar al analista.

La observación de campo brinda la oportunidad de enfocar el diagnóstico de manera ecológica, lo cual evita los riesgos de identificar erróneamente el agente causal, lo

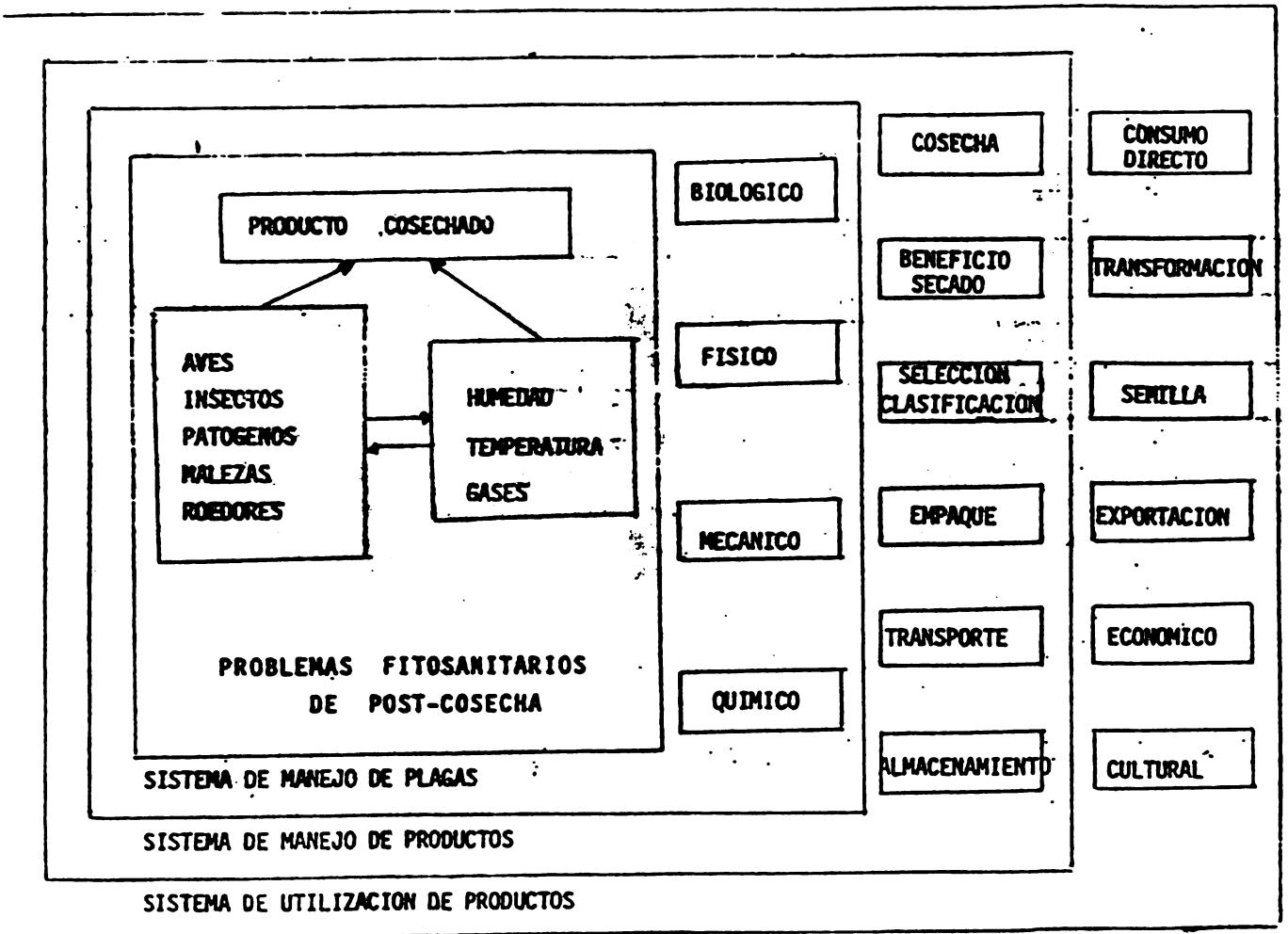


Figura 2. Sistema de utilización de productos agrícolas y subsistemas de manejo de productos y sus plagas, en problemas fitosanitarios de post-cosecha.

cual puede presentarse por la similitud de síntomas de enfermedades causadas por diferentes factores bióticos y abióticos.

✓ Reconocimientos fitosanitarios

Una vez conocido el agente causal de una enfermedad considerada importante es necesario realizar un reconocimiento fitosanitario que suministre información sobre incidencia del patógeno, condiciones agroclimáticas, posibles vectores.

También fijaría las necesidades de investigación sobre la biología y la presencia de competidores o antagonistas del patógeno así como los aspectos epidemiológicos más importantes de la enfermedad.

Es necesario considerar que los reconocimientos pueden realizarse tanto en presencia de la enfermedad como en su ausencia, este último con el fin de verificar que una zona o un país se encuentra libre. Este último reconocimiento es denominado R. negativo.

La labor fitosanitaria de reconocimiento, diagnóstico y vigilancia permitiría el acopio de información para mapear y establecer la distribución de patógenos, tomar medidas fitocuantenarias, respaldar la supervisión fitosanitaria de viveros de exportación y las campañas.

Estos trabajos de reconocimiento y vigilancia fitosanitaria, darán la oportunidad de coleccionar material valioso de acuerdo con las variaciones genéticas que se presenten en la población de plantas y en su reacción a un patógeno.

También se pueden tener las informaciones que permitirían definir la necesidad de utilizar medidas de manejo del problema de acuerdo con los niveles económicos de daño que se establezcan.

✓ Medidas normativas de cuarentena

Esta táctica se relaciona con las medidas legales preventivas y de tipo cuarentenario. Mantener los cultivos libres de los agentes causales de enfermedades es la medida más segura y económica. La importancia de ese factor en la agricultura latinoamericana ha sido destacada por Bustamante y Patiño, 1970; Thurston, 1973 y Viennot - Bourgin, 1974.

En este sentido será necesaria la adecuación de las disposiciones legales que respaldan las medidas cuarentenarias y la dotación con equipos y personal capacitado de los puertos de comercialización e intercambio de materiales vegetales, con el fin de efectuar una labor más técnica que, la desarrollada hasta el momento.

La amplitud de la medida preventiva y cuarentenaria, va del ámbito regional, al nacional o al internacional, obede-

ciendo a acuerdos recíprocos entre países, como son: La Convención Internacional de Protección Vegetal FAO, y el Organismo de Protección Vegetal del Área del Caribe.

Debe tenerse en cuenta que el concepto preventivo de introducción de patógenos, no es permanente ni absoluto. En muchos casos, los Servicios de Cuarentena contribuyen a impedir que un patógeno llegue y se establezca inoportunamente en un área agrícola. En este caso, retardar su introducción es una medida práctica, económica y prioritaria, más aún cuando se conoce que la introducción de patógenos en áreas nuevas, donde va a encontrar cultivos con plantas uniformemente, puede causar efectos devastadores en materiales comerciales y germoplasma valioso.

Es importante tener en cuenta que la introducción de un patógeno es en la mayoría de los casos un proceso irreversible, por ejemplo los agentes causales de la roya del café, la sigatoka negra del banano y plátano. Por lo tanto las medidas de exclusión son prioritarias, especialmente cuando eliminan las posibilidades de dispersión del patógeno y permiten al país preparar las medidas de manejo apropiadas para enfrentar la enfermedad.

Producción y certificación de semillas

En la producción agrícola, la semilla, a pesar de ser el insumo de menor costo y cantidad, es el más importante y lo es también en el control fitosanitario y manejo de las enfermedades. La razón es que un material que reúne todas las características de vigor y pureza genética, debe garantizar igualmente la ausencia de patógenos.

La producción y certificación de semillas como parte del manejo integrado, debe contar con una adecuada coordinación y participación de entidades gubernamentales y privadas, donde la labor de supervisión estatal y la comercial se complementen en favor de la producción de semillas libres de patógenos. Corresponde al Gobierno la supervisión de la producción de campo y el hacer cumplir las normas sobre certificación, las disposiciones fitosanitarias y aquellas sobre multiplicación, producción y comercialización. Además señalar las vedas, fechas de siembra y áreas de producción.

En el manejo de las enfermedades, estrechamente ligado al control fitosanitario de las semillas, está la supervisión de los viveros productores de material vegetal de propagación. La experiencia nos indica que la distribución incontrolada de materiales de propagación es la vía más rápida para diseminar los patógenos en áreas libres. El efecto desastroso de no aplicar medidas de control sanitario, en los viveros, se puede observar en plantaciones de cafeto con la amplia diseminación que han tenido los nemátodos del género Meloidogyne. Efectos dañinos pueden observarse también en forestales y frutales por la diseminación de la bac-

teria Agrobacterium tumefaciens y enfermedades de origen viral o micoplásmico. Es indispensable por lo tanto la supervisión fitosanitaria por parte de las entidades estatales para velar por una producción racional, de plantas de ornamentación, viveros forestales, frutales y de cafeto que constituyen renglones agrícolas importantes en la región.

Campañas fitosanitarias de precosecha

El manejo de enfermedades en plantas perennes se fundamentan en medidas culturales y variedades resistentes o tolerantes que eviten la diseminación del patógeno a través de la desinfestación de herramientas o residuos de cosechas, erradicación de huéspedes alternantes y el uso de semilla sana. De igual manera se utilizan recomendaciones sobre densidad de siembra, niveles de fertilización, uso de enmiendas, irrigación, variedades resistentes o tolerantes, control de insectos vectores (Barros, 1966; Zitter, 1980).

Desafortunadamente, para el éxito de este manejo es necesario disponer de mayores resultados de investigación sobre métodos culturales, genéticos, biológicos y químicos. Además es necesario desarrollar un programa orientado al manejo de todos los problemas fitosanitarios que tienen en sí una interrelación importante.

En el caso de cultivos anuales, los medios de combate utilizados han sido las variedades resistentes, los agroquímicos, las prácticas culturales y en menor escala el uso de microorganismos. La forma de utilización apropiada de estas herramientas se detallan a continuación.

Variedades resistentes

La resistencia de una variedad a un patógeno puede estar gobernada por pocos o muchos genes. En el primer caso el material es de fácil manipuleo en un programa de fitomejoramiento, razón por la cual casi todas las variedades en cereales y otros cultivos obtenidas entre 1940 a 1965 usaron este sistema y se necesitó reemplazarlas periódicamente ante el incremento de nuevas estirpes de la población del patógeno que eran capaces de atacarlas. La susceptibilidad de una planta, anteriormente considerada como resistente, puede traer desconcierto al agricultor que no entiende la dinámica de poblaciones en los organismos causantes de enfermedades; sin embargo, tal como expresa Apple (1977), "no conozco ninguna variedad genéticamente estable que haya perdido su efectividad contra los biotipos del patógeno por los cuales se seleccionó su resistencia inicialmente. La variedad no 'ha fallado', simplemente la dinámica del patógeno ha respondido por selección al nuevo ambiente".

La lección del cambio en la población del patógeno fue aprendida y repetida a través de muchos años, lo que obligó a los programas de fitomejoramiento a disponer de variedades con diferentes genotipos y de un sistema de pronóstico de los cambios en la población del patógeno.

En los últimos años los investigadores han buscado un tipo de resistencia más estable, gobernada poligénicamente; sin embargo, esta resistencia es difícil de manejar y solo se puede reconocer a través de estudios cuantitativos sobre factores como tiempo de germinación y penetración del patógeno, cantidad y tamaño de las lesiones, cantidad de inóculo y tiempo de producción de esporas.

Ante esta situación es necesario aprender de las poblaciones naturales de cereales en Israel, donde conviven los dos tipos de resistencia descritos con plantas tolerantes susceptibles y su heterogeneidad es tan amplia que no permite el desarrollo de una epidemia (Browning, 1974). Igual situación acontece con las variedades multilineales, donde se dispone de una mezcla de diez o más componentes genéticamente diferentes en su resistencia al patógeno (Browning and Frey, 1969).

En el trópico, donde las presiones de selección son mayores, es necesario utilizar la diversidad genética de las plantas y no depender de una o dos variedades como es el caso de cultivos perennes como el banano, café, la palma africana y la caña de azúcar. Este problema también se presenta en cultivos anuales de algodón, arroz, cebada y papa.

La obtención de variedades resistentes es un proceso cuidadoso, aparentemente lento y costoso; sin embargo, es el componente más importante dentro de un programa de manejo de enfermedades.

El uso de nuevas variedades resistentes debe ser muy cuidadoso, pues puede causar el desbalanceamiento entre los nuevos cultivares y las poblaciones de plantas que por selección o supervivencia habían subsistido. Esta situación puede traer el resurgimiento de problemas fitosanitarios minimizados por la población original. Además, los nuevos cultivares pueden dar rendimientos mayores, pero su gran uniformidad y la poca diversidad genética, hacen estos materiales fácilmente vulnerables a ciertas estirpes de un patógeno. Browning (1964) indica la necesidad de conservar la diversidad genética y no eliminar los materiales heterogéneos (variedades criolla o multilineales) que están en equilibrio dinámico con el patógeno.

Uso racional de agroquímicos

El uso de fungicidas tiene importancia en el tratamiento de semilla para evitar la diseminación del patógeno albergado en la parte externa y en algunos casos en el embrión. Las aplicaciones al follaje se emplean contra

patógenos para los cuales no se han obtenido variedades resistentes o cuando las medidas culturales no permiten disminuir su avance.

El uso de fungicidas en el suelo, no es muy efectivo, debido a que complejidades en relación con la microbiota. El uso de sustancias para controlar patógenos del suelo ha cambiado de amplio espectro a materiales selectivos como el Dexon (Pythium, Phytophthora), PCNB (Rhizoctonia, Sclerotium tiabendazole, oxicarboxin, (Baker and Cook, 1974).

La interacción fungicida-control biológico es tan importante como en el caso de manejo de insectos plagas. Anderson, citado por Baker and Cook (1974), demostró como en el control de Phytophthora cinnamoni en piña, la cloropirrina actuaba bien y propiciaba el desarrollo del hongo Trichoderma viride. Por el contrario el uso de PCNB incrementa la severidad de la enfermedad y reduce la población de T. viride, Penicillium spp. y actinomicetos.

La competencia entre patógenos es otro aspecto que se considera en la acción de los fungicidas pudiendo llegar a generar un daño mayor a la planta por la prevalencia de uno de ellos. Un ejemplo es el efecto de Dexon, usado para controlar Pythium el cual promueve el incremento de Rhizoctonia solani. Lo contrario ocurre cuando se usa PCNB para controlar R. solani y se incrementa la acción de Pythium y Fusarium spp. sobre las plántulas de varios cultivos (Garren, 1963). Los hongos en forma similar a lo que ocurre en los insectos presentan resistencia a los productos químicos. En los últimos años se ha registrado el fenómeno de resistencia cruzada, en la cual un hongo resistente a un fungicida, que presente un anillo aromático en su estructura (i.e, hexaclorobenzeno, PCNB, botran, bemomil), lo será el resto del grupo de fungicidas (Day, 1974).

Al igual que los patógenos del sistema radical de la planta, los que atacan la parte foliar también han desarrollado resistencia. Lorbeer y Ellerbrock (1976), encontraron que Botrytis squamosa adquirió resistencia a maneb y mancozeb después de doce años. Esta resistencia o tolerancia al fungicida varió con los diferentes aislamientos del hongo. Benomil es el fungicida que más fallas ha presentado por resistencia de los patógenos, entre ellos Venturia inaequalis y Monilia fructicola (Jones and Ehret, 1976), Mycosphaerella fijiensis var. difformis.

La amplia aceptación del control químico en cultivos comerciales se debe a que éste requiere menos conocimiento de la relación entre el agente causal y sus asociados. Este concepto es tan válido para el agricultor como para el investigador. Además sus resultados son más rápidos y espectaculares que con otros métodos. Esto hace que su uso se haga independiente de la necesidad y las posibles consecuencias, a menudo ignorando por completo el ecosistema que se va a perturbar (Baker and Cook, 1974). Esto es obvio en los agricultores que "bañan" sus cultivos con fungicidas o in-

secticidas con el ánimo de defender sus inversiones con este "seguro" químico. Huffaker, citado por Baker and Cook (1974), sugiere que el asistente técnico debe ser un individuo independiente y capacitado que pueda proporcionarle al agricultor consejos acertados antes que productos de control.

Prácticas culturales

Aparte de la diversidad genética, que permite modificar la población del huésped, se puede disponer de varias prácticas que modifiquen el microclima y los niveles de inóculo en el suelo y aire.

Las principales prácticas de cultivos utilizadas son: arreglo del cultivo, tanto en orientación como en distancia, cultivos asociados, rotación, destrucción de residuos, incorporación de materia orgánica, encalamiento, irrigación, drenajes, selección de semilla, podas, raleos, combate de malezas.

Uso de microorganismos

El conocimiento y uso de microorganismos para el manejo de patógenos no es un campo ampliamente explorado y se necesita más investigación para poder llegar a un nivel que permita el uso amplio de esta táctica biológica. En el momento se puede utilizar en el suelo las poblaciones de Trichoderma spp. para el control de Rhizoctonia solani. Igualmente es importante reconocer la presencia de suelos supresores en los cuales la actividad antagonística de bacterias y hongos no permite el desarrollo de organismos patógenos como R. solani, Phytophthora cinnamoni, Pythium spp. y Fusarium spp.

En el manejo de Agrobacterium radiobacter var. tumefaciens se puede utilizar productos comerciales que contienen antagonistas de este patógeno como es la cepa 84 no patogénica de la bacteria.

Dada la importancia de esta área es recomendable estar actualizado con la información que se produzca acerca del combate biológico de patógenos en la rizosfera y filosfera de las plantas.

Productos agrícolas y problemas fitosanitarios de post-cosecha

El cacao, la caña de azúcar y la mayoría de los cereales y oleaginosas necesitan de transformación industrial antes de entregar el producto final al consumidor. Sobre estos cultivos descansa la disponibilidad de harinas, aceites, chocolate y azúcar. Por lo tanto, la presencia de problemas

fitosanitarios en el campo y en el almacenamiento no solo influye sobre la disminución en rendimiento, sino también sobre la calidad de los azúcares, el sabor de las harinas, las condiciones físicas de los aceites y la presencia de micotoxinas. El carbón hediondo del trigo, la roya de la caña de azúcar, y las pudriciones causadas por Aspergillus, Fusarium y Penicillium, Botrytis pueden servir como ejemplo. Estos problemas son también importantes en el consumo directo de alimentos.

El manejo de patógenos de post-cosecha se debe ejercer a través de las condiciones de temperatura y humedad previa selección de materiales bien cosechados y beneficiados apropiadamente para su almacenamiento o proceso (Figura 2).

La agroindustria tiene un amplio campo de desarrollo en la utilización de hortalizas y frutales, en los cuales no solamente es importante la sanidad y las características morfológicas de los materiales, sino el tipo de agroquímicos utilizados en el control y los intervalos mínimos entre la última aplicación y la cosecha que permita eliminar la presencia de residuos en la materia prima o en el producto final.

Una vez resueltos los problemas de disponibilidad, sanidad y residuos de agroquímicos, la agroindustria podrá utilizar muchas hortalizas y frutales que, aunque usualmente de consumo directo, sus características de productos perecederos hacen necesario su procesamiento para no perder por descomposición una gran cantidad de alimentos.

En el caso de productos de exportación como flores o frutas el manejo post-cosecha es muy exigente y los compradores solicitan niveles cero de daño. Esta situación impide desarrollar un manejo integrado en el cultivo y su producto, lo que hace necesario el uso costoso y continuado de agroquímicos.

CONCLUSIONES

Los planteamientos anteriores llevan a las siguientes conclusiones:

1. Es importante utilizar fundamentos de acción que permitan conocer la naturaleza biológica y económica de la plaga y su manejo.
2. Es necesario utilizar esquemas de manejo que tengan en cuenta todos los componentes del agroecosistema y no únicamente la naturaleza del agente causal del problema fitosanitario y el uso de una sola táctica de combate.
3. La finalidad de un esquema de manejo será evitar o disminuir el inóculo inicial y la tasa de incremento de la enfermedad.

4. Es necesario generar conocimientos para los diferentes agroecosistemas.

5. La necesidad de establecer un sistema nacional de fitosanidad que de solución a los problemas existentes y esté preparado para enfrentar las plagas exóticas. Este sistema buscaría armonizar las actividades de agricultores, asistentes técnicos, especialistas y funcionarios que fijan los programas agropecuarios, alrededor de una política nacional de defensa fitosanitaria.

LITERATURA CONSULTADA

APPLE, J.L. 1977. The management of plant pathogens. In: (Horsfall, J.G. and Cowlings, E.B.), Plant Pathology: An advanced Treatise. How Disease is Managed. New York, Academic, Vol. 1.

BAKER, K.R., and COOK, R.J. 1974. Biological control of plant pathogens. San Francisco, Freeman, 442 p.

BARROS, O. 1966. Valor de las prácticas culturales como método para reducir la incidencia de monilia en plantaciones de cacao. Agr. Trop. 22:605-602.

BROWNING, J.A. 1974. Relevance of knowledge about natural ecosystems to development of pest management programs for agro-ecosystems. Proceedings of the American Phytopathological Society. I: 191-199.

_____ and FREY, K.J. 1969. Multiline cultivars as a mean of disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 7:355-382.

_____ and BUSTAMANTE, E. 1973. Evidence for environmental races of Puccinia graminis avenae. II International Congress of Plant Pathology Minnesota. Abstract of papers. No. 117.

BUSTAMANTE, E. y PATINO, H. 1970. Dinámica de un servicio de sanidad vegetal. Agr. Tropical 26:165-168.

_____. ORJUELA, J. and BROWNING, J.A. 1973. Rust epidemiology in the Colombian Andes. II International Congress of Plant Pathology. Minneapolis, Minnesota. Abstracts of paper No. 0426.

DAY, P.R. 1974. Genetics of host-parasite interaction. San Francisco, Freeman. 238 p.

- GARREN, K. H. 1963. Evidence for two different pathogens of peanut pod rot. *Phytopathology* 43:746.
- JAMES, W.C. 1974. Assessment of plant diseases and losses. *Ann. Rev. Phytopathol.* 12:27-48.
- LORBEER, J.W. and ELLERBROCK, L.A. 1976. Failure of ethylene bisditio carbamates to control botrytis leaf blight of onion. *Proceedings of the American Phytopathological Society.* 3:75-84.
- SMITH, R.F., APPLE, J.L. and BOTTRELL, D.C. 1977. The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops. In: *Integrated Pest Management* (Apple, J.L. and Smith, R.F.). New York, Plenum Press, pp. 1-16.
- THURSTON, H.D. 1973. Threatening plant diseases. *Ann Rev. Phytopathol* 11:27-52.
- VIENOT - BOURGIN, G. 1974. The role of phytopathological research in developing countries. *Phytopathology* 64:912-917.
- ZITTER, T.A. 1980. Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. *Ann. Rev. Phytopathol* 18:289-310.

COMBATE BIOLÓGICO DE Moniliophthora roreri MEDIANTE BACTERIAS EPIFITAS

✓
J.J. Galindo, Ph.D.1/; J.M. Jiménez M.Sc.2/y C. Ramírez, Ph.D.3/

El cacao es nativo del bosque tropical húmedo de América. Se cultiva en forma comercial en una franja relativamente angosta del trópico húmedo comprendido entre las latitudes 15° N y S. La precipitación en las regiones donde se cultiva el cacao varía entre 1.400 a 2.000 mm. Sin embargo, cuando la lluvia es mayor de 2.500-3.000 mm, el rendimiento se reduce por la alta incidencia de enfermedades (5).

La moniliasis del cacao causada por Moniliophthora roreri (Cif & Par) Evans et al. apareció en Costa Rica en 1978 en la región Atlántica y se ha diseminado a todas las regiones cacaoteras del país, causando una drástica reducción en la producción de 10.300 Ton de cacao seco en el año 1978 a 1.840 en 1983 (4).

Se ha observado que el único órgano de la planta que es atacado por M. roreri es la mazorca. Además también se ha encontrado que el hongo no sobrevive saprofiticamente en el suelo (4).

Los únicos propágulos infectivos que se conocen son los conidios, los cuales se producen sobre el estroma que crece en la superficie de mazorcas enfermas. Los conidios son diseminados principalmente por el viento. Se ha observado que los conidios necesitan de una película de agua para germinar e iniciar la infección, proceso que puede durar de 5 a 8 horas (4).

El combate de la enfermedad se realiza por medio de la remoción semanal de frutos enfermos y prácticas culturales con el objeto de reducir el exceso de humedad dentro de la plantación, tales como la poda del cacao y del sombrío, construcción de drenajes y eliminación de malezas (4).

Existe otra alternativa que puede complementar las prácticas mencionadas anteriormente, especialmente en zonas con alta presión de inóculo proveniente de plantaciones abandonadas, como es el caso de la zona Atlántica de Costa Rica. Esta alternativa es el combate biológico mediante el uso de microorganismos que están adaptados al nicho ecológico de M. roreri (6).

La superficie de las partes aéreas de las plantas, tales como hojas, frutos y flores, están colonizados por una microflora epífita cosmopolita. En esta microflora hay dos

1/Fitopatólogo, DPV, CATIE. Turrialba, Costa Rica

2/Fitopatólogo Asistente, MIP/CATIE. Turrialba, Costa Rica

3/Especialista en Microbiología de Suelos. DPV, CATIE.

Turrialba, Costa Rica

tipos de microorganismos: los residentes, que se multiplican en las superficies sanas de los tejidos sin causar un efecto nocivo en las plantas y los microorganismos casuales, que se establecen en un órgano aéreo pero no se multiplican (1, 7).

Unos pocos microorganismos residentes en los órganos aéreos son bastante específicos. La población de microorganismos en hojas puede llegar a un grosor de 22 u en la superficie de plantas tropicales y se ha estimado en millones de células por gramo de tejido. Esta microflora está constituida por bacterias, levaduras, ficomicetos y hongos no patogénicos (1, 3, 8).

Los patógenos de órganos aéreos generalmente son organismos casuales sobre las partes aéreas antes de que ocurra la penetración. Durante este breve período, los patógenos están expuestos a interacciones con los epífitos residentes. Estas interacciones incluyen competencia por nutrientes y probablemente exposición a enzimas y antibióticos de la flora residente, así como también predación y parasitismo. Uno de los objetivos del control biológico de patógenos de órganos aéreos es el de incrementar las actividades adversas de la microflora residente contra los patógenos antes de que ocurra la penetración (2, 7, 9).

Los trabajos sobre combate biológico de M. roreri fueron realizados en la Finca Experimental "La Lola" (26°C, Matina, Limón y en el Laboratorio de Fitopatología del CATIE en Turrialba.

Las cepas bacteriales se aislaron de la superficie de mazorcas de cacao cv "Matina", localizado en plantaciones abandonadas, debido principalmente a la presencia de la moniliasis.

De un gran número de cepas aisladas se hicieron estudios de antagonismo a M. roreri en condiciones de laboratorio y campo. La cepa M-50, Pseudomonas sp., se seleccionó por su reacción de antagonismo mostrada en ambas pruebas.

Suspensiones de la bacteria se aplicaron por medio de una bomba de espalda a mazorcas de cacao del cv UF-29, susceptible a la moniliasis. Estas pruebas se han realizado durante tres estaciones de producción. Bajo condiciones de inóculo natural, las aplicaciones de la bacteria han reducido la incidencia de la moniliasis, de un 50 a un nivel del 7 por ciento. El efecto de la aplicación de la bacteria no difiere en forma significativa de los resultados obtenidos con la aplicación del fungicida que se ha encontrado con mayor efectividad contra M. roreri.

Se hicieron estudios sobre la sobrevivencia de la bacteria y efecto de los parámetros de clima sobre las poblaciones de la bacteria. En las mazorcas sobre las cuales se hizo la aplicación de la suspensión de la bacteria se encontró una concentración de 10^4 CFU por cm^2 . Se encontró igualmente que la bacteria soporta altas temperaturas y se observó que la población de la bacteria se reduce en períodos prolongados de baja humedad.

Los resultados obtenidos en estos experimentos muestran el potencial del uso del combate biológico de microorganismos epífitos sobre patógenos de los órganos aéreos de las plantas. El combate biológico usado junto con otras medidas de control tales como la poda sanitaria, prácticas culturales, cultivares resistentes, pueden integrar un paquete efectivo de medidas para reducir la incidencia de enfermedades foliares. Por este medio también se puede lograr un uso reducido de pesticidas.

LITERATURA CONSULTADA

1. BAKER, K.F. and COOK, J.C. 1982. Biological control of plant pathogens. Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minn. 433 p.
2. BLAKEMAN, J.P. and FOKKEMA, N.J. 1982. Potential for biological control of plant disease on the phylloplane. Ann. Review Phytopathol. 20:167-192.
3. COOK, R.J. and BAKER, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minn. 539 p.
4. GALINDO, J.J. y ENRIQUEZ, G.A. 1984. Estrategias para el combate de la moniliasis del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 20 p.
5. HARDY, F. 1961. Manual del cacao. IICA, Turrialba, Costa Rica. 440 p.
6. JIMENEZ, J.M., GALINDO, J.J. and RAMIREZ, C. 1986. Studies on biological control of Monilia rozeri by epiphytic bacteria. Phytopathology 76:1118.
7. LEBEN, C. 1965. Epiphytic microorganisms in relation to plant disease. Ann. Review Phytopathol. 3:209-230.
8. RUINEN, J. 1961. The phyllosphere. I. An ecological neglected mildieu. Plant soil 5:81-109.
9. WINDEL, C.E. and LINDOW, S.E. 1985. Biological control on the phylloplane. Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minn. 169 p.



DATE DUE

~~12 MAR 1982~~

~~12 MAR 1982~~

12 MAR 1982
DEVUELTO

DEVUELTO

DEVUELTO



