

Serie Técnica

INFORME TECNICO No. 136

FUNDAMENTOS Y COMPONENTES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

ARTICULOS SELECTOS DEL CURSO FILOSOFIA Y COMPONENTES
DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

JOAQUIN FRANCISCO LARIOS C.
EDITOR

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

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
PROYECTO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

CONTENIDO

Página

Presentación.

Lista de Autores y Siglas de Instituciones y Programas.

I.	La Entomología en el Manejo Integrado de Plagas. Angel Chiri.	1
II.	El Uso de Entomopatógenos en Manejo Integrado de Plagas. José Rutilio Quezada.	11
III.	Parasitoides y Depredadores, Un recurso para Manejo Integrado de Plagas. José Rutilio Quezada.	23
IV.	La Importancia de Semioquímicos en Manejo Integrado de Plagas. Angel Chiri.	44
IE), —	V. Plaguicidas como Recurso de Manejo Integrado de Plagas. Saúl E. Contreras.	59
—	VI. Conceptos Sobre Manejo Integrado de Enfermedades. Elkin Bustamante.	66
—	VII. La Virología Vegetal en el Manejo Integrado de Plagas. Ramón Lastra.	82
—	VIII. Resistencia de las Plantas a Patógenos. Elkin Bustamante.	92
—	IX. La Malacología Económica Centroamericana y su Relación al Manejo Integrado de Plagas. Keith L. Andrews.	103
—	X. Las Malezas en el Contexto del Manejo Integrado de Plagas. Ramiro de la Cruz.	109
—	XI. Factores Socioeconómicos en el Control de Plagas James French.	122

LISTA DE AUTORES

1. Andrews, Keith L. Ph. D., Entomólogo, Proyecto MIPH El Zamorano, Honduras.
2. Bustamante, Elkin, Ph. D., Fitopatólogo del Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE Turrialba, Costa Rica.
3. Contreras, Saúl E. Ph. D., Entomólogo, Profesor Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
4. Chiri, Angel, Ph. D., Entomólogo, AID/ROCAP, San José, Costa Rica.
5. De la Cruz, Ramiro. Ph. D., Especialista en maleza, Proyecto MIP, CATIE Turrialba, Costa Rica.
6. French, James, Ph. D., Economista Agrícola, Proyecto MIP, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
7. Lastra, Ramón. Ph. D., Virólogo, Proyecto MIP, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
8. Quezada, José Rutilio. Ph. D., Entomólogo, Proyecto MIP, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

SIGLAS DE INSTITUCIONES Y PROGRAMAS

AID	Agency for International Development.
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
CENCAP	Centro de Capacitación Agropecuaria.
CENTA	Centro de Tecnología Agrícola.
MIP	Manejo Integrado de Plagas
ROCAP	Regional Office for Central América and Panama.
UES	Universidad de El Salvador.

PRESENTACION

Esta publicación ha sido generada gracias a las contribuciones de los especialistas del equipo técnico del Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas del CATIE, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y del Proyecto MIPH de la Escuela Agrícola Panamericana de Honduras. Los artículos incluidos son en su mayoría una selección de las conferencias presentadas en el curso intensivo "Filosofía y Componentes del Manejo Integrado de Plagas" efectuado en colaboración con el Centro de Tecnología Agrícola en el Centro de Capacitación Agropecuario en San Andrés, El Salvador, del 23 de febrero al 1 de marzo de 1986. Se pretende con estas contribuciones, definir conceptos básicos, ilustrarlos y aclarar el papel de las disciplinas de fitoprotección dentro del enfoque de manejo integrado de plagas. En cada artículo se ofrece ejemplos propios de nuestro medio tropical en general y de la región centroamericana.

Con esta publicación, el Proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE en forma conjunta con el Centro de Tecnología Agrícola, contribuyen a la difusión del enfoque de manejo integrado y a su eventual aplicación por profesores y técnicos de fitoprotección - en Centro América y Panamá.

JOAQUIN FRANCISCO LARIOS, Editor
Coordinador Proyecto MIP en El Salvador

CAPITULO I

LA ENTOMOLOGIA EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS*

ANGEL A. CHIRI**

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	1
2.	ORIGEN DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS	2
3.	ALGODON	3
	3.1. Caso Histórico en el Valle de Cañete en el Perú	4
	3.2. La Chinche Lygus en el Valle de San Joaquín de California	5
4.	ZANCUDOS Y CUCARACHAS	6
5.	EL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	7
	BIBLIOGRAFÍAS	9

1. ANTECEDENTES

Desde que el hombre se dedicó a la agricultura ha tenido que compartir sus cultivos con innumerables organismos, entre los que se incluyen virus, micoplasmas, bacterias, hongos, nemátodos, malezas, insectos, ácaros, roedores y pájaros. Aún hoy, y a pesar de los avances logrados, en muchas áreas del mundo el hombre sigue relativamente indefenso contra estos organismos, y aún se sufren pérdidas de un 30% o más de la producción potencial de las cosechas.

La capacidad del agricultor para combatir las plagas insectiles aumentó notablemente a fines de 1800 con la introducción de compuestos químicos inorgánicos como el arseniato de plomo, arseniato de calcio, criolita, cal y azufre. Sin embargo, no fue sino hasta 1939 que sobrevino un cambio dramático al utilizarse el DDT por primera vez contra insectos plaga de importancia médica durante la Segunda Guerra Mundial, para proteger a las tropas

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y componentes del manejo integrado de plagas", 23-28 de febrero de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.

** Entomólogo, Especialista de Manejo Integrado de Plagas CACP/ROCAP, San José, Costa Rica, Centroamérica.

aliadas de los piojos transmisores del tifus y de otros insectos. Poco después, el DDT se aplicaba a la agricultura. Luego aparecieron nuevos organo-clorados tales como el hexacloruro de benceno (BHC), toxafeno, clordano, heptacloro, mirex, etc. Agricultores y fitoproteccionistas tuvieron entonces a su disposición un arma poderosa para combatir plagas insectiles.

Conjuntamente con la introducción de variedades de cultivos de alto rendimiento y el incremento en el uso de fertilizantes, los organoclorados contribuyeron al surgimiento de la "Revolución Verde" en los países en vías de desarrollo, dando como resultado un significativo incremento en el rendimiento de los granos básicos. Durante los siguientes 20 años muchos entomólogos y otros fitoproteccionistas volcaron su atención a los diversos aspectos del control químico, descuidando importantes áreas como ecología y comportamiento de insectos, el control cultural y el biológico.

Sin embargo, no tardaron en surgir diversos problemas como consecuencia del uso unilateral de plaguicidas. Aparecieron poblaciones de insectos resistentes o tolerantes a ciertos insecticidas. Con la eliminación de los genotipos susceptibles, los individuos resistentes se multiplicaron y pasaron a ser los más numerosos. Se aumentó gradualmente la dosis y frecuencia de las aplicaciones, lo cual aceleró aún más la selección de poblaciones resistentes. La fauna de insectos benéficos fue diezmada, lo que condujo a que aparecieran plagas inducidas (especies de insectos previamente inofensivos) y al rápido resurgimiento de insectos que eran objeto de control. Se inició la bio-acumulación de organo-clorados y la contaminación del medio ambiente en muchas áreas, dando como resultado el envenenamiento de abejas, peces, fauna silvestre, animales domésticos y seres humanos.

Aparecieron insecticidas de corta vida residual, aunque más tóxicos, como los organofosforados, carbamatos y piretroides para reemplazar a los organo-clorados, los cuales perdieron gran parte de su efectividad contra las plagas insectiles y fueron gradualmente prohibidos debido a su tendencia a persistir y a bioacumularse. Sin embargo, la dependencia excesiva en los plaguicidas aún continúa y, además de los diversos problemas generados como resultado de su uso intensivo, sigue causando a los agricultores gastos financieros cada vez más elevados.

2. ORIGEN DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El manejo integrado de plagas (MIP) fue definido en 1967 por el

Panel de Expertos del Control Integrado de Plagas de la FAO como: "Un sistema de manejo de plagas que, en el contexto asociado al medio ambiente y a la dinámica poblacional de las plagas, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de la manera más compatible posible y mantiene a las plagas a niveles más bajos de los que puedan causar un daño económico.

Varias prácticas de control de plagas basadas en principios ecológicos se han recomendado esporádicamente desde fines de 1800. El concepto moderno del control integrado fue inicialmente formulado por Smith y Allen en 1954 y Stern et al. en 1959 y buscó integrar al control químico con el biológico. Este concepto fue después extendido a todos los métodos de control existentes (biológico, químico, cultural, etológico, etc.) y se denominó manejo integrado de plagas (MIP). Aunque inicialmente el MIP fue originado y practicado por entomólogos, actualmente involucra todas las disciplinas afines a la fitoprotección. El control químico continúa siendo una parte integral del MIP, aunque limitada en lo posible a casos donde su aplicación es absolutamente necesaria y su impacto en el medio ambiente es el mínimo posible.

En resumen, el MIP busca regular las plagas claves a niveles de abundancia menores a los que podrían resultar en daño económico a los cultivos, utilizando todas las tácticas de control existentes, en base a análisis de costo/beneficio y a sólidos principios ecológicos. Esto representa un cambio de una completa dependencia en un solo sistema control (el químico) a un sistema multi-componente. El MIP no es únicamente aplicable a las plagas agrícolas sino que también a las plagas forestales y de pastizales, plagas urbanas y caseras, de productos almacenados y de importancia médico-veterinaria.

3. ALGODON

La dependencia total de los plaguicidas muchas veces conduce a una secuencia predecible de eventos. Se han identificado en el algodón las siguientes fases:

Fase de subsistencia: Ocurre cuando el algodón se cultiva como parte de agricultura a nivel de subsistencia, sin fertilización, irrigación o fitoprotección.

Fase de explotación: La introducción de irrigación, fertilización y protección química resulta en una maximización del rendimiento.

Fase de crisis: Después de un número indeterminado de años, la de

pendencia en el combate químico conduce a los problemas anteriormente mencionados.

Fase de desastre: El cultivo del algodón cesa de ser rentable y sin subsidio perece. Existen ya varios casos documentados.

Fase de recuperación: Es posible con la adopción de las prácticas MIP.

3.1 Caso Histórico en el Valle de Cañete en el Perú

Durante la década de 1920 el algodón reemplazó a la caña de azúcar como el cultivo principal en el Valle de Cañete, situado a 30 kms. al sur de Lima. Entre 1943 y 1948 los únicos plaguicidas que se usaban en algodón eran arsénicos y sulfatos nicotínicos, siendo las plagas principales el gusano de la hoja Anomis texana, el picudo peruano, Anthonomus vestitus, y el gusano bellotero, Heliothis virescens. En 1949 las poblaciones de estos insectos, conjuntamente con las de áfidos, alcanzaron niveles de infestación excesivos.

El rendimiento de fibra, que entre 1943 y 1948 era de 466-591 kg/ha, bajó a 366 kg/ha en 1949. Durante 1949 a 1956 se introdujeron los organoclorados DDT, BHC y Toxafeno, al igual que la excelente variedad Tanguis, todo lo cual tuvo inicialmente un rotundo éxito. El rendimiento de fibra aumentó de 494 kg/ha en 1950 a 728 kg/ha en 1954, lo cual provocó gran entusiasmo entre los agricultores. Se talaron los árboles del valle para que no interfirieran con los aviones esperjadores y el DDT se aplicó como un manto sobre todo el valle.

Entonces comenzaron a surgir problemas. En 1952 el BHC perdió su efectividad contra los áfidos. En 1954 el Toxafeno perdió la suya contra el gusano Anomis. El picudo Anthonomus alcanzó sus más altos niveles de abundancia entre 1955 y 1956. Los intervalos entre las aplicaciones químicas se acortaron de 8-15 días a sólo 3 días.

Apareció un nuevo complejo de plagas, incluyendo a Platynota sp., Pseudoplusia rogationis, Pococera atramenalis, Planococcus citri, Argyrotaenia spheropa y Bucculatrix thurberiella. La temporada de 1955-56 fue desastrosa para los agricultores, el rendimiento de fibra bajó a 332 kg/ha. Fue entonces cuando los agricultores recurrieron a los técnicos de su estación experimental, y como resultado se estableció un cambio radical en las tácticas de con-

trol empleadas: se prohibió el algodón de soca; se prohibió cultivarlo en tierras marginales; se reintrodujeron enemigos naturales que habían sido diezmados por el uso excesivo de plaguicidas; se establecieron fechas de siembra y cosecha; se regresó a los arsénicos y sulfato nicotínico; se creó una comisión que regulara el uso de los organoclorados.

En 1957-58, el rendimiento de fibra subió a 526 kg/ha, y hasta hace poco se mantuvo entre los 724-1036 kg/ha, lo que representó los rendimientos más altos en la historia del valle.

Similares casos han ocurrido en el Valle del Río Grande de Texas y noreste de México; en Pecos, Texas; en Nicaragua; en el distrito del Río Ord, Australia y en Egipto.

3.2. La Chinche Lygus en el Valle de San Joaquín de California.

Dos especies de chinche Lygus, L. hesperus (90-95% del total) y L. elisus, son plagas importantes de algodón en el Valle de San Joaquín, California. Ambas especies se crían también en abundancia en alfalfa, cártamo y plantas silvestres. Otras especies de Lygus atacan cultivos como frijoles, duraznos y fresas. Lygus se alimenta de tejidos meristemáticos, especialmente de estructuras reproductivas, y al insertar los estiletes causa un daño mecánico además del producido por la inyección de enzimas. En el algodón prefiere los botones florales (chapas o cuadros) y su actividad alimenticia causa que estos se sequen y se caigan. Lygus no ataca a la flor ni a la bellota. La planta compensa un tanto por los botones perdidos produciendo otros, pero cuando la infestación de la chinche es muy alta el daño causado puede resultar en una severa reducción de fibra y semilla. Como ejemplo, en 1974 las pérdidas causadas por Lygus en el valle se estimaron en 36 millones de dólares.

Lygus tiene relativamente pocos enemigos naturales de importancia, entre los que figuran los depredadores Geocoris (Lygaeidae), Nabis (Nabidae) y Orius (Anthocoridae). Cuando sus poblaciones son excesivas, se recurre al control químico, que se aplica en base a por lo menos dos tipos de umbrales económicos: 10 chinches/50 pases de red o 3 chinches/50 pases de red/100 botones florales/0.001 acre.

En el Valle de San Joaquín se siembra en abril y se cosecha en octubre. Los botones aparecen a principios de junio y para principios de agosto el 95% de la cosecha está formada. Se recomien-

da no proteger el cultivo con químicos después de la primera semana de agosto, pero por lo general los agricultores comienzan a aplicar insecticidas cuando aparecen los primeros botones florales y no cesan de hacerlo hasta que su producción casi ha concluido.

Numerosos estudios sobre ámbito y preferencia de hospederos, tanto silvestres como cultivados, hábitos migratorios y dinámica poblacional de Lygus han proporcionado la información necesaria para comprender el cuadro completo de la relación chinche-hospederos en el Valle y han permitido formular mejores recomendaciones para su control. Lygus pasa el invierno (enero-marzo) en alfalfa y de ahí se va dispersando a los hospederos silvestres que van apareciendo tanto en el valle como en las faldas de los cerros que lo bordean, a medida que se aproxima la primavera (abril-mayo). Por estos meses el cártamo es también colonizado. En junio el algodón comienza a producir botones florales y es también atacado, aunque Lygus prefiere alfalfa si este cultivo está disponible. En septiembre los hospederos silvestres se van secando y Lygus se refugia y concentra en alfalfa y otros hospederos en el valle. De octubre a diciembre el único hospedero que encuentra es alfalfa.

Conociendo esto, se recomienda que en un área donde se cultiva cártamo a corta distancia del algodón se reduzcan las poblaciones de Lygus en cártamo mediante una o dos aplicaciones químicas para así atenuar sus inevitables migraciones al algodón. En el caso de la alfalfa, se recomienda cosecharlo en franjas, es decir, dejando secciones sin cosechar, a modo de refugio, intercaladas con las cosechas, para evitar que Lygus se disperse al algodón. No se recomienda aplicar insecticidas en alfalfa porque se destruiría el diverso y rico complejo de insectos benéficos que se cría en este insectario natural y también porque Lygus no ocasiona daño alguno a esta leguminosa, excepto cuando se le cultiva para semilla. Por último, también se recomienda mantener control sobre ciertas malezas, tales como Brassica spp., que son hospederas preferidas por Lygus.

4. ZANCUDOS Y CUCARACHAS

Los principios inherentes al MIP son perfectamente aplicables para todo tipo de plagas. Por ejemplo, un buen programa de MIP de zancudos, tales como campañas contra Anopheles albimanus en El Salvador, puede incluir prácticas culturales o manipulación ecológica, control químico con un fuerte énfasis en el uso seguro/apropiado de plaguicidas y control biológico. Las poblaciones de

Anopheles se pueden reducir drásticamente mediante la destrucción (desagüe) de lagunas, charcos, pantanos y otros cuerpos acuáticos que se sabe son criaderos de larvas. Los cuerpos acuáticos que no se puedan o deban desaguar, digamos por razones prácticas o ecológicas, pueden tratarse con larvicidas químicos o biológicos, o con aceite para sofocar larvas y pupas. También existe una variedad de organismos que en ciertos casos podrían utilizarse como agentes de control biológico contra los estadios acuáticos. Entre estos figuran peces (Gambusia, Tilapia), insectos acuáticos (Notonecta) hidras (Hydra) y planarias (Dugesia). Mientras tanto, cuando las poblaciones de adultos pasan de ciertos límites es necesario recurrir selectivamente a las asperciones químicas, sólo en áreas urbanas, para reducirlas a niveles tolerables.

En el caso de cucarachas domésticas (Periplaneta spp., Blatella germanica), un buen programa de MIP debe incluir igualmente elementos de control cultural, químico y biológico. El habitat de la cucaracha se modifica al máximo, eliminando refugios potenciales o actuales y fuentes alimenticias. Las poblaciones de ninfas y adultos se reducen mediante insecticidas de contacto con cierto poder residual o, preferiblemente, mediante aplicaciones de ácido bórico y el uso selectivo de cebos envenenados. El factor seguridad para seres humanos y animales domésticos al usarse productos tóxicos tiene siempre la más alta prioridad. Por último la liberación inoculativa de parasitoides como Tetrastichus, que ataca ootecas de Periplaneta spp. Eurycotis, Blatta orientalis, y otras especies, introducirán un factor de mortalidad más que contribuiría a regular las poblaciones de cucarachas a niveles más tolerables. El grado de éxito de un programa MIP de zancudos o cucarachas sería directamente proporcional al tamaño del área incluida.

5. EL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Los siguientes ejemplos ilustran algunos principios y las complejas interacciones inherentes a la regulación de poblaciones animales por agentes bióticos en los sistemas agroforestales.

1. El uso indiscriminado de plaguicidas en campañas de control contra un determinado organismo plaga pueda afectar seriamente el control natural que ejercen los organismos benéficos en otras plagas potenciales. Se sospecha que en Chiapas, México, el uso de malathion para reducir poblaciones de la mosca del Mediterráneo, Ceratitis capitata en cafetales condujo a explosiones de la escama roja, Selenaspidus articulatus, escama verde, Coccus viridis, la mosca prieta, Aleurocanthus woglumi y varios lepidóp-

teros minadores y masticadores. Esto resultó en la defoliación de los árboles de sombra tales como Inga sp. y Erithryna sp. en los cafetales, lo que a su vez afectó el manejo de estos últimos que dependen en gran parte del grado de sombra existente. El fenómeno se explicaría al considerar que malathion no sólo es efectivo contra C. capitata, sino también - contra los demás insectos presentes, incluyendo los benéficos, que suelen ser muy sensitivos a los compuestos tóxicos y que por ocupar un nivel trófico más alto, se reproducen más lentamente que los insectos fitófagos que constituyen - sus presas u hospederos.

Igualmente, el uso de fungicidas cúpricos para el control de la roya del cafeto, Hemileia vastatrix probablemente ha conducido a explosiones de lepidópteros minadores, los que a su vez han causado defoliaciones en árboles de sombra, al sucumbir con la roya los hongos entomopatógenos que contribuyen a la regulación de sus poblaciones.

2. Algo parecido sucedió en Costa Rica, durante 1963-64, cuando las cenizas arrojadas por el Volcán Irazú en erupción causaron problemas similares de defoliación en cafetales y otros sistemas agroforestales. Aunque en este caso no hubo intervención humana el resultado y principios involucrados fueron los mismos: es decir, la interferencia con el control natural interrumpe el delicado equilibrio que en mayor o menor grado existe en un ecosistema complejo.

3. En Guanacaste, Costa Rica, zonas algodoneras en la costa del Pacífico en El Salvador y otras localidades en Centroamérica el roedor Sigmodon hispidus alcanza periódicamente densidades poblacionales elevadísimas, y ataca prácticamente todos los cultivos, consumiendo todo lo que sea comestible. La última explosión en Guanacaste ocurrió en 1985, enviando a la bancarrota a muchos pequeños agricultores que no contaron con los medios suficientes para atenuar el problema. En El Salvador, S. hispidus llegó a trepar las plantas de algodón para devorar las bellotas, y especialmente las semillas. Como en algunas otras especies de roedores, estas explosiones tienen un carácter cíclico, cuyos mecanismos de regulación - aún se desconocen. Sin embargo, no hay duda que la proliferación de monocultivos, sumado a la creciente deforestación de extensas áreas, influye a que la intensidad de estas explosiones sea mucho más pronunciada. En primer lugar, monocultivos tales como los de arroz, sorgo y maíz ofrecen una fuente casi ilimitada de alimentos a estos roedores, superior a la capacidad alimenticia que podría ofrecer, digamos un ecosistema natural o menos modificado por la agricultura. En segundo lugar,

la destrucción de los bosques y otra vegetación silvestre para dar lugar a tierras de cultivos o pastoreo, resulta en la destrucción inmediata de toda la fauna silvestre que lo habita. Entre ésta se encuentran buhos y lechuzas, aves de presa diurnas, carnívoros pequeños y serpientes, todos los cuales son depredadores de Sigmodon y otros roedores. No ha de sorprender entonces que con la mayoría de sus enemigos naturales eliminados o drásticamente reducidos y con amplios recursos alimenticios, esta rata de campo alcance densidades tan elevadas.

4. Tanto los árboles aislados como los bosques proporcionan un habitat adecuado para innumerables depredadores de plagas agrícolas, reales o potenciales. Muchos pájaros y avispas (Polistes, Polybia) que se alimentan casi exclusivamente de larvas de lepidópteros, perjudiciales para determinados cultivos, anidan o se refugian en árboles cercanos. El suelo de los bosques, cubierto de hojarasca y diverso material orgánico, ofrece un habitat propicio a insectívoros como topos y musarañas, ratones, pequeños reptiles e innumerables artrópodos que hacen presa de todo tipo de larvas y pupas de insectos potencialmente dañinos para los cultivos cercanos.

La destrucción indiscriminada de la foresta para dar lugar a monocultivos y ecosistemas empobrecidos conlleva muchas veces a situaciones en las que el control natural, incluyendo el biológico, de plagas agrícolas es seriamente debilitado, lo que a su vez resulta en mayor dependencia en el uso de plaguicidas y mayor deterioro del medio.

BIBLIOGRAFIA

- BOTTRELL, D.G. 1979. Integrated Pest Management. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 120 pp.
- BOTTRELL, D.G. y P.L. Adkisson. 1977. Cotton insect pest management. Annu. Rev. Entomol. 22:451-81.
- CHAPIN, G. y R. Wasserstrom. 1981. Agricultural Production and malaria resurgence in Central America and India. Nature 293: 181-185.
- ICAITI. 1976. Estudio de las consecuencias ambientales y económicas del uso de plaguicidas en la producción de algodón de Centro América. ICAITI Proyecto No. 1412. Guatemala.

- SMITH, R. F. y W.W. Allen. 1954. Insect control and the balance of nature. *Sci. Am.* 190:38-42.
- SMITH, R.F. y H. T. Reynolds. 1965. Principles, definitions and scope of integrated pest control. *Proc. of the FAO symp. on integrated pest control* 1:11-17.
- SMITH, R.F., J.L. Apple y D. G. Bottrell. 1976. The origins of integrated pest management concept for agricultural crops. Pp. 1-16 en J.L. Apple and R.F. Smiths, eds. *Integrated pest management*. Plenum Press. New York.
- STERN, V. M., R.F. Smith, R. van den Bosh and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.

CAPITULO II

EL USO DE ENTOMOPATOGENOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS *

JOSE RUTILIO QUEZADA **

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	11
2.	BACTERIAS	12
	2.1 Modo de acción	12
	2.2 Uso	12
3.	HONGOS	12
	3.1 Modo de acción	14
	3.2 Uso	14
4.	VIRUS	14
	4.1 Modo de acción	14
	4.2 Uso	15
5.	NEMATODOS	15
	5.1 Modo de acción	16
6.	PROTOZOARIOS	16
	6.1 Modo de acción	17
	6.2 Uso	17
7.	RICKETTSIAS	17
8.	CONCLUSIONES	17
	BIBLIOGRAFIA	19

INTRODUCCION

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.

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del manejo integrado de plagas", 23-28 febrero de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.

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

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

2. 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.

2.1 Modo de acción.

El modo de acción del B. thuringiensis se manifiesta cuando las larvas dejan de comer, mueren o se debilitan. El intestino se para liza 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 también distintas toxinas.

Afecta a los órdenes Coleóptera, Díptera, Hymenóptera, Orthóptera 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, y Sphingidae. Algo parecido ocurre en Centro América, sobre todo en cultivos como el algodón, hortalizas y forestales.

2.2 Uso

El B. thuringiensis puede usarse en mezcla con insecticidas químicos y biológicos. El Bt con clordimeform o el Bt con virus de polihedrosis nuclear mostraron más efectividad 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.

3. HONGOS

Son relativamente más fáciles de detectar por sus micelios que cubren el cuerpo de insectos muertos. Se conocen unos 40 géneros de

hongos entomopatógenos. Poco investigados para control microbial
Ejemplo: Beauveria, Metarrhizium, Entomophthora, Coelomyces, Cordyceps, Nomuraea, Aschersonia e Hirsutella.

Cuadro 1. PRINCIPALES GENEROS DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS Y LOS GRUPOS DE INSECTOS ATACADOS.

HONGOS	INSECTO(S)	COMENTARIOS
<u>Beauveria</u>	<u>Melolontha</u> (Col)	Usado en Europa
<u>Tenella</u>	Crysomélidos <u>H. hampei</u>	Preparación comercial ("Boverin") descontinuada Detectado en Guatemala, 1978
<u>Metarrhizium anisopliae</u>	Unas 200 spp salivazos (<u>Aeneolamia</u> y otros)	En Brazil, Venezuela, México.
<u>Entomophthora muscae</u> <u>planchoniana</u>	mosca casera, etc. <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>Nomuraea</u>	<u>Anticarsia</u>	Alta humedad
<u>rileyi</u>	<u>Heliothis</u> <u>T. ni.</u> <u>S. frugiperda</u>	Agricultores colectan y dispersan larvas. Cultivados en Florida.
<u>Aschersonia aleyrodís</u>	Aleyródidos <u>U. citri</u> <u>S. articulatus</u>	
<u>Hirsutella thompsoni</u>	<u>Phyllocoptruta</u>	Ataca ácaro de palma africana en Colombia

3.1 Modo de acción.

Infección en cualquier estado de desarrollo de insecto. Atacan a través del integumento. Las esporas germinan sobre cutícula, y para ello requieren condiciones especiales de humedad y temperatura. Las enzimas destruyen pared celular y el hongo penetra hasta el hemocel, 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.

3.2 Uso.

No se ha logrado manejo consistentemente exitoso, porque trabajan sólo en condiciones precisas de humedad y temperatura. Puede ser elevado el costo para obtener formulaciones con conidias que resistan tan largos períodos de almacenamiento.

4. VIRUS

Cumplen un papel importante en la regulación de poblaciones. Son parásitos obligados, más específicos e infecciosos y no pueden propagarse in vitro en medios artificiales.

Aislados de Lepidóptera e Hymenóptera y algunos Díptera, Coleóptera, Neuróptera, etc. Los criterios de clasificación están de acuerdo con el tipo de ácido nucléico dentro del virión o partícula infecciosa, su morfología, etc.

Los entomovirus se dividen en: baculovirus, citoplásmicos, entomopoxvirus, denonucleosos e iridescentes.

4.1 Modo de acción.

Al igual que las 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 del insecto, edad y tamaño, extrínsecos (virulencia del virus, temperatura).

Virus ocultos pueden sobrevivir en una población de insectos por va

rias 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 planta, se cuelgan y el fluido escapa del integumento.

4.2. Uso.

Populares en MIP, con resultados a veces espectaculares. El virus de la polihedrosis nuclear (VPN) de T. ni, encontrado en Colombia, se llevó a California en 1971. T. ni dejó de ser así un problema en el algodón.

Las formulaciones comerciales deben cumplir regulaciones de seguridad humana y contaminación ambiental. Para el caso de Heliothis virescens, no es suficientemente virulento y hay que elevar 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 inóculo año con año. VPN de T. ni se ha usado contra S. frugiperda y 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. El virus colectado en el campo se puede refrigerar hasta dos años sin reducción en su efectividad.

5. NEMATODOS

Familias Mermithidae, Neoaplectanidae y Spherulariidae.

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

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

5.1 Modo de acción

Son parásitos obligados. Buscan activamente larvas, pupas y 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 éstos para su nutrición y producción de huevos. En los insectos producen esterilidad o poca producción de huevos.

6. 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 el 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 Lepidoptera, Coleoptera y Orthoptera. Solo dos especies en este grupo han recibido considerable atención:

Mattesia grandis y M. trogodermae. En el campo se han efectuado ensayos usando M. grandis contra el picudo del algodón, Anthonomus grandis.

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

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

6.1. Modo de acción

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

6.2 Uso

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

7. 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.

8. 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 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 como 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 Tn1 y H. virescens y nemátodos para el control de mosquitos. El uso del Bt se ha generalizado en muchos países de Centro y Suramérica debido a la producción de razas más virulentas y a la disminución en sus costos de producción. La aplicación de esta bacteria se confina a programas de control integrado especialmente contra plagas del algodón, hortalizas y en menor escala forestales. Los virus son probablemente, después del Bt, los más usados en programas de control integrado en cultivos de algodón, frijol, maíz y palma africana. Sin embargo, el mayor éxito se ha obtenido, no con formulaciones comerciales costosas y poco virulentas, sino con la introducción y movilización de estos patógenos a zonas en donde no existen 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 microbiano es todavía muy prematuro a pesar de los avances que se han hecho en la producción de conidias de mayor longevidad en cultivos de laboratorio. Sin embargo, existe un gran interés en utilizar preparaciones semicomerciales como es el caso del uso de M. anisopliae para el control de varias plagas de pastos y caña de azúcar en el Brasil. Los nemátodos son muy promisorios: la especie R. culicivora que recientemente salió al mercado y podría jugar un papel muy importante en el trópico en programas de salud pública para el control de mosquitos vectores de enfermedades en el hombre. Una campaña de esta naturaleza tendría que ser patrocinada por entidades gubernamentales y sus efectos serían altamente satisfactorios, especialmente si se considera los azares que el uso de insecticidas químicos ocasiona en el hombre y 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 diferen

te 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 podría utilizar para implementar programas de control microbial en minifundios. Inicialmente se requiere una labor de educación a los agricultores con el fin de que se percaten de los beneficios del uso de patógenos de insectos. Luego se deben llevar a cabo labores de reconocimiento para evaluar los diversos problemas de plagas existentes y que patógenos se encuentran presentes en la zona y cuales podrían constituirse en candidatos para su introducción.

La organización de una cooperativa a nivel regional, con asesoría técnica, sería de gran utilidad para la producción y distribución de ciertos patógenos que como virus, nemátodos y hongos se pueden multiplicar a una escala semicomercial y a costos relativamente bajos. El establecimiento inicial de un programa piloto mostrará las bondades de un programa de esta naturaleza.

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

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

_____. 1979. Aspectos generales sobre el insecticida microbial Bacillus thuringiensis. Boletín de Divulgación No. 3 SOCOLEN. 380.

_____. 1979. Enfermedades virosas en insectos. Memorias VI congreso Sociedad Colombiana de Entomología, "SOCOLEN", Cali, Colombia. Julio 25-27. 241-289 p.

CUJAR, M.A. and H.V. Alcaraz. 1973. The nuclear polyhedrosis virus, Trichoplusia ni (Hubner), used to determine its effectiveness as biological control in cotton. Fitotec. Latinoam. 9:28-35.

FALCON, L.A 1971a. Use of bacteria for microbial control. In Microbial control of insects and mites, p. 67-95. H.O. Burges and N.W. Hussey, eds. Academic Press, London and New York, 861. p.

_____. 1971b. Microbial control as a tool in integrated control

- programs. In: Huffaker, C.B., ed. Biological Control, p. 346-364. Plenum Press, New York. 511 p.
- FASSIATIOVA, O.Z., Hostounsky, S. Mixikova y A. Samsinakova. 1978 Hongos entomófagos de plagas en Cuba. Poeyana No. 183, Cuba. pl-14.
- FERRON, p. 1978. Biological control of insects pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol. 23: 400-442.
- GOTTWALD de A.C., 1981. Manejo de hongos entomopatógenos en México. IX Reunión Nacional de Control Biológico, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, P. 64-85.
- GRACIAS, M.O. 1980. Determinación de la efectividad de control de mosca prieta, Aleurocanthus woglumi Ashby por medio del hongo Aschersonia aleyrodis Webber. Informe Grupo Multidisciplinario de Cultivos Frutícolas, El Salvador. XXVI PCCMCA, Guatemala p.5-6.
- GUAGLIUMI, P.E.J. Márquez, A.M. Vilas Boas. 1974. Contribucao ao estudo da cultura e applicao de Metarrhizium anisopliae (Metschn) Sorokin no controle da "cigarrinha da folha". Maharva posticata (Stal) no Nordeste do Brasil. Bol. Tecn. CODECAP, Recife, e, 45 p.
- HEIMPEL, A.M. and T.A. Angus. 1963. Diseases caused by certain sporeforming bacteria. In insect Pathology: An advanced treatise Vol. 2, p. 21-73. E.A. Steinhaus, ed. Academic Press, New York and London, 689, p.
- 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. Programa de Entomología Manual de Asistencia Técnica No. 1, 3a. ed., Bogotá, 174p.

- JIMENEZ, J.A. y A.E. Bustillo. 1981. Histopatología y dosis letal media de una poliedrosis nuclear en larvas de Spodoptera frugiperda. IX Reunión Nacional de Control Biológico, abril 27-39, 1981. Oaxaca, México, p. 8-61.
- LANDAZABAL, J. Fernández y A. Figueroa. 1973. Control biológico de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith), con el nemátodo Neoaplectana carpocapsae en maíz. Acta Agronómica 23 (3-4): 41-70.
- MARTIGNONI, M.E., and p. J. Iwai. 1977. A catalog of viral diseases of insects and mites. 2nd. ed. USDA Forest Service Gen. Tech. Report PNW-40. Pacific Northwest For. and Range Ex. Sta., Portland, Oregon, 28p.
- McLAUGHLIN, R.E. 1971. Use of protozoans for microbial control of insects. In: Microbial control of insects and mites, p. 151-172. H. D. Burges and N. W. Hussey, eds. Academic Press, New York, 861 p.
- 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: Microbial control of insects and mites. p. 181-201 A.D. Burges and N.W. Hussey, eds. Academic Press, New York, 861 p.
- PRAMER, D. and S. Al-rabiai. 1973. Regulation of insect populations by protozoa and nematodes. Ann. New York Acad. Sci. 217: 85-92
- QUEZADA, J.R.; A. de Mira; C. Cornejo y F. Hidalgo. 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 de Bacillus thuringiensis sobre algunas plagas lepidópteras del maíz bajo condiciones tropicales. Revista ICA, 8: 429:502.
- ROBERTS, D.W. and W. G. Yendol. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In Microbial control of insects and mites, p. 125-149. H. D. Burges and N.W. Hyssey, eds. Academic Press, New York, 861 p.
- RODRIGUEZ, D. y J. Fargues. 1974. Estudio preliminar sobre la patogenicidad de hongos imperfectos (Deuteromycetes) entomógenos en Noctuidae. Nueva Agric. Trop. 27 (3): 30-37

ST. JULIAN, G., L. Bulla, E.S. Sharpe and G.L. Adams. 1973. Bacteria, Spirochetes, and Rickettsia as insecticides. Annals New York Acad. Sci., 217:65-75

STEINHAUS, E.A. 1949 Principles of insect pathology. McGraw Hill Inc. N.Y. 757 págs.

URUETA, E. J. 1980 Control de ácaro Retracus elaeis Keifer mediante el hongo Hirsutella thompsonii Fisher e inhibición de éste por dos fungicidas. Rev. Colombiana Ent. 5: 3-10

VAUGHN, J. 1974, Virus and rickettsial diseases. In: Insect diseases Vol. 1, G.E. Cantwell, ed., p. 49-86 Marcel Dekker Inc. New York 336 p.

WEISER, J. 1963, Sporozoan infection In Insect pathology: an advanced treatise. Vol. 2., p 291-334 E.A Steinhaus, ed. Academic Press, New York, 689p.

_____ 1977. An atlas of insect diseases, 2nd. Edit. Dr. W. Junk B. V. Publishers. The Hague. 240 pgs.

CAPITULO III .

"PARASITOIDES Y DEPREDAORES, UN RECURSO PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS *

JOSE RUTILIO QUEZADA **

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION	23
2. LOS DEPREDAORES	24
2.1 Manipulación de depredadores nativos	25
2.2 Estadios de desarrollo	26
2.2.1 Huevo	26
2.2.2 Larvas y ninfas	26
2.2.3 Pupas	26
2.3 Cualidades de un buen depredador	27
2.3.1 Búsqueda de la presa	27
2.4 Las arañas y ácaros como depredadores	30
3. LOS PARASITOIDES	30
3.1 Requisitos ambientales de parasitoides y huéspedes	30
3.2 Características biológicas de los parasitoides adultos	31
3.2.1 Capacidad de búsqueda	31
3.2.2 Período de pre-copulación	31
3.2.3 Período de pre-oviposición	32
3.2.4 Nutrición de los adultos	32
3.2.5 Ovisorción	32
3.2.6 Comportamiento en selección de huéspedes	32
3.2.7 Fertilización.	34
4. DEPREDAORES- PARASITOIDES Y MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS	36
4.1 Los enemigos naturales de las plagas	37
4.2 El control biológico como táctica MIP	38
4.2.1 Control biológico natural	38
4.2.2 Control biológico aplicado	38
Literatura citada	41

1. I N T R O D U C C I O N

Es cada vez más un hecho reconocido que los enemigos naturales de las plagas (depredadores, parasitoides y organismos patógenos) cons

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosoffa y Componentes del manejo integrado de plagas"23-28 Febrero 1986, CENCAP, San Andrés El Salvador, Centroamérica

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

tituyen 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 asociadas 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 Rodolia cardinalis, que hizo posible la supresión de la escama australiana, Icerya puchasi, en los cítricos de California (Doutt, 1964). Notables también son los coccinélidos Cryptolaemus montrouzieri, Cryptognatha nodiceps, así como las Chrysopa spp., Orius, Nabis, etc.

Los insectos depredadores son abundantes y representados en prácticamente todos los órdenes (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 estimulen estudios que conduzcan a conocerlos para manipularlos adecuadamente en beneficio del agricultor.

2. LOS DEPREDAADORES

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.

Asímismo, la importación de depredadores exóticos ha sido a menudo espectacular. El uso selectivo de plaguicidas para no aniquilarlos también ha demostrado el valor de esos organismos benéficos, así como progresos en la apreciación de sus cualidades. 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 estimados del impacto de los depredadores.

Lo 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 el 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 Falcon (1970).

2.1 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 fitoseidos. 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 plagas, 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 destruidos por R. cardinalis y que sólo entre 0.01 a 0.12% de las escamas sobrevivían de una generación a otra.

2.2 Estadios de desarrollo

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

2.2.1 Huevo

Hay una diversidad de formas, pero tanto su aspecto como la textura del corion o membrana tienden a caracterizar a grupos o familias. La figura 1 muestra 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.

2.2.2 Larvas y ninfas.

A veces un depredador pertenece a una familia en la que existen grupos de insectos polífagos 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 camouflagé al llevar sobre ellas restos de sus presas u otros materiales. Otras semejan cochinillas, como ocurre en los coccinélidos Azya luteipes, Cryptolaemus, etc. En la figura 2 se muestran algunas larvas típicas de depredadores.

2.2.3 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.

2.3 Cualidades de un buen depredador

2.3.1 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 necesitaban ciertos niveles de áfidos para incitar su oviposición.

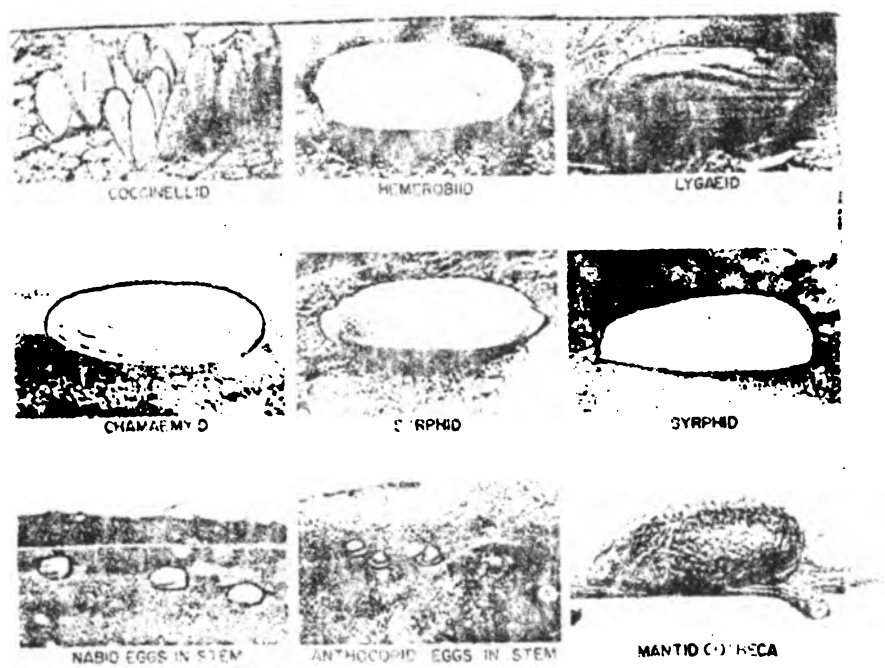
La búsqueda, encuentro y destrucción de la presa siguen su secuencia de comportamiento de parte del depredador, e incluye: selección de habitat, encuentro de la presa, aceptación de la misma y su adecuación. En cada una de estas etapas el insecto benéfico - usa los mecanismos (quimo-recepción, visuales, 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. Solo los inmaduros depredan (Sírfidos, clorópidos, etc.)
 - II. Adultos e inmaduros depredan sobre tipos similares de presa (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, 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, heminópteros, mecópteros)
-



**Figura 1. Huevos de algunos insectos depredadores
(Hagen, 1976)**

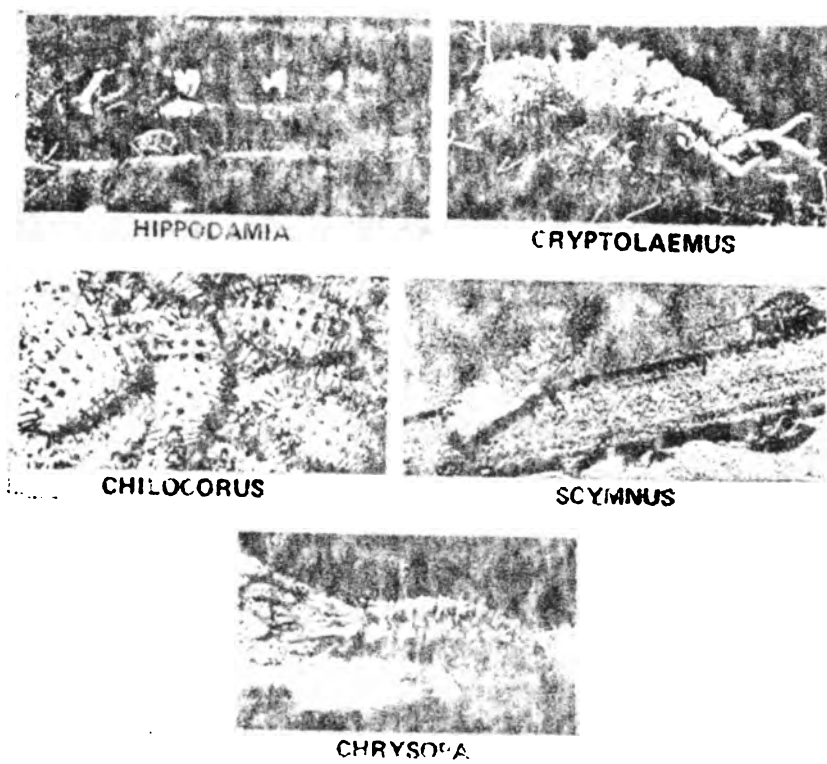


Figura 2. Larvas de algunos insectos depredadores
(Haddon, 1976)

2.4 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 Whitcomb (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.

3. 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 e Hymenoptera, aunque el fenómeno del parasitismo existe en otros órdenes de los insectos.

3.1 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 o 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.

3.2 Características biológicas de los parasitoides adultos

3.2.1 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.

3.2.2 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.

3.2.3 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 Parasitica 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 llaman sinovigénicas.

3.2.4 Nutrición de los adultos.

Las hembras sinovigénicas necesitan proteínas 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 aguijón 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 (Fig. 3).

3.2.5 Ovisorción.

Cuando una hembra sinovigénica no logra obtener alimento proteínico o no puede encontrar huéspedes por un período de tiempo largo, los huevos maduros en sus ovarias no son depositadas sino reabsorbidos. O sea que la secuencia de producción de huevos sigue así dos caminos: a) cíclico (ovigénesis, ovirsoción, 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.

3.2.6 Comportamiento en selección de huéspedes.

Una relación parasitoide-huésped necesita que ambos elementos coincidan en lo estacional, geográfico y ecológico. Aún cuando se veri-

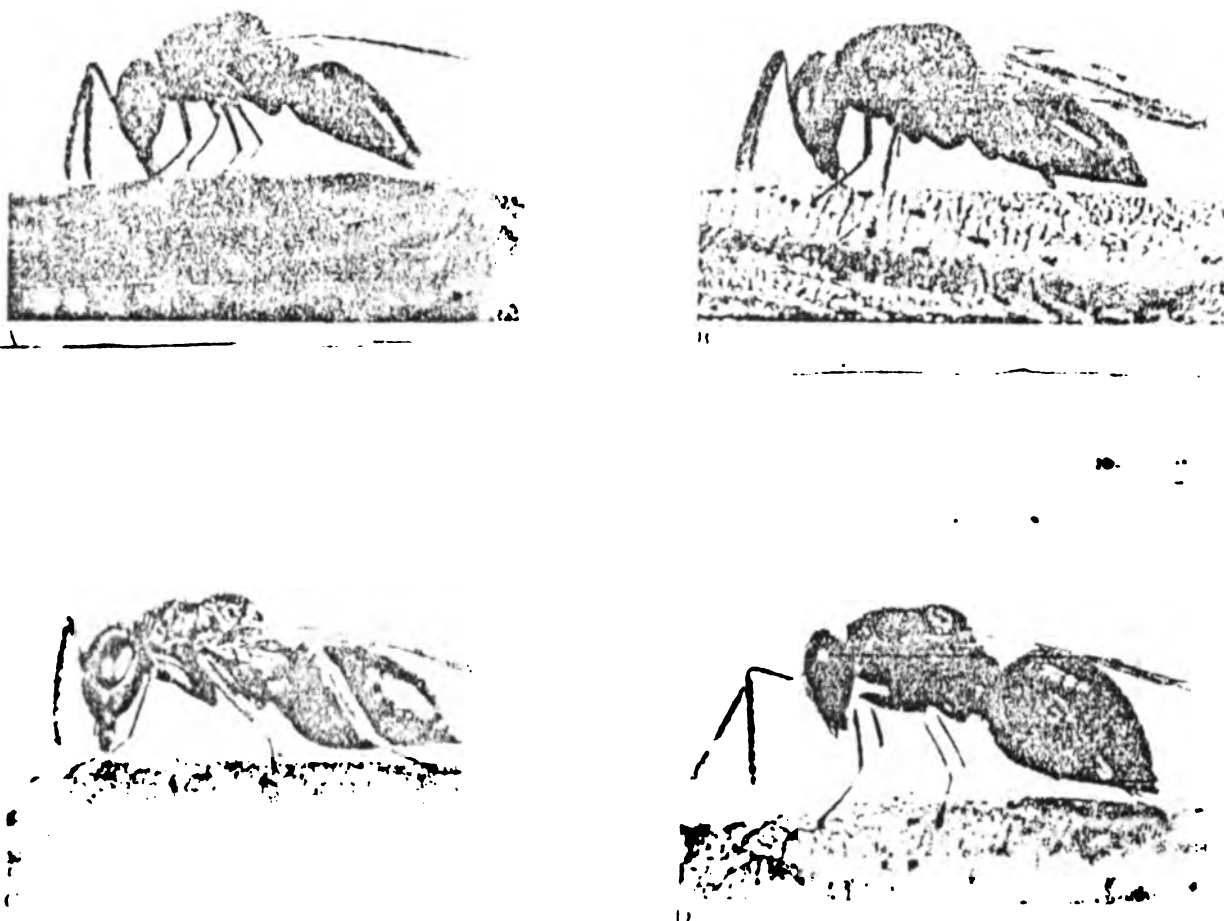


Figura 3. Hembra de Pteromalus puparum alimentándose de hemolinfa de una pupa de Pieris rapae, que brota de una herida hecha con el ovipositor. De A a D, puede apreciarse como se hincha el abdomen del parasitoide a medida que se alimenta. (Debach, 1964).

figue 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 hábitat del huésped, lo que logra primero en vuelos al azar, percibiendo después siluetas de plantas, etc. en donde hace una búsqueda más sistemática. Los órganos sensoriales de vista, olfato y tacto se van su cediendo 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 -comienza a hacer al azar recorriendo tallos, hojas, galerías, etc. según el caso. Los órganos táctiles y olfatorios cobran mucha im portancia para detectar la presencia de estimulantes químicos - (kairomonas). Los parasitoides buscan el estadio específico a ata car (huevos, larvas, pupas o adultos) o bien son guiados por tra- zas o residuos como exuvias, materia fecal, aserrín, etc. Encontra da la víctima, se necesita la aceptación del huésped. Los estímu los 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 (Fig. 4). Por lo general las hem bras marcan los huéspedes en que han ovipositado, por medio de se creciones, 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 Agonatopus sp., parásito - del vector del achaparramiento del maíz, Dalbulus maidis (Quezada 1979).

3.2.7 Fertilización

La mayoría de hembras himenópteros, si no todas tienen una esper mateca para almacenar el semen una vez que copulan. Selectivamen- te van permitiendo que los huevos haploides sean fertilizados por un espermatozoide (resultando hembras diploides) o no lo sean (con lo que resultan machos haploides). Esta partenogénesis facultati va permite a la especie ajustarse a las necesidades del ambiente para su sobrevivencia. Existen tres categorías de partenogénesis:

- a. Teliotoquia: En especies que son estrictamente partenogéneti- cas, cada generación consiste enteramente de hembras, no cono ciéndose los machos. Tales especies se designan como impaterna- das o uniparternadas (algunos afelnidos y signifóridos).
- b) Deuterotoquia. Normalmente exhiben teliotoquia, pero se produ cen algunos machos, aunque sea raramente. En este caso también se designan como impaternados o unipaternados (algunos signifó ridos).

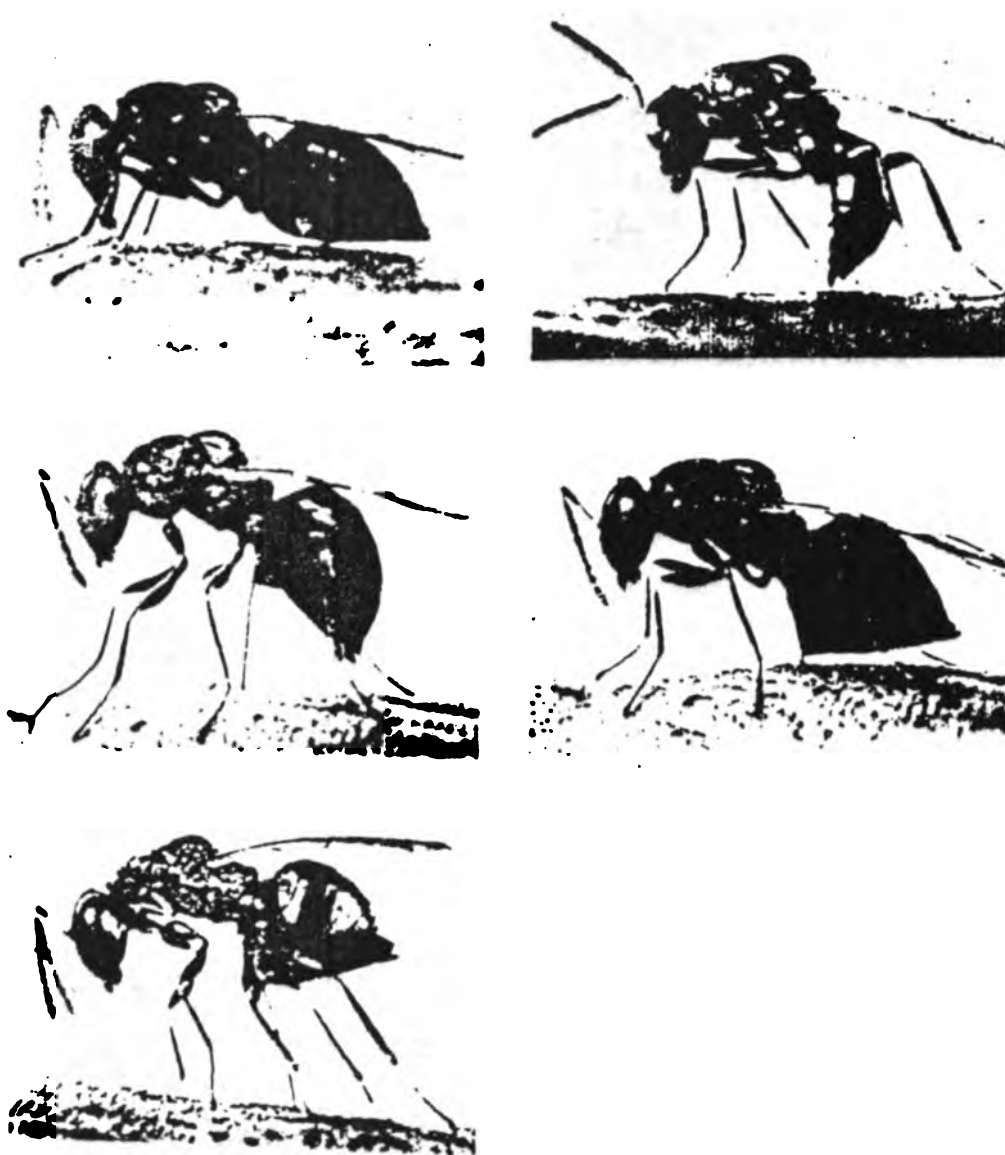


FIGURA 4. Comportamiento de oviposición en Pteromalus puparum, parasitando sobre pupa de Pieris rapae

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| A. Tamborileo | D. Ovipositando |
| B. Palpando con ovipositor | E. Retiro de ovipositor |
| C. Perforando | (De Bach, 1954) |

- c) Arrenotoquia. Esta es la partenogénesis facultativa en que - los huevos fertilizados (diploides) dan origen a hembras, mientras 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).

4. 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. Sólo con eso cuentan. Las demás - tácticas del MIP son de creación humana (son artificiales). Los dos mecanismos 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 enemigos 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 extin

ción 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.

4.1 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 : solitario y gregarios primarios, secundarios, etc.

b) Depredadores

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

- c) Patógenos: Hongos
Bacterias
Virus

4.2 El control biológico como táctica MIP

4.2.1 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.

4.2.2 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 antagónicos para combatir enfermedades (Metcalf y Luckmann, 1975).

¿ Es posible usar el control biológico? Depende de:

Cuanto daño se puede tolerar

Qué valor tiene el cultivo

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 ecológicamente 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 procedimientos 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

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

PLAGAS	ENEMIGO(S) NATURAL (ES)	PAIS(ES) DE DONDE IMPORTAR
1. Chicharrita, <u>Empoasca</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 (Apanteles) flavipes</u> (Cam)	Cuba, México Trinidad
4. Perforador de la Hoja	<u>Sympiesis</u> spp	E.U.A.
5. Picudo del algodón <u>Anthonomus grandis</u> Boh	<u>Bracon Kirkpatricki</u> Wilk	E.U.A.
6. Mosca del Mediterraneo <u>Ceratitis Capitata</u> Wied	<u>Biosteres</u> spp.	Hawaii Trini- dad
7. Broca del café <u>Hypothenemus hampei</u> Ferr	<u>Prorops nasuta</u> Waterson <u>Heterospilus coffeicola</u> Schm, <u>Ceraphorom</u> sp. <u>Cephalonomia stephanoderis</u>	Brasil-Uganda
8. Escama roja de las Indias, <u>Selenaspis articulatus</u> Morgan.	<u>Aphytis roseni</u> DeBach	Perú
9. Escama nieve, <u>Unaspis citri</u> Comstock	<u>Aphytis lingnanensis</u> DeB. <u>Telsemia</u> sp.	E.U.A. Fiji

PLAGAS	ENEMIGO (S) NATURAL (ES)	PAIS (ES) DE DONDE IMPORTAR
10. Escama del cocotero, <u>Aspididiotus destructor</u> Sign.	<u>Crytognatha nodiceps</u> Marsh.	Trinidad.
11. Ligosa, <u>Vaginulus plebeius</u> Fischer.	<u>Antichaeta</u> spp	E.U.A.
12. Gusano Cogollero, <u>Spodoptera Frugiperda</u> , J.G.Smith.	<u>Telenomus remus</u>	Trinidad.
13. Piojo de los Citricos, <u>Planococcus citri</u> (Risso)	<u>Cryptolaemus montrouzieri</u> Muls.	E.U.A.
14. Palomilla dorso de diamante - <u>Plutella xylostella</u> (L)	<u>Diadegma cerophaga</u> (Grav.) <u>Diadromus collaris</u> (Grav.) <u>Cotesia plutellae</u> .	Australia Nueva Zelandia Indonesia Hawaii Trinidad

LITERATURA CITADA

1. BOTTRELL, D.G. 1979. Integrated Pest Management. Council Environmental Quality. US Gov. Printing Off. 12 págs.
2. DAXL, R. 1977. Modelo del algodonoero: progreso y aplicación práctica. Memoria del Sexto Seminario Técnico sobre el cultivo del algodonoero. Banco Nacional de Nicaragua.
3. DEBACH, P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman and Hall. Londres. 844 págs.
4. DEBACH, P. 1972. The use of imported natural enemies in insect pest management ecology. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Control Animal Habitat Manage. 3:211-233.

5. _____ 1974. Biological Control by natural enemies. Cambridge University Press. 223 págs.
6. DENMARK, H.A. y K.L. ANDREWS. 1981. Plant Associated Phytoseidae of El Salvador, Central America (Acarina: Mesostigmata). Florida Entomologist 64(1): 147-158.
7. DOUTT, R.L. 1964. The historical development of biological control. En: "Biological control of insect pests and weeds" P. DeBach, editor, Chapman and Hall. Londres. 844 págs.
8. DURAN, R.A. y E.A. HERNANDEZ. 1985. Entomofauna del cultivo del algodón en El Salvador, 1983-1985. Primer Seminario Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Mimeo. 25 págs.
9. ESTRADA, H.R. 1978. Avances sobre control integrado de plagas del algodón en Guatemala. Mem. Seminario Regional, uso y manejo de plaguicidas en Centro América. Guatemala.
10. FALCON, L.A. 1970. Current crop protection situation for cotton in Nicaragua. UN/FAO Conference on Integrated Pest Control. Roma, Italia.
11. GONZALEZ, D. 1976. Crop Protection in Latin America, with special reference to integrated pest control. FAO Plant Protection Bulletin 24. 65-77.
12. HAGEN, K.S. 1976. Role of nutrition in insect management. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol Anim. Control Habitat Mang. 6: 221-261.
13. HAGEN, K.S., E.F. SAWALL 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.
14. HAGEN, K.S., S. BOMBOSCH y J.A. MCMURTRY, 1976. The Biology and impact of predators. En: Theory and practice of biological control. Huffaker y Messenger, editores. Academic Press, Inc. 788 págs.
15. HUFFAKER, C.B. (Editor). 1976. Theory and practice of biological control. Academic Press, Inc. 188 págs.

16. JANSEN, D.H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution* 20, 249-275.
17. METCALF, R.L. y W. LUCKMAN (Editores). 1975. Introduction to insect pest management. Willey and Sons. N.Y. - 587 págs.
18. 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 Cryptochaetum iceryae Will. In Southern California. *HILGARDIA* 41: 631-688.
19. 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.
20. QUEZADA, J.R. 1979. Hallazgo de Agonatopus sp. (Hymenoptera: Dryinidae), parásito del Dalbulus maidis (Homoptera: Cicadellidae) en El Salvador. *CEIBA* 23 (1): 1-12.
21. 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.
22. QUEZADA, J.R. 1985. Conozca y aproveche los insectos benéficos en sus cultivos. Proyecto MIP, CATIE. Mimeo 11 págs.
23. 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.
24. WHITCOMB, W.H. 1967. Field studies on predators of the second-instar bollworm, Heliothis zea (Boddie) *Jour. Ga. Entomol. Soc.* 2: 113-118.

CAPITULO IV

LA IMPORTANCIA DE LOS SEMIQUIMICOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS*

ANGEL A. CHIRI**

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	44
2. COMUNICACION QUIMICA	45
3. COADAPTACION QUIMICA ENTRE INSECTOS Y PLANTAS	47
4. KAIROMONAS DE PARASITOIDES	48
5. EXTRACCION Y BIOENSAYOS DE KAIROMONAS	48
6. USO DE KAIROMONAS EN EL MIP	49
7. FEROMONAS DE INSECTOS	50
8. CARACTERISTICAS Y BIOENSAYOS DE FEROMONAS	50
9. EL USO DE FEROMONAS EN EL MIP	52
10. CONCLUSIONES	54
11. BIBLIOGRAFIA	54

1. INTRODUCCION

Durante estas últimas dos décadas, la posibilidad de manipular el comportamiento tanto de plagas insectiles como insectos benéficos mediante el uso de mediadores químicos, se ha ido convirtiendo en una realidad en muchos casos, y ha ido adquiriendo un lugar especial y novedoso entre los recursos disponibles al manejo integrado de plagas. Esto se ha debido principalmente a los avances en el conocimiento de los mecanismos de comunicación química entre insectos. Igualmente, los avances en las técnicas de química analítica han hecho posible el poder identificar y trabajar con compuestos que actúan o solo se pueden obtener en cantidades ínfimas. En esta sección se discutirán los conceptos básicos de comunicación química y su aplicación en beneficio de la fitoprotección.

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del manejo integrado de plagas". 23-28 febrero de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.

** Ph.D. En Entomología, Especialista en Manejo Integrado de Plagas CICP/ROCAP, San José, Costa Rica, Centroamérica.

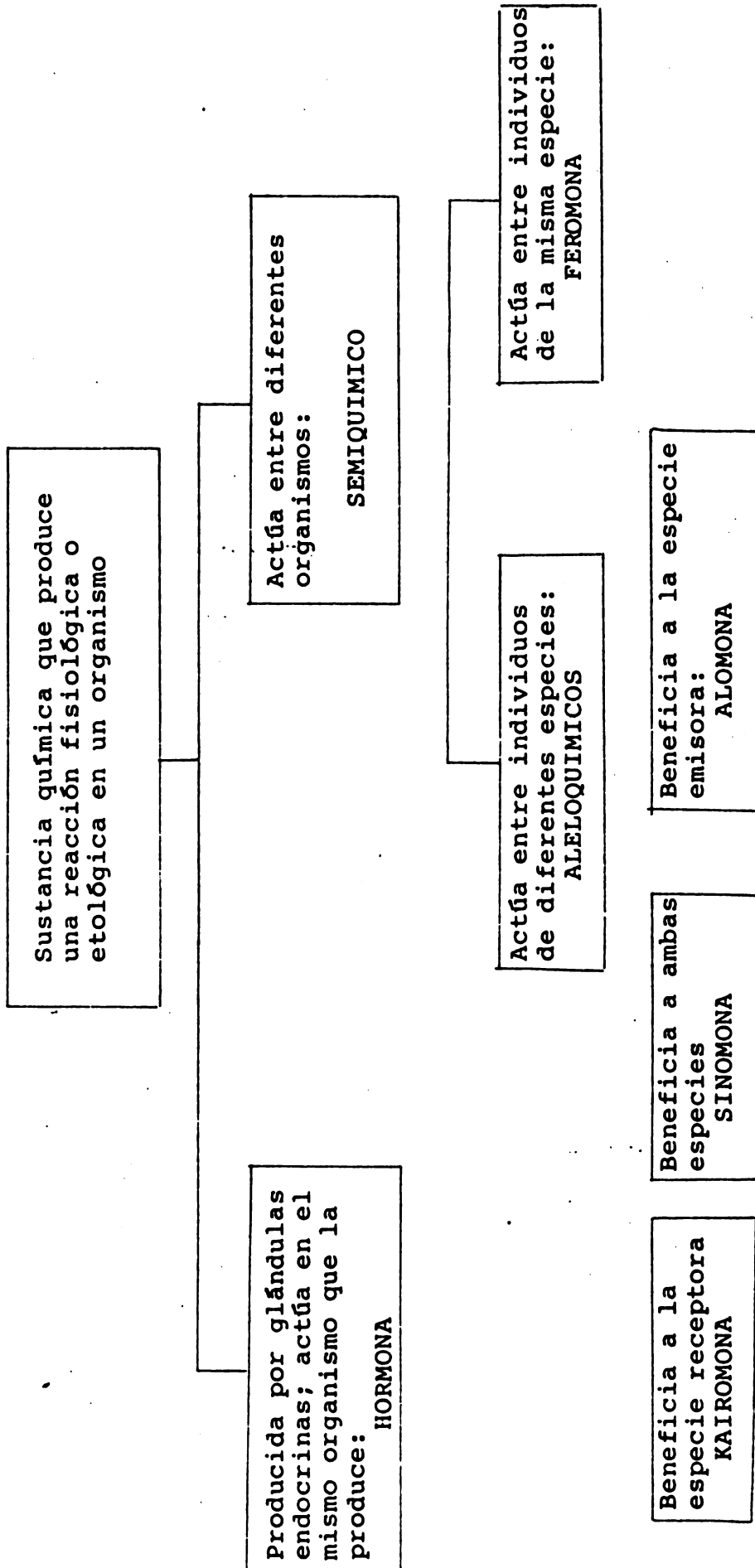
2. COMUNICACION QUÍMICA

Como en la vasta mayoría de los otros animales, los insectos se desenvuelven en su medio ambiente respondiendo de una manera característica, y muchas veces estero-típica, a señales o estímulos físicos, químicos y visuales. Los compuestos químicos que actúan como señal o estímulo, evocando una respuesta en un organismo y modificando su comportamiento, se han clasificado de acuerdo a su función como medio de información entre individuos de la misma o diferentes especies (Cuadro No. 1). Los grupos de mediadores químicos que tienen mayor importancia, actual o potencial, en la manipulación etológica de insectos son las feromonas, kairomonas y alomonas.

El término "feromona" fue utilizado por primera vez por Karlson y Luscher (1959) para describir a aquellos mediadores de comunicación química que actúan a un nivel intra-específico, es decir, entre dos o más individuos de la misma especie. El término "ectohormona", igualmente propuesto para el mismo fin, rápidamente cayó en desuso. 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), cuya acción beneficia a la especie receptora. Por último alomonas son mediadores químicos inter-específicos cuya acción beneficia a la especie emisora (Brown, 1968).

De acuerdo a estas definiciones, un volátil químico que emane de organismo 1 (presa) y sea utilizado por organismo 2 (depredador) como atrayente o señal para localizar a organismo 1, constituye una kairomona para organismo 2. De igual manera, una sustancia química que emane de un organismo 1 (presa) y que repela o irrita a organismo 2 (depredador) constituye una alomona para especie 1. Aunque este sistema de clasificación es útil en ayudarnos a comprender las diversas interacciones químicas que existen entre organismos, su aplicación tiene un alcance limitado, ya que un mediador químico puede tener más de una función y operar tanto a nivel intra-específico como inter-específico. Como ejemplos citaremos al caso en que parasitoides del género Aphytis son atraídos por las feromonas sexuales emitidas por su hospedero Aonidiella aurantii (Sternlich, 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 terpenoides provenientes de las heridas del árbol atacado (Rice, 1969; Camors y Paine, 1972). De similar manera, el parasitoide Opius lectus se guía por la feromona con que Rhagoletis pomonella (Tephritidae) marca las frutas donde ha introducido sus huevos para localizar a estos últimos (Prokopy y Webster, 1978).

CUADRO No. 1.- CLASIFICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS QUE MODIFICAN EL COMPORTAMIENTO.



3. COADAPTACION QUIMICA ENTRE INSECTOS Y PLANTAS

Prácticamente todas las plantas contienen o acumulan una gran diversidad de compuestos químicos, que sólo tienen en común el hecho de no ser parte esencial del metabolismo primario. Estos se conocen como compuestos vegetales secundarios, teniendo un papel primordial como mecanismo de defensa contra otros organismos. Entre los muchos compuestos secundarios figuran ácidos fenólicos, terpenoides, esteroides, alcaloides y cianuros orgánicos. Algunas plantas emiten terpenoides y fenoles que tienden a inhibir el desarrollo de otras especies de plantas, lo cual se conoce como alelopatía. Sin embargo, la función principal de los compuestos secundarios es indudablemente proteger a las plantas contra herbívoros en general, dado su carácter repelente, irritante o altamente tóxico (Fraenkel, 1959), es decir actuando como alomonas.

Muchos 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 impunemente (Whittaker y Feeny, 1971; van Emden, 1978). Un insecto que logra así penetrar las defensas químicas desarrolladas por una especie, género o familia de plantas tiene a su disposición una fuente alimenticia bastante exclusiva, no disponible a la vasta mayoría de otros insectos fitófagos. Muchas veces un insecto modifica sus hábitos alimenticios a tal punto que sólo puede subsistir alimentándose de esas plantas. 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 no relacionados taxonómicamente que se alimentan exclusivamente de plantas pertenecientes a la familia Cruciferae. B. brassicae es atraído por los aceites de mostaza que emanan las plantas crucíferas, mientras que un glicósido de aceite de mostaza sirve como fago-estimulante. Estos aceites son potentes irritantes y disuasivos de alimentación (alomonas) para otros herbívoros. Otro aceite de mostaza, isotiocianato alílico, actuando a un nivel trófico más alto atrae el parasitoide Diaretiella rapae (Braconidae), que ataca al áfido (Read et al., 1970).

Otros compuestos secundarios, los terpenoides, tienen un papel importante como precursores de semioquímicos. Los terpenoides se originan de cadenas de isopreno, que a su vez es derivado del metabolismo de azúcares. Mentol, alcanfor, geraniol y alfa-pineno son todos mono-terpenoides bastante comunes. Los esteroides, que a su vez son generalmente precursores de hormonas y feromonas insectiles, se derivan del di-terpenoide farsenol. Por ejemplo, alfa-pineno es rápidamente convertido a la feromona de agregación

verbonone por la bacteria Bacillus cereus que habita en el aparato digestivo del gorgojo del pino, Ips paraconfusus (Brand et al., 1975). La bacteria, que tiene una asociación simbiótica con el gorgojo, contribuye así al éxito de ambos al facilitar la concentración del gorgojo para el ataque de un determinado hospedero.

4. KAIROMONAS DE PARASITOIDES

Los insectos parasitoides localizan a sus hospederos mediante señales visuales, físicas y químicas (kairomonas) presentes en el medio ambiente, en combinación con movimientos al azar. Entre éstos, probablemente los mediadores químicos juegan el papel más importante en las diversas etapas del proceso de búsqueda y selección. En general, las kairomonas pueden ser percibidas por los parasitoides a larga distancia, a corta distancia y por contacto directo. Las kairomonas que actúan a larga distancia tienen un bajo peso molecular, son muy volátiles y generalmente son utilizadas para localizar el habitat del hospedero. En esta categoría se encuentran terpenoides, alcoholes, aldehídos y feromonas insectiles. Las kairomonas que son percibidas a corta distancia tienen mayor utilidad en la localización del hospedero mismo. Estas tienen un radio de acción de pocos centímetros y su peso molecular tiende a ser mayor que las del grupo anterior. Por ejemplo, el excremento de la larva de la polilla de la papa, Phthorimaea operculella contiene ácido heptanóico, el cual se origina en la papa misma. El parasitoide larval Orgilus lepidus localiza a P. operculella guiándose por el ácido, al que, aparentemente, sólo puede detectar a corta distancia (Hendry et al., 1973). Finalmente los kairomonas que actúan por contacto directo tienen muy poca volatilidad, un alto peso molecular, y son percibidas sólo cuando hay contacto físico, mediante quemoreceptores localizados en las antenas y/o tarsos. Estas kairomonas tienden a mediar el reconocimiento y discriminación del hospedero. Algunas, como tricoseno, son cadenas simples de hidrocarburos que se encuentran en la cutícula o escamas del hospedero. Ciertas kairomonas que se encuentran asociados con 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, 1976)

5. EXTRACCION Y BIOENSAYOS DE KAIROMONAS

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 ésta 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, huevos, ootecas, excremento, etc. del hospedero) remojando, macerando, u homogenizando éste último en solventes de polaridad apropiada. Durante los intentos iniciales de extracción se prueban solventes de diversas polaridades hasta encontrar el que sea más efectivo en extraer la kairomona. Por ejemplo, tricosano, 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, un solvente de baja polaridad (Lewis et al., 1972; Jones et al., 1973). Igualmente, kairomonas que incitan un comportamiento de búsqueda en parasitoides del género Chelonus han sido fácilmente extraídas con hexano de escamas de lepidópteros (Chiri y Legner, 1982). El siguiente paso es la caracterización química del compuesto activo. A diferencia de los feromonas insectiles, relativamente pocas kairomonas se han llevado a este nivel de identificación.

El tipo de bioensayo necesario para determinar si un material tiene actividad kairomonal depende de su volatilidad. El bioensayo de un material volátil se realiza por medio de diversos tipos de olfactómetros, en los que se les da a escoger el insecto entre corrientes de aire que portan 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 emplee (Kennedy, 1977). Bien aplicada, ésta es una técnica útil que da resultados relativamente rápidos.

Cuando el material que se desea probar tiene poco o ninguna volatilidad, el bioensayo consiste en 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. 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 hace contacto con el área tratada y la respuesta se anota en forma cuantificada (Vinson, 1975). Para determinar la concentración óptima y los umbrales y ámbito de detección, el extracto original se concentra mediante evaporación y después se diluye seriamente hasta llegar a nivel de nanogramo o picogramo.. Cada dilución es entonces sometida al bioensayo antes mencionado.

6. USO DE KAIROMONAS EN EL MIP

Los principales esfuerzos hasta hoy realizados con kairomonas en

el MIP se han concentrado en la manipulación de avispa parasitoides del género Trichogramma (Lewis et al., 1972; Gross 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). Después que se demostró que T. evanescens responde al contacto con kairomonas en escamas de H. virescens iniciando un comportamiento de búsqueda intensiva, se intentó utilizar este material para aumentar su efectividad como parasitoide. Mediante la aspersion foliar de escamas, extractos de escamas y el componente más activo de las kairomonas, 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 inducidos por la kairomona: (1) activación inmediata del comportamiento de búsqueda intensiva; (2) retención en el campo por mayor tiempo; (3) mejor distribución de los huevos del parasitoide al ser éste estimulado a emplear menos tiempo por hospedero y disminuir así la posibilidad del superparasitismo; (4) mejor establecimiento del parasitoide al evitarse una rápida dispersión en el momento de su liberación, debido a su contacto previo con la kairomona. Esta técnica no ha sido aún perfeccionada, pero tiene aspectos prometedores. Factores como características 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 del parasitoide.

7. FEROMONAS DE INSECTOS

El empleo de las 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 sólo 0.012 g de bombykol. Actualmente, mediante la utilización de metodologías analíticas modernas, es posible trabajar con cantidades ínfimas, lo que ha simplificado y agilizado la labor de aislar, identificar y sintetizar feromonas. Es así que sólo en el orden Lepidoptera se han identificado hasta la fecha feromonas de más de 200 especies.

8. CARACTERÍSTICAS Y BIOENSAYOS DE FEROMONAS

Químicamente, las feromonas consisten de una o varias moléculas,

cada una conformada por entre 5 y 20 carbonos. 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 confiere un alto grado de especificidad a la feromona (Silverstein y Young, 1976). Del mismo modo, la respuesta de un insecto a una feromona puede ser altamente específica en cuanto a la detección de concentraciones y combinaciones de moléculas.

Los insectos perciben las feromonas, que actúan en bajísimas concentraciones, mediante quimiorreceptores localizados en diversas partes del cuerpo (Seabrook, 1977). Por ejemplo las antenas plusmosas 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 quimiorreceptor para cada una de éstas. Sólo cuando un mínimo número de receptores es estimulado 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 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 vuela en contra del viento hasta llegar cerca de su origen, lo cual involucra por lo menos dos mecanismos de orientación, quimiotaxis (orientación hacia un estímulo químico) y anemotaxis (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. También se emplean diversos tipos de olfactómetros, en los que se les da a escoger al insecto entre las 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 se puede 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 osciloscó-

pio. 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 en relación a trampas testigo.

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 quien produce la feromona. Al percibirla con los quimiorreceptores de sus antenas, el macho responde volando en contra del viento y siguiendo la pluma odorífera hacia su origen. Si durante el vuelo, éste pierde contacto con la feromona, inmediatamente inicia un vuelo aparentemente errático 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 otro tipo de comportamiento sexual que culmina en la cópula. En algunos casos el macho expone unas glándulas en forma de pinceles de las cuales emana otra feromona sexual que actúa en la hembra y la prepara para recibirlo.

9. EL USO DE LAS 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 disrupción 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. 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 comer-

cial 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 ser en base a estudios que establezcan la relación existente entre números de insectos capturados por trampa en un determinado período y densidad poblacional, determinada por otros medios. Este uso de feromonas insectiles tiene gran utilidad en la toma de decisiones para efectuar medidas correctivas contra insectos plaga habiendo contribuido a reducir el número de aplicaciones químicas en numerosos cultivos.

En Centro América trampas de feromonas se utilizan 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. 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 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 por los machos. 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 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).

10. CONCLUSIONES

La manipulación de insectos mediante el uso de semioquímicos, aun que 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 a servir como medio para concentrar insectos depredadores en lugares determinados.

11. BIBLIOGRAFIA

BARTELL, R.J. 1977. Behavioral responses of Lepidoptera to pheromones. In H. H. Shorey and J.J. Mc. Kelvey, Jr., eds. Chemical control of insect behavior, p. 201-213. John Wiley and Sons, New York, 414 p.

- BRAND, J. M., J.W. Bracke, A.J. Markovetz, D.L. Wood y L. E. Browne. 1975. Production of verbenol pheromone by a bacterium isolated from bark beetles. *Nature* 254: 136-37.
- BROWN, W.L. 1968. An hypothesis concerning the functions of the metapleural glands in ants. *Am. Natur.* 102: 188-191.
- BROWN, W.L. Jr. T. Eisner y R.H. Whittaker. 1970. Allomones and kairomones: transpecific chemical messengers. *Bioscience* 20 (1): 21-22.
- BUTENANDT, A., R. Beckmann, D. Stamm y E. Hecker. 1959. uber den Sexual-Lockstoff des Seidenspinners Bombyx mori. Reindarstellung und Konstitution. *Z. Naturforsch.* 14:283-284.
- CAMORS, F. B., Jr. y T.L. Payne. 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.
- CHIRI, A.A. Y E.F. Legner. 1982. Host-searching kairomones alter behaviour of Chelonus sp. nr. Curvimaculatus, a hymenopterous parasite of the pink bolloworm, Pectinophora gossypiella (Saunders). *Environ. Entomol.* 11:452-455.
- FRAENKEL, G. 1959. The raison d'etre of secondary plant substances. *Science* 129:1466-70.
- GASTON, L. K., H.H. Shorey y S.A Saario. 1967. Insect population control by the use of sex pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature* 213: 1155.
- GROSS, H. R., Jr. W. J. Lewis, R.L. Jones y D.A. Nordlund. 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., P. Greany, E.F. Sawall, Jr. y R.L. Tassan. 1976. Tryptophan in artificial honeydews or a source of an attractant for adult Chrysopa carnea. *Environ, Entomol.* 5 (3): 458-68.

- HENDRY, L.B., P.D. Greany y R.J. Gill. 1973. Kairomone mediated host finding behavior in the parasitic wasp Orgilus lepidus. Entomol. Exp. Appl. 16:471-77.
- JONES, L., W.J. Lewis y H.R. Gross. 1976. Use of kairomones to promote action by beneficial insect parasites. Pp. 119-34 En M. Beroza, ed. Pest management with insect sex attractants. American Chemical Society, Washington D.C. 192 pp.
- JONES, L., W.J. Lewis, M. Beroza, B.A. Bierl y A.N. Sparks. 1973. Host-seeking stimulants (kairomones) of the egg parasite Trichogramma evanescens. Environ. Entomol. 2 (4): 593-596.
- KARLSON, P. y M. Luscher. 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. En H. H. Shorey and J.J. Mc Kelvey, Jr., eds. Chemical control of insect behavior, p. 215-229. John Wiley and Sons, New York, 414 p.
- LEWIS, W. J., R.L. Jones y A.N. Sparks. 1972. A host-seeking 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. R.L. Jones, Jr. , D.A. Nordlund y H.R. Gross, Jr. 1975. Kairomons 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. M. Beevers, D.A. Nordlund, H.R. Gross, Jr. y K.S. Hagen. 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.
- MINKS, A.K. 1977. Trapping with behavior-modifying chemicals: feasibility and limitations. En H.H. Shorey and J.J. Mc Kelvey, Jr., eds. Chemical control of insect behavior, p. 385-394. John Wiley and Sons, New York, 414 p.

- NORDLUND, D.A. y W.J. Lewis, R.L. Jones, H.R. Gross, Jr. y K.S. Hagen. 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. y R. P. Webster. 1978. Oviposition-detering pheromone of Rhagoletis pomonella; a kairomone for its parasitoid Opius lectus. J. Chem. Ecol. 4(4): 481-94.
- READ, D.P., P.P. Feeny y R.B. Root. 1970. Habitat selection by the aphid parasite Diaretiella rapae (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite Charips brassicae. Can. Entomol. 102: 1567-1578.
- 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.
- SEABROOK, W. D. 1977. Insect chemosensory responses to other insects. En H.H. Shorey and J.J. McMelvey, Jr., eds. chemical control of insect behavior, p. 15-43. John Wiley and Sons, New York, 414 p.
- SHOREY, H.H y L.K. Gaston, and R.S. Kaae. 1976. Air-permeation with gossyplure for control of the pink bollworm. In M. Beroza ed. Pest management with insect sex attractants, p. 67-74. American Chemical Society, Washington D.C., 192 p.
- SILVERSTEIN, R.M. 1981. Pheromones: background and potential for use in insect control. Science 213:1326-1332.
- SILVERSTEIN, R.M. y J.C. Young. 1976. Insects generally use multicomponent pheromones. In M. Beroza, ed. Pest management with insect sex attractants, p. 1-29. American Chemical Society, Washington D.C., 192 p.
- 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. En J.B. Harborne, ed. Biochemical aspects of plant and animal coevolution, p. 309-323. Academic Press, New York, 435 p.

VAN EMDEN, H. F. and K.S. Hagen. 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.

WHITTAKER, R.H. y P. P. Feeny. 1971. Allelochemics: chemical interactions between species. Science 1971: 757-70.

CAPITULO V

PLAGUICIDAS COMO RECURSO DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS *

SAUL EDGARDO CONTRERAS **

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	59
2. RESISTENCIA A PLAGUICIDAS	60
3. SUPRESION TEMPORAL	61
4. PROBLEMAS DE RESURGENCIA Y EMERGENCIA DE PLAGAS	61
5. EFECTOS COLATERALES SOBRE ESPECIES PARA LAS CUALES NO IBA DIRIGIDA LA APLICACION	61
6. RIESGOS DIRECTOS DE LA APLICACION	62
7. RESIDUOS EN LOS ALIMENTOS	62
8. FORMULACIONES	62
9. DOSIS	62
10. ESPECIFICIDAD	63
11. TOXICIDAD	63
12. VOLUMEN DE ASPERSION	64
13. PERSISTENCIA	64

1. INTRODUCCION

El manejo integrado de plagas involucra la utilización de todas las técnicas de control disponibles para solucionar los problemas de la protección vegetal. Los agentes de control son dirigidos para incrementar la tasa de mortalidad de las plagas o para reducir su tasa de natalidad.

Las técnicas de control son coordinadas armónicamente para producir cosechas abundantes y de buena calidad, reducir los costos de control y minimizar el daño ecológico.

Para resolver un problema de control de plagas es necesario seguir la secuencia siguiente:

- A. Identificar la plaga
- B. Conocer los métodos de control que están disponibles
- C. Evaluar los riesgos y beneficios de cada uno de los métodos o

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y componentes del manejo integrado de Plagas", 23 de febrero a 10. de marzo de 1986 CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.

** Profesor Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

- combinaciones de métodos.
- D. Seleccionar el método(s) que sea más efectivo y que cause el mínimo impacto ambiental.
 - E. Conocer la mejor época para aplicar la medida de control
 - F. Conocer el uso adecuado del método
 - G. Conocer las regulaciones legales del país.

Los métodos de control disponibles son:

- A. Variedades resistentes
- B. Control biológico
- C. Control cultural: rotación de cultivos, aradura profunda, semilla certificada, uso adecuado de los fertilizantes y del agua.
- D. Control mecánico.
- E. Control Físico
- F. Saneamiento
- G. Control legal
- H. Control químico (donde se necesitan, cuando se necesitan, don de su uso no implique riesgos).

El control químico implica el uso de sustancias colectivamente de nominadas plaguicidas con el objeto de reducir, destruir, repeler o atenuar cualquier forma de vida que ha sido considerada como plaga por el hombre.

El término plaguicida comprende una amplia variedad de productos: rodenticidas, herbicidas, insecticidas, acaricidas, larvicidas, nematocidas, molusquicidas, garrapaticidas, fungicidas, etc. También están incluidos: atrayentes, repelentes de foliantes, feromonas, reguladores de crecimiento, antitranspirantes, etc. Estas categorías no son exclusivas. Un producto puede destruir una, dos o tres formas de vida. Ej. insecticida-nematocida. Los plaguicidas constituyen las armas más sofisticadas de que dispone la tecnología agrícola actual para resolver los problemas de plagas: son de acción rápida, fácil de adquirir, permiten la operabilidad individual, costo relativamente bajo, fácil de aplicar, existe una amplia gama de productos y existe mucho equipo para poder aplicar los. Sin embargo no son la panacea. El uso desmesurado e indiscriminado de estos productos, ha causado serios problemas y es importante conocerlos para evitar cometer errores en el manejo integrado de plagas.

2. RESISTENCIA A PLAGUICIDAS

La resistencia se conceptúa de la manera siguiente: habilidad de las poblaciones de plaga, para tolerar dosis de un plaguicida que

previamente fueron efectivas para controlar a sus ancestros. El concepto involucra poblaciones y plaguicidas (agentes de presión). El pesticida actúa como agente de presión, seleccionando individuos dentro de la población para que soporten dosis cada vez mayores de plaguicidas. Se conocen tres mecanismos de resistencia: morfológica, de comportamiento y la bioquímica.

El origen de la resistencia puede deberse a causas biofísicas y bioquímicas. El aspecto biofísico comprende: A. Que el plaguicida no haga contacto con el lugar específico de acción; B. Que la cantidad que llega al lugar específico de acción es menos que la necesaria para ejercer la acción letal. Estos fenómenos se originan de: inhabilidad del producto para penetrar la cutícula, aumento en la tasa de excreción, o que el producto se almacena en el cuerpo del organismo. Cuando el organismo desarrolla mecanismo de detoxificación, el origen es bioquímico.

3. SUPRESION TEMPORAL

Los plaguicidas no promueven soluciones permanentes al problema de las plagas. Los plaguicidas no se reproducen y por lo consiguiente no prolongan su efecto tóxico. Al contrario, tan pronto son descargados de las boquillas comienzan a descomponerse debido a los factores ambientales: evaporación, fotólisis, absorción, lluvia, temperatura, etc. Por consiguiente el tratamiento necesita repetirse. Si este fenómeno no es bien conocido y no se respetan los umbrales económicos, se adquirirá dependencia del plaguicida.

4. PROBLEMAS DE RESURGENCIA Y EMERGENCIA DE PLAGAS

Los plaguicidas, si son mal manejados, pueden generar problemas como es el caso de la resurgencia y emergencia de plagas. En este caso es conveniente reevaluar el uso de plaguicidas de amplio espectro. El producto de amplio espectro crea problemas de emergencia y resurgencia de plagas. El plaguicida específico es menos nocivo y los cambios que causa en el ambiente son menos drásticos.

5. EFECTOS COLATERALES SOBRE ESPECIES PARA LAS CUALES NO IBA DIRIGIDA LA APLICACION:

Esta es una seria desventaja de los plaguicidas y se debe de mi-

nimizar. Destruyen insectos benéficos, la vida silvestre en general y simplifican los componentes bióticos del ecosistema. Se necesita que el plaguicida sea bien evaluado para poder predecir los efectos colaterales sobre todo el ecosistema.

6. RIESGOS DIRECTOS DE LA APLICACION

Cada vez que se aplica un plaguicida existen posibilidades de que personas ajenas al tratamiento se intoxiquen. La notificación previa acerca de las zonas que serán aplicadas, reduce los riesgos de intoxicación accidental.

7. RESIDUOS EN LOS ALIMENTOS

Los residuos en los alimentos pueden ser reducidos mediante el uso adecuado del plaguicida. Involucra que el encargado del manejo integrado de plagas conozca el intervalo de seguridad del plaguicida (número de días que debe transcurrir entre la última aplicación y la cosecha). La violación de esta norma promueve los residuos del plaguicida en los alimentos.

8. FORMULACIONES

La formulación es un proceso efectuado por el fabricante básico o por el formulador para darle al agricultor un producto que sea fácil de aplicar. Las formulaciones pueden ser sólida o líquidas. Dependiendo de la concentración del producto formulado así pueden aumentar o disminuir los riesgos de intoxicación en los humanos. Las formulaciones líquidas presentan más riesgos que las formulaciones secas. Asimismo, los concentrados emulsificables son más peligrosos que los concentrados solubles y que los polvos mojables. Estos últimos son más riesgosos que los polvos o gránulos.

9. DOSIS

La dosis es la proporción de un plaguicida que se usa para controlar una plaga. La dosificación es importante en el manejo integrado de plagas. Existen dos tendencias: la subdosificación y sobredosificación. Ambas son peligrosas, la subdosificación produce controles insatisfactorios y la sobredosis pueden generar

resistencia y aumentar las probabilidades de intoxicación y simplifica el ecosistema.

10. ESPECIFICIDAD

La susceptibilidad de las especies varía según el plaguicida. No existe un producto único que puede controlar todas las especies plagas. Cuando se presentan complejos de plagas es necesario mezclar plaguicidas específicos. Las mezclas reducen los costos de aplicación, pero desde el punto de vista ecológicos son problemáticas. En casos de intoxicación, complican el cuadro clínico porque no se sabe qué producto es el responsable directo de los síntomas de intoxicación. En algunos países el uso frecuente del insecticida específico ha creado problemas de resistencia. Ej. Bemisia tabaci en Guatemala.

11. TOXICIDAD

La toxicología es la ciencia que estudia los venenos. Todos los plaguicidas son tóxicos y por lo consiguiente producen daños a los humanos y a la vida silvestre, en general. El parámetro establecido para determinar la toxicidad de un plaguicida es la dosis letal cincuenta (DL50). Esta expresa la dosis o cantidad de un ingrediente activo (mg/kg) que ingerida o absorbida a través de la piel mata al 50% de los animales que se sometieron a la prueba.

La DL50 establece la toxicidad del producto pero no dice nada acerca de otros problemas colaterales que tenga el producto. Por ejemplo, efectos orgánicos, teratogénicos, etc. Entre más baja es la DL50, más tóxico es el producto y mayores los riesgos de intoxicación.

En condiciones de campo se pueden presentar intoxicaciones crónicas y agudas. Las intoxicaciones crónicas se pueden presentar en el personal de la torre, plagueros aplicadores y pilotos. Las intoxicaciones agudas en personas desprotegidas, "banderilleros" o por causas accidentales. En el manejo integrado de plagas se debe analizar conjuntamente la DL50 concentración del producto- la dosis. Este análisis contribuye a seleccionar juiciosamente los plaguicidas y a reducir los riesgos inherentes a la aplicación.

12. VOLUMEN DE ASPERSION

El volumen de aspersión es importante en el manejo integrado de plagas. El alto galonaje por unidad de área reduce las derivas: el bajo galonaje aumenta las derivas. Las derivas reducen la eficacia del producto, incrementan la contaminación ambiental, produce efectos indeseables sobre especies para las cuales no iba dirigida la aplicación y pueden presentarse problemas de residuos.

En aplicaciones aéreas, el alto galonaje por unidad de área no es económico. Hay más gasto de combustible, mayor tiempo en tierra del avión y se reduce el área que puede ser tratada por unidad de tiempo.

13. PERSISTENCIA

Los productos persistentes permanecen durante mucho tiempo. Un producto persistente pero no ecológicamente activo sería ideal en el manejo integrado de plagas porque haría menos frecuente el uso de plaguicidas. En caso contrario, la persistencia contribuiría a incorporar los metabolitos del plaguicida en la cadena alimenticia y a incrementar el problema de residuos.

En conclusión, los plaguicidas no deben constituir la única alternativa para resolver los problemas de la protección vegetal. Existen otros métodos de control que deben considerarse antes de usar plaguicidas.

CAPITULO VI

CONCEPTOS SOBRE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES *

ELKIN BUSTAMANTE **

C O N T E N I D O

1.	INTRODUCCION	66
2.	CONOCIMIENTOS DEL ECOSISTEMA AGRICOLA	67
3.	ESTRATEGIA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE ENFERME DADES.	70
3.1	Identificación correcta de los agentes causales.	70
3.2	Reconocimientos fitosanitarios	72
3.2.1	Medidas normativas de cuarentena	72
3.3	Producción y certificación de semillas	73
3.4	Campañas fitosanitarias de precosecha	74
3.4.1	Variedades resistentes	75
3.4.2	Uso racional de agroquímicos	76
3.4.3	Prácticas culturales	77
3.4.4	Uso de microorganismos	78
3.5	Productos agrícolas y problemas fitosa- narios de post-cosecha	78
4.	CONCLUSIONES	79
	BIBLIOGRAFIA	80

I. INTRODUCCION

El manejo de las enfermedades de las plantas en América Latina se ha realizado de acuerdo a un patrón orientado al uso de variedades resistentes, de fungicidas y de 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.

* Trabajos presentados en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del manejo integrado de plagas", 23-28 de febrero de 1986, CEMCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.

** Fitopatólogo del Proyecto de Manejo Integrado de Plagas- CATIE, Turrialba, Costa Rica, Centroamérica

Lo anterior dió como resultado el considerar la visualización del concepto de enfermedad como una relación simple hoesped-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 involucra 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 a esta concepción se han desarrollado programas en universidades donde se enfatiza el aspecto de sanidad vegetal y el pensamiento epidemiológico y ecológico en general.

Por definición el manejo integrado de enfermedades considera objetivos económicos, sociales, de protección al ambiente y a la salud y no tiene únicamente la meta de prevenir pérdida en cantidad y calidad.

En nuestro medio, el manejo integrado de los problemas fitosanitarios se ha dirigido a algunos casos específicos de insectos, por lo tanto estamos en mora de estructurar un plan integrado que involucre 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.

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 fitopatología, donde desde fines del siglo 19 ya se habían desarrollado métodos para el manejo de enfermedades (Smith, Apple and Bottrell, 1977).

2. 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 una fase 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

de un área de cultivo junto con todas las condiciones del 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 y sus interacciones (Figura 1).

De los componentes del ecosistema agrícola tropical se debería tener especial conocimiento de las plantas, los patógenos, el proceso infectivo 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 los cuales deben existir estrategias 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 y Patiño 1970, Bustamante et al 1973) y las fluctuaciones de ésta con relación al cambio de las poblaciones de las plantas o a la agresividad de algunos de sus individuos. (Browning and Bustamante, 1973).

Al presentarse la enfermedad es necesario utilizar 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 nutrimentos 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 nutrimentos (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 a 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

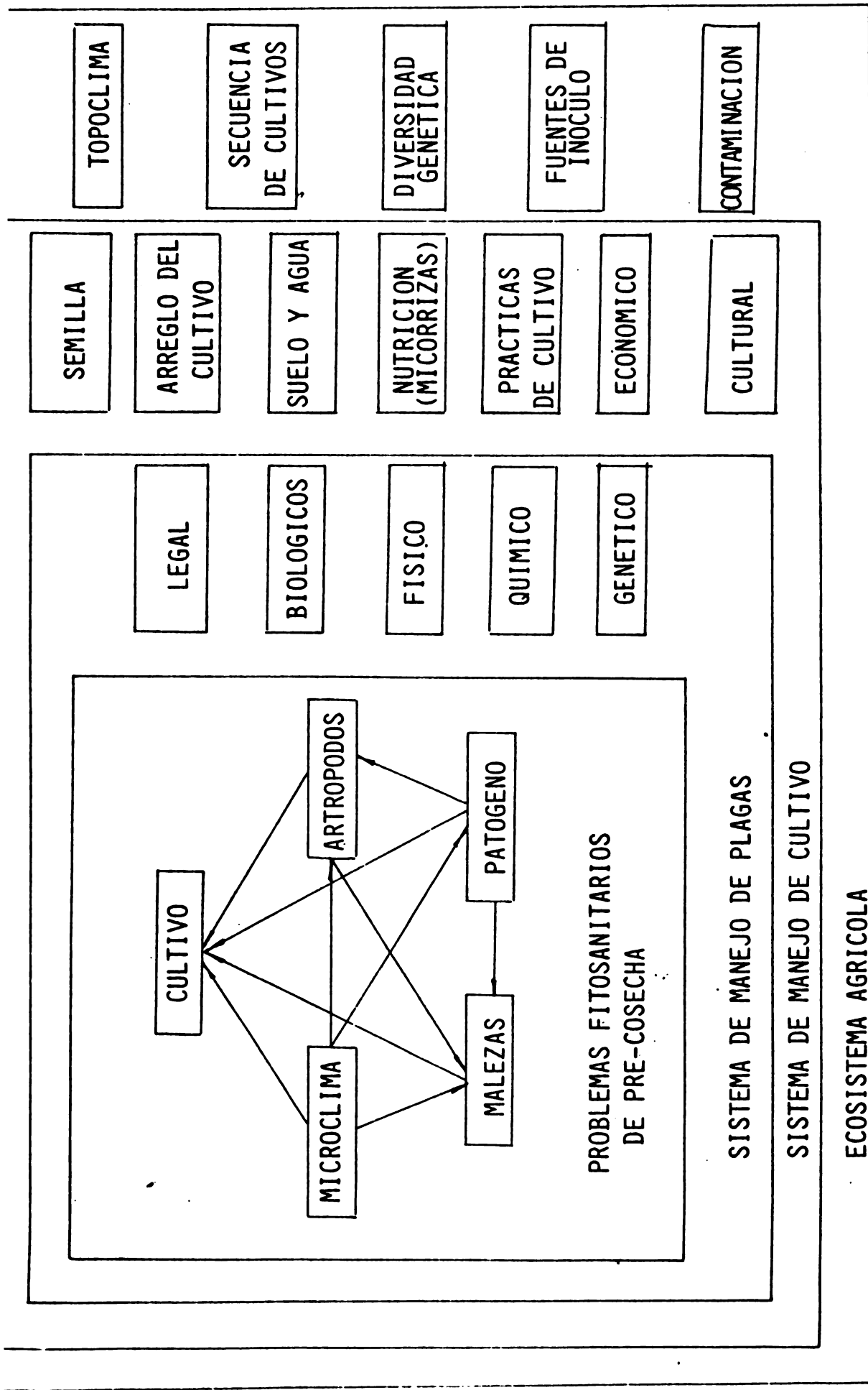


FIGURA 1. Ecosistema agrícola y subsistema de manejo del cultivo y plagas, en problemas fitosanitarios de pre-cosecha.

acuerdo a la relación costo-beneficio y formular un modelo de regresión para estimar las pérdidas de acuerdo a 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, 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 post-cosecha debe tener en cuenta el efecto residual de los plaguicidas aplicados en precosecha y el posible desarrollo de micotoxinas, los cuales ha-rian peligroso la utilización de esos productos en alimentación humana o animal.

3. ESTRATEGIA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

El manejo integrado de los problemas fitosanitarios agrupa disciplinas, acciones y organismos diversos y requiere de una organiza-ción 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 se orienta a medidas que eliminen o disminuyan el inóculo inicial o dilaten la tasa de desarrollo de la enfermedad.

Las tácticas de acción más importantes en el manejo de enfermeda-des son:

3.1 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.

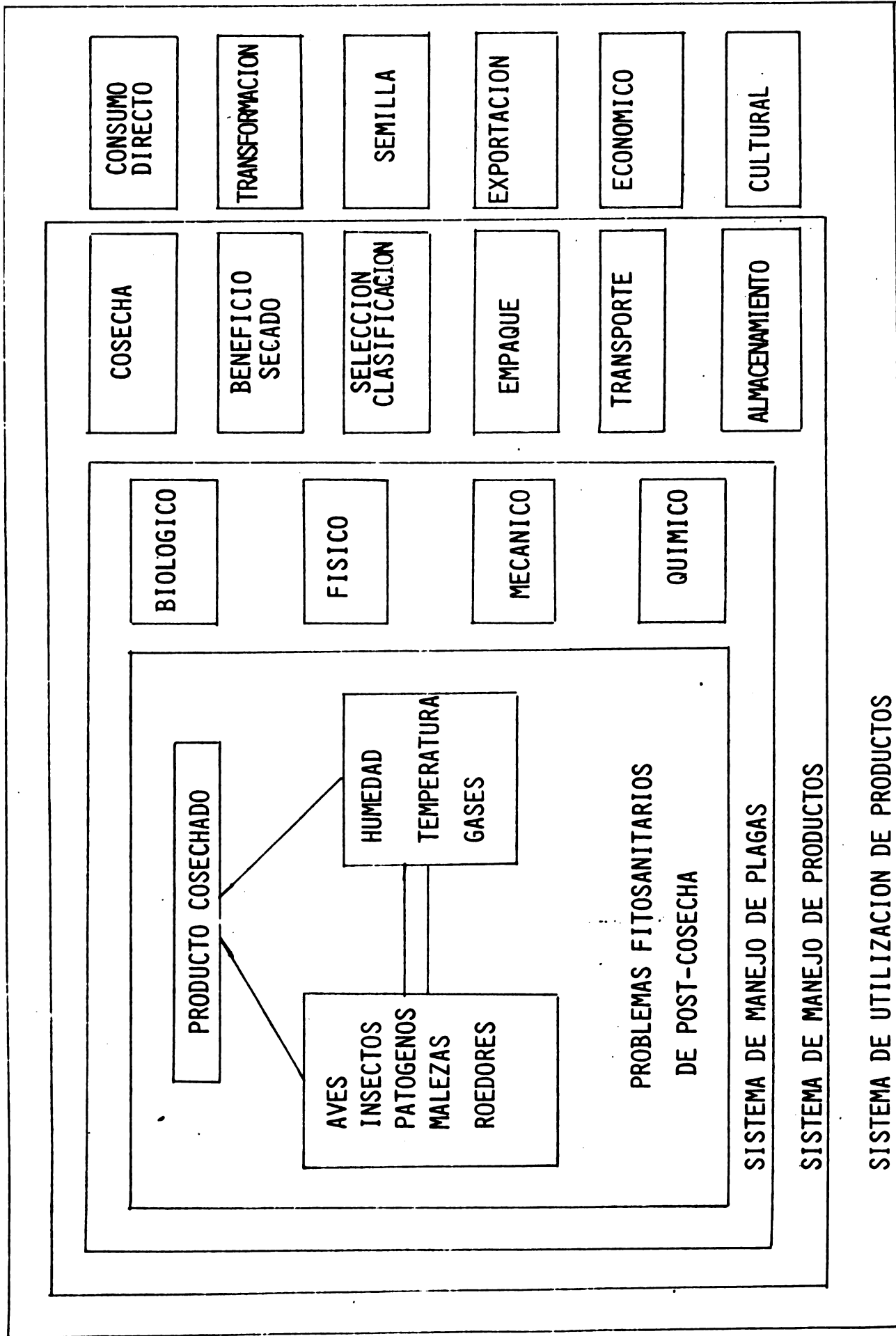


FIGURA 2. Sistema de utilización de productos agrícolas y subsistemas de manejo de productos y sus plagas en relación con problemas fitosanitarios de post-cosecha.

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. Esto puede presentarse por la similitud de síntomas de algunas enfermedades causadas por factores bióticos y abióticos.

3.2 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 y posibles vectores.

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

Es necesario considerar que los reconocimientos pueden realizarse en presencia de la enfermedad o en ausencia del patógeno, con el fin de verificar que la zona o el país se encuentre libre. Este último reconocimiento es denominado Reconocimiento negativo.

La labor fitosanitaria de reconocimiento, diagnóstico y vigilancia permitiría el acopio de información para modificar 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 a 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 a los niveles económicos de daño que se establezcan.

3.2.1 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; Vienneot- Bourgin, 1974.

En este sentido será necesaria la adecuación de las disposiciones legales que respalden las medidas cuarentenarias y la dotación con equipos y personal capacitado en 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, obedeciendo a acuerdos recíprocos entre países, como son: La Convención Internacional de Protección Vegetal FAO, y el Organismo de Protección Vegetal Area 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 plantas susceptibles, puede causar efectos devastadores sobre 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, i.e. la Sigatoka Negra del banano y plátano. Por lo tanto las medidas de exclusión son prioritarias.

Hasta el presente las medidas preventivas han cumplido su cometido, sin embargo, una explosión epidémica y la facilidad de desplazamiento aéreo de un patógeno de regiones próximas, podría facilitar su introducción, por medios donde no actúan las medidas preventivas. Pero ellas buscan, que mientras esas condiciones de diseminación se presentan, se avance en el país en el desarrollo de medidas de control para enfrentar la enfermedad.

3.3 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 pu

reza 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 investigación de los materiales básicos, la supervisión 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 bacteria 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 en la región.

3.4 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 cosecha, 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.

3.4.1 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 reemplazar 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 atraer desconcierto al agricultor que no entiende la dinámica de poblaciones en los organismos causantes de enfermedad; 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 diferente 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 sólo 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 multi líneas 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 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 rendimiento 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 (variedad criolla o multilíneas que están en equilibrio dinámico con el patógeno).

3.4.2 Uso racional de agroquímicos.

El uso de fungicidas tiene importancia en el tratamiento de semillas 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 las complejidades con relación a 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 el control de Phytophthora cinnamoni en piña, la cloropicrina actuaba bien y propiciaba el desarrollo del hongo Trichoderma viride un agente de control biológico. 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, botrán, bemomil), lo será al 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).

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 insecticidas 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.

3.4.3 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 utilizados son: arreglo de

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.

3.4.4 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.

3.5 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 enfermedades 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 banano el manejo post-cosecha es muy exigente y los compradores solicitan niveles cero de daño. Esta situación impide desarrollar un manejo integrado del cultivo y su producto, lo que hace necesario el uso costoso y continuado de agroquímicos.

4. CONCLUSIONES

Los planteamientos anteriores llevan a las siguientes conclusiones:

- 4.1 La necesidad de utilizar esquemas de manejo que tengan en cuenta todos los componentes del agroecosistema y no únicamente la naturaleza del agente causal del problema fitosanitario. La finalidad del esquema será evitar o disminuir el inóculo inicial y la tasa de incremento de la enfermedad.
- 4.2 La necesidad de generar conocimientos sobre los diferentes agroecosistemas, dada la inmensa brecha existente.
- 4.3 La necesidad de establecer un sistema nacional de fitosanidad que dé solución a los problemas existentes y esté preparado para enfrentar las plagas exóticas. Este sistema buscará armonizar las actividades de agricultores, asistentes técnicos, especialistas y funcionarios que fijan los programas agropecuarios, alrededor de una política nacionalista de defensa fitosanitaria.

B I B L I O G R A F I A

- APPLE, J.L. 1977. The management of plant pathogens. En: Plant Pathology: An advanced treatise. Vol. 1. How Disease is Managed (J.G. Horsfall and E.B. Cowlings, eds). Academic, Press, New York. pp. 79-101.
- BAKER, K.R., and R.J. COOK, 1974. Biological control of plant pathogens. Freeman, San Francisco, 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: 605-612.
- 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 K. J. FREY. 1969. Multiline cultivars as a mean of disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 7:355-382.
- _____ And E. BUSTAMANTE. 1973. Evidence for environmental races of Puccinia graminis avenae. II Internacional Congress of Plant Pathology Minnesota. Abstract of papers. No. 117.
- BUSTAMANTE, E., y H. PATIÑO, 1970. Dinámica de un servicio de sanidad vegetal. Agr. Tropical 26: 165-168.
- _____ J. ORJUELA and J.A. BROWNING. 1973. Rust epidemiology, in the Colombian Andes, II International Congress of Plant Pathology. Minneapolis, Minnesota. Abstracts of papel No.0426.
- DAYS, P.R. 1974. Genetics of host-parasite interaction, Freeman, San Francisco. 238 pp.
- GARREN L.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.
- JONES, A.L. and G.R. EHRET, 1976,. Tolerance to fungicides in venturia and monilia of tree fruits. Proceeding of the American Phytopathological Society 3: 84-90

- LORBEER, J.W. and L.A. ELLERBROCK, 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., J.L. APPLE and D.C. BOTTRELL. 1977 The origins of integrated pest management concepts for agricultural -- crops. En: Integrated Pest Management (J.L. Apple and R.F. Smith eds) Plenum Press, New York pp.1-16
- SMITH, R.F. and VAN DEN BOSCH, R. 1967. Integrated Control. En - Pest control: Biological, Physical and selected chemical methods (W.W. Kilgore and R.L. Doult, eds). Academic Press, - New York pp: 295-340.
- THURSTON, H.D. 1973. Threatening plant diseases, Ann Rev. Phytopathol 11:27-52.
- VIENNOT- 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

CAPITULO VII

// LA VIROLOGIA VEGETAL EN EL CONTEXTO DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS *

✓
RAMON LASTRA **

C O N T E N I D O

1.	INTRODUCCION	82
2.	ECOLOGIA DE LOS VIRUS	84
2.1	Virus	84
2.2	Huéspedes	85
2.3	Vectores	85
2.4	Fuentes de Infecciones Virales	86
3.	ALTERNATIVAS DE CONTROL	87
3.1	Procedencia del Virus	87
3.2	Control de vectores	89
3.3	Huéspedes no susceptibles	90
4.	BIBLIOGRAFIA	91

1. INTRODUCCION

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 varían en su longitud dentro de un rango comprendido entre 70 a. - 2000 nm con un ancho entre 12 a 15 nm.

Un virus está compuesto por un solo tipo de ácido nucleico (ácido ribonucleico, RNA, o ácido desoxiribonucleico, DNA), siendo ésta una característica específica de los virus, y viroides ya que los demás grupos de agentes patógenos contienen ambos tipos de ácido nucleico.

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del manejo integrado de plagas" 23-28 de Febrero de 1986, CENCAP, San Andres, El Salvador.

** Virólogo, Proyecto MIP, CATIE, Turrialba Costa Rica.

El ácido nucléico viral está protegido por una envoltura protéica (protéica estructural o cápside), la cual protege al ácido nucléico de su inactivación por las enzimas celulares durante el proceso de infección. Esta proteína le proporciona al virus su morfología típica de la partícula viral. Algunos virus poseen otras proteínas y otros compuestos como lípidos 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 planta enferma el cual puede mantener la capacidad de transmitir en 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 circulativos 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 estas pasan a las plantas durante su alimentación. En el caso de los virus propagativos éstos se multiplican tanto en células vegetales como en las células del insecto lo que trae como consecuencia que el vector permanezca infeccioso de por vida.

2. ECOLOGIA 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. A continuación examinaremos los factores que influyen en el proceso de infección.

2.1 Virus

Los virus afectan a un gran número de organismos en el reino vegetal, 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 o 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 naturales raramente se encuentran plantas con síntomas de enfermedades virales lo cual no indica que no hay 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 la 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 billones de partículas, en consecuencia es más factible que ocurran un mayor número de mutaciones que en otros organismos.

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.

2.2 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 (suceptibilidad, sensibilidad, resistencia o tolerancia) Estos factores dependen de su genotipo. Los factores ambientales son también importantes para el desarrollo de la infección viral, entre éstos se incluyen la luz, la temperatura y la nutrición de la planta. La edad de la planta juega también un papel importante ya que por lo general la suceptibilidad 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 ésta alcanza su maduración fisiológica.

Las plantas no cultivadas son más importantes 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 pasándolos luego a los campos de cultivos.

2.3 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 su dispersión y a la subsecuente infección de los campos. Las malezas y plantas enfermas dentro de un cultivo son las fuentes de inoculo en las que estos vectores pueden adquirir los virus y transmitirlos a plantas cercanas. Debido a estas razones los virus transmitidos por estos vectores pueden controlarse relativamente fácilmente y son mayormente de importancia económica 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 de cultivo. Las afidos tienen la tendencia a perder su infecciosidad rápidamente por inactivación de los virus si tienen que moverse a 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 del tabaco (TMV) - el simple contacto entre plantas vecinas puede transmitir el virus.

2.4 Fuentes de Infecciones Virales

Para que los vectores puedan transmitir los virus tienen que adquirir éstos 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 con diseminadores muy eficientes de estas enfermedades en su estadio alado.

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

1. Plantas infectadas dentro del cultivo (maleza y plantas enfermas del mismo cultivo).
2. Semillas infectadas con virus, las plantas que ellas originan - pueden estar infectadas.
3. Plantas que 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 - por virus.

8. Algunos virus muy estables como el virus del 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 de los virus en épocas adversas son variadas y en general cada virus ha desarrollado una estrategia de sobrevivencia particular.

3. ALTERNATIVAS DE CONTROL

El control químico de los patógenos de plantas 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 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 transtornos 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.

3.1 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 en consecuencia 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 mudan para el campo nuevo, llevando los virus acumulados en las plantas más viejas. Evitar práctica de cultivos escalonadas y diferentes épocas de siembra en campos vecinos ayuda mucho al control de las enfermedades virales.

c) Material Vegetativo de la Cosecha Anterior

Durante la cosecha de un cultivo generalmente caen semillas al suelo o quedan tubérculos y otras partes que pueden reproducirse en forma vegetativa. Estos materiales si provienen de plantas enfermas con virus pueden estar enfermas y en consecuencia si se siembra de nuevo el mismo cultivo estas plantas sirven de fuente 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 obviamente la mejor práctica cultural es la rotación de los cultivos.

d) Plantas Infeccionadas 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 es reducido.

Cuando el material vegetativo proveniente de plantas enfermas es utilizado como semilla, origina plantas enfermas que actúan como fuente de infección. Para evitar propagación de estos virus se debe:

- 1) Seleccionar el material a reproducir que provenga de plantas sanas.
- 2) 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 pierde su viabilidad pero se elimina el virus si está presente.
- 3) Cultivos de meristemas, mediante esta técnica se puede limpiar

material genético infectado y devolver el antiguo vigor a la variedad de planta.

e) Períodos libres de Cultivo

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 eliminaron totalmente los problemas con el virus mosaico del apio del oeste afectando a esta planta.

3.2 Control de Vectores

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

1) Vectores aéreos

- a. Insecticidas: La práctica más eficientemente 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 tratamiento.

En el caso de la transmisión persistente el uso de insecticidas discretionales 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 coccinélidos en los campos de cultivo para que eliminen áfidos y de esta manera pueden reducir el impacto de los virus.
- d. Prácticas culturales: Existen un número de prácticas agrícolas que ayudan en el control de los virus bien evitando que los vectores sean atraídos hacia el cultivo, o evitando plantar en épocas de alta densidad del vector.

Estas prácticas pueden ser:

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

2) 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 de virus son muy primitivos y sus esporas son sensibles a varios fungicidas.

3.3 Huéspedes no susceptibles

Obviamente el mejor control y el más económico es disponer de plantas no susceptibles a los virus. 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) Inmune: Cuando la planta no se enferma con el virus. Hay muchos mecanismos y niveles en los cuales puede actuar la resistencia.
- b) Hipersensible: En este caso la planta es tan susceptible a la enfermedad que el virus al penetrar mata las células 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 no 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 ligeras son inoculadas en las plantas protegiéndolas de este modo contra cepas más virulentas 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.

4. BIBLIOGRAFIA

1. BOS L. 1982. Ecology and control of virus-induced diseases of plants a critical synopsis. Adv. Appl. Biology 7: 105-173
2. BOS, L 1983 Introducción to plant virology FUDOC, Wageningen, Holanda, pp. 160
3. CORBETT, M.K. & H.D. SISTER 1984. Plant Virology, University of Florida Press. Gainesville, Fla. pp.525.
4. GIBBS, A & B HARRISON 1976 Plant Virology. The principles E. Arnold Ltd., London, England, pp 292.
5. MARTHEWS, R.E.F. 1981 Plant Virology 2de. ed; Academic Press Inc. New York, pp. 897
6. PLUMB, R.T. & J.M Thresh (eds). 1984 virus diseases epidemiology Blackwell Scientific Publication, Oxford, England.

CAPITULO VIII

RESISTENCIA DE LAS PLANTAS A PATOGENOS *

✓
ELKIN BUSTAMANTE**

CONTENIDO

1. COEVOLUCION HUESPED-PATOGENO.	92
2. MECANISMOS DE RESISTENCIA	94
3. HIPOTESIS DE GEN POR GEN	94
4. CONCEPTOS EPIDEMIOLOGICOS DE LA RESISTENCIA	97
5. RESISTENCIA COMO UN COMPONENTE MIP	101
6. BIBLIOGRAFIA	101

1. COEVOLUCION HUESPED-PATOGENO

En ecosistemas complejos, como es el caso de la selva tropical, se dispone de una elevada capacidad de equilibrio y los problemas fitosanitarios no se presentan o no son fácilmente detectables.

Sin embargo, tan pronto como se inicia un proceso de degradación del ecosistema natural empiezan a aparecer las alteraciones sanitarias las cuales se incrementan ante la uniformidad del ecosistema agrícola, y la ausencia de barreras de espacio, tiempo o asociación biológica.

Es en esta gradiente de lo complejo a lo simple cuando parte del mundo biótico tiene la oportunidad de establecer relaciones más amplias con las especies vegetales utilizadas por el hombre.

Esta relación permite cambios en la población o en la evolución genética de los organismos fitopatógenos en respuesta a las presiones de selección que impone el hombre.

Estas asociaciones cuando son nuevas tienen grandes probabilidades de desarrollar una relación negativa o fuera de balance lo cual se traduce, en el caso de la interacción planta-patógeno-am

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y componentes del manejo integrado de plagas, 23 de febrero a 10. de marzo de 1986, CENCAP San Andrés, El Salvador, Centroamérica.
** Fitopatólogo del Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE/ROCAP.

biente, en la presencia de epidemias vegetales.

Este es el caso del cultivo del maíz en Africa, donde diversos materiales se incrementaron durante varios siglos en ausencia del hongo de la roya del maíz (Puccinia polysora). La actividad agrícola en este cultivo fue eficiente y económica hasta 1949, cuando el hongo P. polysora llegó al Africa y se estableció en los cultivos de maíz de Sierra Leona y luego en otros países causando una epidemia de gran significado socio-económico ante la ausencia de fuentes de resistencia entre la población de plantas (Van der Plank, 1968).

La solución al problema fue la introducción al continente africano de variedades de maíz de Centroamérica y el Caribe, las cuales habían coevolucionado con el patógeno como parte de una población de plantas con diferentes niveles de resistencia.

Esta experiencia indica la necesidad de tener en cuenta los centros de origen o de diversidad genética de las plantas de importancia económica como fuentes primarias de germoplasma, de información ecológica y evolutiva para los programas de fitoprotección y fitomejoramiento.

De acuerdo con suposiciones de aceptación general en Fitopatología, Browning (1980) presenta los cinco axiomas siguientes:

Axioma 1: La mayoría de las plantas son inmunes o altamente resistentes a la mayoría de patógenos. La susceptibilidad es una rara excepción.

Axioma 2: La mayoría de los patógenos son avirulentos a la mayoría de plantas. La virulencia es una rara excepción.

Axioma 3: La inmunidad es absoluta.

Axioma 4: La resistencia y la susceptibilidad son extremos opuestos de un continuo.

Axioma 5: Resistencia oligogénica (de pocos genes)- susceptibilidad y la avirulencia-virulencia son controladas por genes complementarios en el hospedante y el patógeno.

Esos axiomas se dan con base en la coevolución de organismos, en los cuales se consideran avirulentos aquellos patógenos que en su interacción con las plantas producen un tipo de infección bajo y en el caso de los virulentos se presentan tipos de infección altos.

2. MECANISMOS DE RESISTENCIA

Los mecanismos de resistencia que se observan en las poblaciones de plantas en el campo pertenecen a tres clases:

- Barreras físicas: corresponde a las estructuras de ciertas variedades que impiden la entrada a patógenos comunes en otras. Un ejemplo de esto se da en variedades de cebada cuyas estructuras florales impiden la entrada del hongo Ustilago nuda, causante del carbón volador de este cultivo.
- Barreras químicas: se presenta en plantas que producen exudados o sustancias que las protegen de la acción de patógenos. Es el caso de las cebollas de colores diferentes al blanco, las cuales pueden producir ácido protocatéquico que cubre la superficie del bulbo protegiendo del ataque del hongo Colletotrichum circinans.
- Genes complementarios: es el mecanismo presente en la interacción del sistema hospedante-patógeno, el cual se explicará en detalle en el numeral tercero.

3. HIPOTESIS DE GEN POR GEN

Esta hipótesis fue establecida por H.H. Flor (1956), con base en sus trabajos de investigación en el cultivo de lino y la roya del lino causada por el hongo Melampsora lini.

Flor demostró que en el cultivo de lino podían presentarse por lo menos 25 genes de resistencia al hongo M. lini, sin embargo, están ubicados como alelos múltiples en cinco locus diferentes, por lo tanto el número máximo de genes de resistencia que una variedad puede poseer es de cinco. Por contraste parece que el número de genes de patogenicidad que puede tener una raza de la roya del lino no tiene límite.

La hipótesis de Flor dice textualmente lo siguiente: "Una simple explicación para el alto grado de especialización fisiológica del hongo de la roya es la hipótesis que durante su evolución paralela el hospedante y el parásito desarrollaron un sistema genético complementario. Por cada gen condicionando una reacción a la roya en el hospedante hay un gen condicionando la patogenicidad en el parásito. El tipo de infección, criterio de la reacción del hospedante y de la patogenicidad en el parásito, está condicionado por genes complementarios en las dos plantas".

La hipótesis que originalmente se estudió en el sistema Linum: Melampsora actualmente se ha expandido a otros sistemas como Solanum: Phytophthora; Triticum: Erysiphe, Malus: Venturia, Coffea: Hemileia (Flor, 1971).

Browning (1963) con fines pedagógicos estableció una analogía entre los genes de resistencia de una variedad con los candados usados para prevenir la entrada de personas indeseables, en el caso de los genes de patogenicidad del hongo pueden representarse por llaves que sirven solamente en candados específicos.

Las relaciones de candados y llaves se presentan en la Figura 1. Los candados (genes de resistencia) se presentan como dominantes, lo cual es normal en diferentes especies de plantas. Las llaves (genes de patogenicidad) se tienen como recesivos de acuerdo con la forma en que se hereda la patogenicidad en la roya del lino (M. lini).

En la línea 1 se observa la ausencia de "candados" de resistencia, por lo tanto no hay necesidad de que el hongo posea "llaves" o genes de patogenicidad para atacar y establecerse.

En las líneas 2 tenemos una planta resistente (AA o Aa) y un patógeno que no dispone de "llaves" de patogenicidad y por lo tanto su avance es limitado por el "candado" presente. En la línea 3 se observa que el patógeno dispone de la "llave" de patogenicidad (aa) que le permite específicamente abrir el "candado" A- y por lo tanto la variedad es susceptible. En la línea 6 se observa una relación similar.

En las líneas 5, 7 y 9 se puede ver que el patógeno no dispone de las "llaves" de patogenicidad necesarias para abrir todos los "candados" de resistencia que posee la planta y con un solo "candado" que quede funcionando es suficiente para darle resistencia a la planta.

En algunos casos (línea 8) el patógeno puede tener un exceso de "llaves" de patogenicidad que no necesita usar, por ejemplo las dd y ee, ante la ausencia en la planta de los candados de patogenicidad D- y E-.

Hasta el momento no se conoce ningún organismo patógeno que disponga de una "llave maestra" de patogenicidad que pueda abrir todos los candados de resistencia presentes en una especie vegetal.

FIGURA 1. USO DE "CANDADOS" DE RESISTENCIA Y "LLAVES" DE PATOGENICIDAD PARA EXPLICAR LA HIPOTESIS DE GEN POR GEN

LINEA	CANDADOS DE RESISTENCIA				"LLAVES DE PATOGENICIDAD"	EXPRESION
	A	B	C	D		
1						S
2	A					R
3	A				oo	S
4	A	B			oo	R
5	A	B			oo	R
6	A	B			oo	S
7	A	B	C		oo	R
8	A	B	C		oo, oo, oo, ee	S
9	A	B	C	D	oo, oo, ee	R
10	A	B	C	D	LLAVE MAESTRA	SIN EVIDENCIA

En la figura 2 se pueden apreciar las relaciones patógeno-hospedante-medio ambiente, que bajo condiciones favorables producen la enfermedad. Esta relación en el concepto de Loegering (1966) se debe denominar aegricorpus, el cual tiene su propia fisiología, genotipo y fenotipo. Este término a pesar de corresponder al proceso de interacción no ha podido desplazar al de enfermedad que se define más en términos del hospedante.

De acuerdo con Loegering (1966) las características de los organismos son reacción para el hospedante, patogenicidad para el patógeno y tipo de infección para la interacción denominada enfermedad o aegricorpus.

La expresión fenotípica se denomina baja cuando corresponde a la resistencia del hospedante (RR y Rr), la avirulencia del patógeno PP y Pp y las lesiones o tipos de infección pequeñas causadas por el patógeno en su hospedante (RRPP, PPPp, RrPP, RrPp).

En el caso de expresiones fenotípicas altas, éstas corresponden a susceptibilidad del hospedante (PP), virulencia del patógeno (pp) y a lesiones o tipos de infección grandes causadas por el patógeno a su hospedante (RRpp, Rrpp, rrPP, rrPp y rppp).

Debe recordarse que en los casos presentados la resistencia es dominante y la virulencia es recesiva. Las condiciones ambientales, especialmente temperatura, luz y nutrición mineral, pueden modificar la expresión de resistencia y susceptibilidad del hospedante en su relación con el patógeno.

4. CONCEPTOS EPIDEMIOLOGICOS DE LA RESISTENCIA

Epidemiología es definida como el estudio de las enfermedades en las poblaciones de plantas; por lo tanto la estrategia general de manejo se orienta a las medidas que eliminan o disminuyen el inóculo inicial o dilatan la tasa de desarrollo de la enfermedad.

Las poblaciones de plantas en la agricultura comercial está compuesta de diferentes variedades o cultivares, sin embargo, en algunos cultivos se generaliza el uso de una sola, por ejemplo: banana "Cavendish". En el caso de los patógenos su población está integrada de "razas" cada una de las cuales tiene una composición genética particular que le permite atacar unas variedades y otras no, tal como fue discutido en la hipótesis de gen por gen.

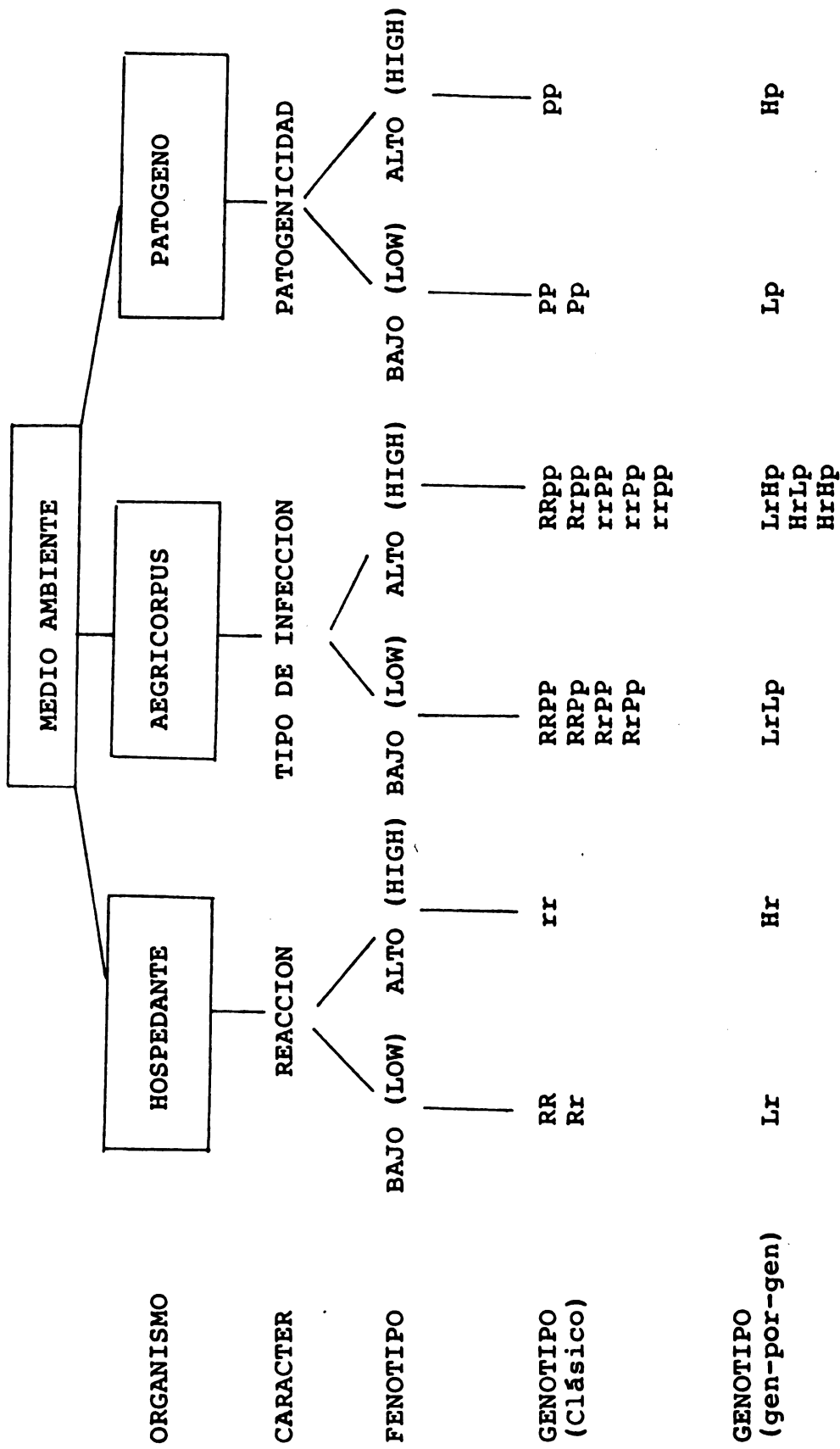


FIGURA 2. RELACIONES HOSPEDANTE-PATOGENO EN EL CASO TRIGO-ROYA DEL TALLO (Loegering, 1966)

Esta relación de poblaciones afecta los componentes epidemiológicos que definen la severidad e incidencia de la enfermedad.

Los componentes epidemiológicos principales son: inóculo inicial del hongo que llega al cultivo (I_i), tasa de desarrollo de la enfermedad (r), demora en el comienzo de la epidemia (ΔT), cantidad de enfermedad (x) e inóculo del patógeno generado en el cultivo (I_o).

Debemos recordar que para el desarrollo de una epidemia el factor tiempo es decisivo. El tiempo de acuerdo con Browning (1977) se puede considerar en diferentes formas: tiempo del año cuando el huésped y patógeno se yuxtaponen, tiempo y duración de la humedad, período de disseminación y germinación de los patógenos, períodos de presencia de vectores, etc.

El efecto de los factores epidemiológicos será restringido (R) o no (o) de acuerdo con la naturaleza de la resistencia de la variedad o cultivar utilizado (ver tabla 1).

En el caso de la resistencia discriminatoria o vertical, la variedad puede enfrentar el inóculo inicial y discriminar entre las razas del hongo. La resistencia es efectiva contra unas razas, pero una vez que se presentan las razas virulentas que atacan la variedad, ésta no dispone de mecanismos para restringir los componentes, r , Δt , x , I_o .

La detección y uso de esta resistencia es fácil, sin embargo, la duración es corta, por lo tanto puede causar muchos fracasos en fitomejoramiento y en los campos de los agricultores.

La resistencia dilatoria u horizontal afecta la epidemia al reducir la tasa de desarrollo de la población del patógeno sin tener un efecto diferencial entre razas.

Este tipo de resistencia es de difícil detección y uso, pero su duración es larga. Su detección y caracterización es cuantitativa, sin embargo no existen aún metodologías que permitan separar las reacciones de algunas variedades con resistencia discriminatoria de aquellas con resistencia dilatoria.

El tercer tipo de material genético que se puede llevar al campo es la multilineal que puede combinar las ventajas de los dos tipos de resistencia anteriores.

TABLA 1. EFECTO DE LA RESISTENCIA SOBRE LOS DIFERENTES INDICADORES EPIDEMIOLOGICOS.

RESISTENCIA	Ii	r	Δt	x	Io	DETECCION	USO	DURACION
DISCRIMINATORIA	R	O	O	O	O	FACIL	FACIL	CORTA
DILATORIA	O	R	R	R	R	DIFICIL	DIFICIL	LARGA
MULTILINEAL	R	R	R	R	R	FACIL	FACIL	LARGA
TOLERANCIA	O	O	O	O	O	FACIL	DIFICIL	LARGA

* ABREVIACIONES:

Ii : Inóculo Inicial

r : tasa de infección de la epidemia

Δt : Demora en el comienzo de la epidemia

x : Cantidad de enfermedad

Io : Inóculo del patógeno generado durante el desarrollo del cultivo.

R : Significa que efecto de los factores epidemiológicos será restringido.

O : El efecto de factores epidemiológicos no será restringido.

La multilineal reúne componentes con diferentes fuentes de resistencia que a través de la retrocruza con una variedad de buenas características agronómicas, permite disponer de uniformidad fenotípica en el cultivo y diversidad genética del patógeno.

Como se observa en la Tabla 1, esta variedad puede restringir todos los factores epidemiológicos, además su detección y uso es fácil, y su duración larga. La tolerancia de una variedad, aunque no es considerada como un tipo de resistencia se caracteriza por aparecer visualmente susceptible, pero el daño en producción es menor que el de otras variedades susceptibles.

Como se observa en la Tabla 1, no afecta a ninguno de los factores epidemiológicos.

5. RESISTENCIA COMO UN COMPONENTE MIP.

La importancia de este componente en el caso de las enfermedades se describe en el artículo, "Conceptos sobre manejo integrado de enfermedades".

Sin embargo, vale la pena resaltar que el fitomejoramiento con fines de incorporar resistencia a artrópodos y patógenos se ha orientado a un nivel de diversidad genética y orientación ecológica que permitirá en el futuro una mayor estabilidad de este componente básico en la estrategia de manejo integrado de plagas.

BIBLIOGRAFIA

- BROWNING. J.A 1963. Teaching and applying the gene-for gene hypothesis for interactions in host: parasite systems. Iowa Academy of Science. Journal Paper No. J-4341 of the Agricultural and Home Economics Experiment Station, Ames, Iowa.
- BROWNING. J.A, M.D. SIMONS and E. TORRES. 1977. Managing host genes: epidemiologic and genetic concepts. En: Horsfall, J.G., Cowling, E.D. Plant Disease: and advanced treatise. Vol.1. How disease is managed. New York:Academic Press - pp. 191-212.

- BROWNING, J.A. 1980. Genetic projective mechanisms of plant pathogen populations: Their coevolution and use in breeding for resistance. En: Harris, M.K. Biology and resistance to arthropods and pathogens of cultivated plants. Tex. Agric. Exp. Station Publ. MP-1451. pp. 52-75.
- FLOR, H.H. 1971. Currents status of the gene-for-gene concept. Ann. Rev. Phytopathol. 9: 375-295.
- _____, 1956. The complementary genic system of flax and flax rust. Adv. Genet. 8: 29-54.
- LOEGERING, W.Q. 1966. The relationship between host and pathogen in stem rust of wheat Genet. Symp. 2nd, 1963, Hereditas, Suppl 2: 167-177.
- VAN DER PLANK, J.E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press, New York.

CAPITULO IX
"MALACOLOGIA ECONOMICA CENTROAMERICANA Y SU RELACION
AL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS"

KEITH L. ANDREWS **

CONTENIDO

1.	IDEAS CENTRALES DEL MIP	103
1.1	EL AGROECOSISTEMA	103
1.2	EL CONTROL NATURAL	103
1.3	LA BIOLOGIA Y ECOLOGIA DE LOS ORGANISMOS	104
1.4	EL CULTIVO COMO ENFOQUE CENTRAL	104
1.5	EL MUESTREO Y USO DE NIVELES CRITICOS	104
1.6	EL USO DE TACTICAS MULTIPLES Y COMPATIBLES	104
1.7	LA INTEGRACION DE DISCIPLINAS	105
1.8	LOS EFECTOS SECUNDARIOS DE FITOPROTECCION	105
2.	UN PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LA BABOSA EN FRIJOL.	105
	LITERATURA CITADA	108

1. IDEAS CENTRALES DEL MIP

Las babosas veronicéllidos causan más daño económico en Centroamérica que en cualquier otra parte del mundo. Los estragos causados por la babosa del frijol, Latipes sp. (antes llamada Vaginulus plebeius y Sarasinula plebeia), han originado el desarrollo de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que ilustra concretamente varios de los conceptos de la filosofía del MIP.

Cuando se realizan las definiciones que se han propuesto para el manejo integrado de plagas, se pueden identificar ocho ideas centrales que sirven como fundamentos de la teoría del MIP (Andrews en prensa).

1.1 El Agroecosistema

El Agroecosistema consiste de componentes interrelacionados y deben considerarse como sub-unidades de un solo sistema. Es imposible tener un entendimiento de un grupo de organismos nocivos sin verlos como parte integral del agroecosistema que está íntimamente interconectado a otros elementos de este sistema. Cuando cualquier componente es perturbado, otros elementos son modificados.

1.2 El control natural

El control natural es indispensable para manejo racional y rentable

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del Manejo Integrado de Plagas" 23 de Febrero al 10. de Marzo de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centro América.

* Entomólogo, Jefe Departamento de Protección Vegetal y Proyecto MIPH El Zamorano, Honduras.

de organismos dañinos. Este resulta de los factores biológicos o físicos, siendo componente de todos los agroecosistemas. El control natural ayuda a reducir las poblaciones de plagas reales y es la clave en la prevención de brotes de plagas potenciales. Todos los procedimientos de control usados deben secundar este control natural si se interfiere con él, las consecuencias pueden ser desastrosas.

1.3 La biología y ecología de los organismos.

Un entendimiento profundo de la biología y ecología de los organismos presentes en el agroecosistema resulta en la habilidad de manipular y dirigirlo. En el control o combate convencional, simplemente se reacciona suprimiendo la plaga cuando alcanza números altos. La comprensión de las estrategias de supervivencia de los organismos que amenazan nuestro bienestar, involucra el conocimiento de la plaga y sus interacciones con el ambiente hace más fácil diseñar y aplicar los procedimientos de manejo que explotan cualquier eslabón débil que exista en las defensas de la plaga.

1.4 El cultivo como enfoque central.

El cultivo debe ser el enfoque central del fitoproteccionista. Los organismos dañinos no tienen importancia económica, excepto en el sentido que ellos afectan la productividad de un cultivo. Un entendimiento de la relación dinámica entre la planta hospedera y la plaga provee a los practicantes del MIP la lógica para hacer decisiones inteligentes sobre el control de la plaga. Cuando se trata de policultivos, es importante entender la relación de la plaga con el sistema de cultivos, no solamente con el cultivo dañado.

1.5 El muestreo y uso de niveles críticos.

El muestreo de cultivos y plagas y el uso de niveles críticos permite decisiones inteligentes y racionales.

El muestreo periódico de los campos usando la metodología apropiada revela información con respecto a las especies de plagas presentes, su densidad poblacional, las condiciones del cultivo, las variables ambientales y el nivel de la actividad de enemigos naturales. Un fitoproteccionista al comparar los resultados de las muestras con niveles críticos derivados experimentalmente, puede decidir con un alto grado de certeza si se requiere alguna acción reguladora, considerando el daño potencial que la densidad poblacional de la plaga puede causar al cultivo en ese momento y los costos del control.

1.6 El uso de tácticas múltiples y compatibles.

Frecuentemente, una combinación integrada de varios procedimientos provee un control mejor, más rentable, menos perjudicial y más completo de un complejo de plagas, que aplicar un solo procedimiento

de combate en forma aislada

1.7 La integración de Disciplina.

Por tradición, las disciplinas de entomología, fitopatología, control de malezas, malacología, acarología, agronomía, mejoramiento genético y otras, han estado aisladas unas de otras. En cada rama, tanto los científicos como los que dan asistencia técnica, se comportan como si lo que ellos hacen no afecta ni es afectado por las otras disciplinas. Actualmente se reconoce que las actividades de especialistas de otras disciplina deben ser coordinadas con aquellas de especialista en otras áreas. Cuando las barreras tradicionales entre las disciplinas interfieren en la aplicación del enfoque agroecológico es necesario hacer esfuerzos por acabar con ellas. Un enfoque de sistemas es recomendado como una forma de asegurar la integración de disciplinas y fomentar la productividad.

1.8 Los efectos secundarios de fitoprotección.

Los efectos secundarios de procedimientos inapropiados de control de plagas pueden ser altamente negativos para ciertos sectores de la sociedad o del ambiente. El bienestar humano inmediato y a largo plazo se debe al desarrollo de técnicas del manejo de plagas que sean compatibles con las restricciones sociales y ambientales predominantes. La práctica del MIP tiene que variar de acuerdo al contexto social, económico, político y ambiental. Se debe intentar optimizar todas las metas de fitoprotección tanto micro como macroeconómicas, particulares y sociales, socioeconómicas y ambientales.

2. UN PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LA BABOSA DEL FRIJOL

El programa desarrollado por el Proyecto Manejo Integrado de Plagas en Honduras (MIPH) de la Escuela Agrícola Panamericana, para el manejo de la babosa del frijol en la siembra de postrera, aunque preliminar y sujeto a modificaciones futuras, es un buen ejemplo de la aplicación en el mundo real de varios de los conceptos antes enunciados. A continuación se resume el programa actual. El lector que quiera mayor información puede consultar las memorias de las Reuniones Regionales sobre la babosa del frijo (Andrews, et al 1984 en prensa).

El programa está basado en los trabajos de muchas personas incluyendo al Ingeniero José Enrique Mancía, Licenciada Arely de Mira, Doctor Joseph Saunders, Ingeniero Daniel Coto, Doctor Pedro Morera, los miembros del equipo del Proyecto MIPH y muchos más.

Los resultados de estudios bioecológicos sirven como el fundamen-

to del programa. La babosa es una especie introducida, que al establecerse en Centroamérica carece de los enemigos que la mantienen a bajas densidades poblacionales en su centro de origen que puede ser las Islas del Caribe o Sur América. No hay enemigos naturales importantes en Centroamérica. La babosa se refugia en el suelo durante la época seca y solamente una pequeña proporción sobrevive hasta el inicio de la estación lluviosa. La mayoría de las sobrevivientes son adultas que se alimentan de malezas de hoja durante la siembra de primera. Se reproducen por medio de huevos - después de unos dos meses de lluvia. Las babosas de la generación F_1 alcanzan un tamaño peligroso justo a tiempo para atacar la siembra de postrera. Es decir, el problema de la babosa se va desarrollando durante todo el año, no aparece en forma impredecible al momento de la siembra del frijol.

Un enfoque a nivel del agroecosistema y un entendimiento de los procesos bioecológicos, exige ciertas conclusiones:

1. A largo plazo la única manera de resolver el problema de la babosa en forma permanente es por medio del control biológico clásico que exigirá búsquedas cuidadosas y costosas en los lugares de origen de la especie. La identificación completa de la(s) especie(s) involucrada(s) todavía es dudosa, pero es esencial para progresar en estas investigaciones.
2. Mientras que no haya enemigos naturales eficaces en Centroamérica, tenemos que buscar métodos de manejo que reduzcan la tasa de crecimiento y/o la sobrevivencia de las poblaciones de babosa durante todo el año y no depender de métodos supresivos aplicados al momento de la siembra del frijol en postrera.
3. Si la babosa aumenta su densidad poblacional durante primera, - alimentándose y refugiándose en las malezas de hoja ancha que crecen en la milpa, es importante enfocar nuestros esfuerzos de manejo de la babosa en esta época y cultivo. El lema usado por el programa de extensión del Proyecto MIPH "una babosa muerta - en primera significa cincuenta menos en postrera, (Andrews y Barletta) 1985, explica concisamente este concepto a los agricultores.

El proyecto MIPH sugiere cuatro métodos de combate o manejo durante la primera, siendo:

1. El control químico de malezas para eliminar fuentes alimenticias y cortar el ciclo de la babosa. Parece ser que esta técnica -- también impacta negativamente sobre la babosa, eliminando los refugios y escondites. Ensayo tras ensayo han comprobado que este método de manejo interdisciplinario resulta en menos babosas que cualquier otro método. También el control de malezas ayuda a reducir el ataque de Mocis latipes en el maíz y aumenta

su rendimiento, reduciendo la competencia entre malezas y el cultivo.

2. La matanza nocturna consiste en salir por la noche con una fuente de iluminación y matar babosas con un machete. Este método es relativamente eficaz cuando las parcelas son pequeñas y la cantidad de babosas no es grande. Aunque es incómodo, el impacto psicológico de matar grandes cantidades de babosas, anima al agricultor.
3. Basura trampa y matanza diurna aprovecha la tendencia de la babosa a refugiarse debajo de montones de residuos de malezas cortadas en la primera y segunda deshierba. Es barato, seguro, cómodo y eficaz, cuando se aplica bien y se mata con la periodicidad necesaria. Sin embargo, es un arma de doble filo en el sentido que cuando es aplicado incorrectamente, puede hacer mayor daño al frijol, ya que la babosa es protegida más en condiciones normales.
4. Cebos envenenados aplicados durante la primera, los cebos son eficaces, ya que no hay competencia con el frijol y se pueden hacer múltiples aplicaciones a dosis bajas.

En lugares donde las poblaciones iniciales de babosas son altas, será necesario combinar métodos. Solamente los métodos 1 y 3 son incompatibles.

Antes y después de la aplicación de cualquier táctica, se debe hacer "plagueo", midiendo la densidad poblacional de la babosa en una de tres maneras. Una babosa/cultivo trampa/noche justifica una aplicación de cebo. Una babosa/postura de cebo o una babosa expuesta/m² en la noche, también sirve como niveles críticos.

Durante la época de siembra, el agricultor tiene 3 alternativas para suprimir la población de babosa que queda. Las primeras dos alternativas son: el uso de cebos envenenados y la matanza nocturna. Además, una quema rápida de los residuos del despunte y deshoje mata cierta cantidad de babosas y aparentemente "espanta" o desactiva las otras durante 15 a 20 días.

Un ejemplo excelente del enfoque global que debe tener la fitoprotección integracionista en su contexto socioeconómico y ecológico es el papel de la babosa como un problema de la salud pública. La babosa es hospedante del nemátodo Angiostrongylus costaricensis que ataca a cientos de humanos anualmente en nuestra región. La infección por este parásito que puede ser fatal, especialmente en niños, no se puede curar con medicamentos. Es necesario prevenir la infección reduciendo el inóculo en el ambiente. La mejor manera de lograr esto es reduciendo las poblaciones de babosas y de ratas, las

cuales son hospedantes en el ciclo natural del parásito. Entonces, para evitar la infección de humanos por el nemátodo, debemos reducir las poblaciones de la babosa del frijol que se alimenta preferentemente de malezas de hoja de ancha en maíz. La solución final del problema agrícola y médico, reside en una búsqueda de enemigos naturales de la babosa en otras partes del mundo, a fin de introducirlo a Centroamérica.

Las complejas situaciones y serie de interacciones ecológicas, agrónomicas y médicas, presentadas aquí, representan la clase de reto que enfrenta al "mipólogo moderno" y hace la disciplina de MIP tan fascinante y relevante.

LITERATURA CITADA

1. ANDREWS, K.L. en prensa. Introducción a los conceptos del manejo integrado de plagas, Capítulo 1 en K.L. Andrews y J.R. Quezada (eds) Manejo integrado de plagas agrícolas: Estado actual y potencial.
2. ANDREWS, K.L. y H. BARLETTA. 1985. Los secretos de la babosa parte 1. Boletín de extensión. Publicación MIPH-EAP - No. 43 Zamorano, Honduras 12 p.
3. ANDREWS, K.L., H. BARLETTA y G. PILZ. 1985. Memoria del Primer seminario regional de fitoprotección abril 1984. CEIBA vol. 26, No. 1. Públicación MIPH-EAP No. 23. El Zamorano, Honduras. 212 p.
4. ANDREWS, K.L., H. BARLETTA y G. PILZ (en prensa). Memoria del II Seminario Centroamericano sobre la babosa del frijol. Abril 1985. CEIBA. Publicación MIPH-EAP No.138. El Zamorano, Honduras.

CAPITULO X

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

RAMIRO DE LA CRUZ**

CONTENIDO

1.	Introducción	109
2.	Necesidades de Investigación :	110
2.1	Estudios biológicos	110
2.2	Estudios socioeconómicos	113
2.3	Estudios de Control químico	114
2.4	Estudios de Control no químico	115
2.5	Estudio de actividades de integración	119
3.	La educación en manejo integrado de malezas	120
4.	Bibliografía	120

1. INTRODUCCION

En la gran mayoría de las áreas tropicales, el grado de conocimiento científico sobre las malezas es insuficiente e inadecuado para poder trazar programas técnicos en manejo integrado de malezas. - Más aún, desde el punto de vista ecológico, nuestro conocimiento y enfoque del estudio de las malezas está muy incipiente. Solamente aceptando conscientemente esta situación, nuestra participación como investigadores en sistemas de manejo integrado de malezas podría alcanzar un piso científico más sólido.

La puesta en marcha de programas en MIP se apoya en una serie de - circunstancias que incluyen cambios en el manejo de los componentes biológicos y económicos de la producción de cultivos.

La excesiva simplicación que se ha aplicado al tratamiento de las malezas en un agrosistema, ha limitado nuestro conocimiento en este campo y nos ha impedido conocer sistemas de manejo más sólidos.

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo "Filosofía y Componentes del Manejo Integrado de Plagas", el 23 de Febrero al 1ro. de Marzo de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador.

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

Existe la tendencia de analizar en las malezas únicamente su acción directa de competencia sobre los cultivos y la manera de eliminarlas para aliviar esta competencia. En este sentido (para eliminarlas), los herbicidas han sido históricamente una solución relativamente eficiente, pero biológicamente simplista. Ha habido, dentro de la disciplina, un desestímulo o desinterés por conocer mejor las malezas y la forma de manejarlas.

2. NECESIDADES DE INVESTIGACION

En muchas oportunidades se ha discutido la necesidad de reorientar las actividades de investigación en el área de las malezas. El predominio de los trabajos sobre control y la dependencia de los productos químicos como actividad prioritaria en las investigaciones en malezas debe reevaluarse.

A nivel del trópico y teniendo en cuenta la gran diversidad de variaciones en los sistemas de producción de cultivos, los aspectos relacionados con la fitoprotección, necesitan niveles de investigación diferentes a los tradicionalmente seguidos.

En una reciente encuesta realizada por The Intersociety Consortium for Plant Protection a 176 Jefes de Departamentos de Protección de Cultivos en varias universidades de los Estados Unidos, sobre necesidades de investigación en el área de malezas, se indicaron veinticinco temas que con muy pocos cambios se ajustan a las necesidades de los países tropicales. Si agrupamos estas prioridades en grandes temas consultando a su vez nuestras necesidades, tendríamos los siguientes temas para investigación:

1. Biológicos
2. Socio-económicos
3. Control químico
4. Control no químico
5. Actividades de integración

2.1 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 ésto el conocimiento de las características biológicas más sobresalientes de la reproducción de las malezas debe

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 regulan su época de germinación la cual se extiende gradualmente. De esta manera las medidas de control que se aplican en forma programada sólo alcanzan 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 período de latencia de una semilla. Además, la longevidad permite que una semilla de una maleza puede permanecer viable en el suelo por muchos años, en espera de condiciones propicias para germinar y estas condiciones propicias son 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 semilla que en un momento dado 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 sistema de manejo. Si en un campo existe una especie de maleza cuyo período vegetativo se adapta al ciclo del cultivo con el cual crece, 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 del 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 agroecosistema 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 entre las maleza y otras 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 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 de 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 los aspectos 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 amplía 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 maleza. Sin embargo, los mas eficientes agentes de cambio de vegetación de todos los métodos de control, son los que se basan en el uso de herbicidas. La especificidad de ellos y su efectividad para determinado grupo de plantas, hace que en pocos semestres la población de malezas de un campo cambie totalmente. Se puede apreciar cómo los herbicidas gramínicidas utilizados en el cultivo de hoja ancha en poco tiempo hacen que las especies dominantes sean dicotiledóneas.

El hecho de que algunas plantas 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 conocer 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 de clasificación. Debemos, sin embargo, adentrarnos más en la sistemática para no sólo nombrar 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 ellas por unidad de superficie, su frecuencia, el índice de importancia, lo mismo que las variaciones en el tiempo, 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.

2.2 Estudios socioeconómicos

En casi todos los escritos sobre importancia de las malezas se encuentran datos que muestran cuanto afectan las malezas los rendimientos del cultivo. En nuestro caso, mucha de esta información se ha obtenido en experimentos donde se comparan los rendimientos de parcelas totalmente invadidas por las malezas con 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 han 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 del control, la población controlada y los rendimientos de 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 cultivo se ve la necesidad de integrar diferentes alternativas de control buscando en ellos sus mejores contribuciones al agrosistema, para analizarlo 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 sí es evidente después de varias cosechas. No debe perderse de vista lo que las malezas significan para el agricultor. Algunas especies son utilizadas como alimento por el agricultor y en muchas circunstancias la población que quede después de la cosecha es utilizada como alimento para el ganado.

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

2.3 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 en el 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 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, aquí 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 éstos 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 sólo desde el punto de vista de compatibilidad física o química, sino biológico. Debemos conocer cómo el control de la vegetación puede influir en las prácticas de manejo de otras plagas. 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, el uso del control químico puede causar el desplazamiento de la mano de obra que depende de las labores del control manual de malezas para su sustento. 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.

2.4 Estudios de control no químico

Para un buen número de pequeños agricultores en áreas tropicales, la única opción de control de malezas es la manual que incluye azadas y 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 expu

esto al impacto de las lluvias es perjudicial para la estabilidad física del suelo. Principalmente cuando no se tienen barreras de algún tipo de vegetación o residuos de cosecha que a ciertos intervalos, a través de la pendiente, frenen la velocidad del agua de escorrentía y retengan el suelo. Se recomienda entonces tener algunas cortinas, preferiblemente de algunos zacates perennes o el amontonamiento de los residuos de cosecha formando barrera. Cuando las labores de preparación incluyen la remoción del suelo mediante azada o arado de tracción animal, la presencia de estas barreras es indispensable.

Para la siembra del cultivo deben seguirse las recomendaciones de los programas de conservación de los suelos, sembrando perpendicular al sentido de la pendiente. En varias investigaciones realizadas sobre el efecto de las labores de preparación del suelo la erosión se ha encontrado que la labranza reducida y la ausencia de 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 como café, frutales, plátano, etc., o limpiar el surco en el caso de cultivos anuales y 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 del 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 las malezas ya han ejercido su efecto de competencia al cultivo. Además, las posibilidades de bio-control en los sistemas agrícolas modernos están limitados por una serie de factores entre los que se anota el empleo de plaguicidas. De ahí que sea interesante observar el comportamiento del control biológico bajo un sistema de manejo integrado. Otro campo importante de investigación es el 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 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 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 hábitat son factibles de realizar como parte de las prácticas agronómicas corrientes.

Como ejemplo de actividades para influir directamente en el hábitat están los drenajes para limitar el desarrollo de algunas malezas de la familia Ciperaceae lo mismo que modificaciones 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 fangueo, por ejemplo, reduce notoriamente las poblaciones de Cyperus rotundus (coyolillo, pimientilla, coquito). Igualmente, los cultivadores de arroz de riego en Guanacaste, el área arrocera 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 Rottoboellia cochinchinensis (caminadora), que son dos especies altamente limitantes en cultivos de arroz en esta zona.

Otras formas de manipulación del hábitat 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 maleza 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.

2.5 Estudio de actividades de integración

Las investigaciones en manejo integrado de plagas generalmente se han concentrado alrededor de opción de manejo de una plaga en particular, preferencialmente insectos y enfermedades. Hay po

cos estudios que integren varios componentes y definan las relaciones entre ellos y el cultivo. Nos interesa el efecto que la presencia o eliminación de una o varias especies de malezas puede tener sobre la población de otros elementos biológicos dañinos o benéficos. En qué tiempo durante el desarrollo del cultivo esa relación pueda ser más crítica. Los efectos múltiples de las plagas han sido poco estudiados o sólo 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 evaluar 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 algodón, Heliothis virescens, sería de acuerdo con lo conocido, indeseable. Se considera que el Desmodium estaría incrementando el potencial del daño del Heliothis al cultivo del 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 protegida 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 es muy posible que este hecho haya sido reconocido empíricamente por los agricultores. A su vez, la capacidad competitiva del Desmodium al cultivo de maíz parece ser muy baja.

Finalmente, un campo que debe tenerse muy presente en las actividades de manejo integrado de plagas, es el referente a la capacitación y extensión. Sin la armonización de estos elementos es imposible lograr éxitos en un programa de esta naturaleza. Debido al cambio que esta actividad puede traer 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.

3. 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 ese país 13 instituciones 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 postgrado en el área de manejo integrado de plagas, enfocado principalmente al manejo de insectos.

Actualmente el CATIE ha estructurado 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 o integrado.

En forma general y con la idea de dar una información sobre los programas de capacitación en educación superior para 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 toman en cuenta el factor económico, los aspectos ecológicos y las implicaciones sociológica.

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

1. 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.
2. Investigación en componentes del control. El desarrollo de

técnicas específicas de control y tecnología relacionados: investigación en cultivares resistentes, razas de ganado y métodos biológicos, culturales y químicos de control.

3. Nivel I de investigación en sistemas MIP. Consiste en investigación para la integración de dos o más técnicos de control para el manejo de una o varias especies de la misma clase, tales como malezas (Bledo, Kikuyo, artemisa). Un caso como éstos se referirá como manejo integrado de malezas, o manejo integrado de insectos; manejo integrado de nemátodos, etc.
4. 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 MIP.
5. 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.
6. 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.
7. Educación superior en MIP. Desarrollo y soporte de la educación MIP a nivel universitario.
8. 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 es 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. Se estima que esta cifra es menos de 0.5% de las pérdidas estimadas.

4. BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, G.E. and BATH, J.E. The conceptual and institutional aspects of ingrated pest management. Bioscience 38: 650-663.
- AKOBUNDO, I.O. 1983. Weed management in relation to herbicide use and selectivity in grain legumes. In: Proceedines of the International Workshop in Integrated Pest Control for Grain Legumes. 3-9 April 1983; Goiania, Gojás Brazil.

- BALDWIN, F.L. and SANTELMAN, P.W. 1980 Weed Science in integrated Pest management. Bioscience 30:675-678.
- FERNANDEZ, O. 1982. Manejo integrado de malezas. Planta Daninha U (2): 69-79
- DUKE, S.C. Ed. 1985. Herbicide Physiology. Zuols, CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida.
- INTEGRATE PEST MANAGEMENT. 1982. Counsil for agricultural Science and Tecnology. Report No.93. March 1982. pp 17-24
- PARK, S.J. 1979. The identification and utilization of weed biology information. Weed Science 24:232-287.
- PENNER, K. 1982. Integrated approach to teaching integrated pest management. Weed sciencie supplement to volumen 80. 46-47 pp.
- SCHEREIBER, M.M. 1982. Modeling the biology of weeds for integrated weed management. Weed Sciencie supplement to volumen 30. 13-15 pp.
- WALTER, N. (Editor). 1982. Plits. Weed Management in the Philippi nes: Report of Seminars. 1983/1: 134 pp.
- ZANDSTRA, B.H. and BOTOOK, P.S. 1978. Beneficial effects of weeds in pest manegement: a review. Pans 24:333-335.

CAPITULO XI

FACTORES SOCIOECONOMICOS EN EL CONTROL DE PLAGAS

JAMES FRENCH**

CONTENIDO

1. Introducción	122
2. El Proceso de Tomar Decisiones	123
3. Programas Públicos del MIP	124
4. Programas MIP para el Agricultor	125
5. La Decisión del Agricultor sobre el Combate de la Plaga	126
6. Rol de las Ciencias Sociales en los programas MIP.	127
6.1 Etapa de Planificación	128
6.2 Etapa de Desarrollo del Programa de Investigación	129
6.3 Etapa de Experimentación y Validación	129
6.4 Etapa de Extensión y Transferencia	130
Referencias	131

1. INTRODUCCION

Las plagas han causado problemas para los agricultores desde el principio de la agricultura. Con los años, el hombre ha estado buscando métodos de control de plagas más efectivos.

A mediados del siglo veinte se descubrieron el control químico que parecía ser la panacea para el problema de plagas. Los agricultores adoptaron los plaguicidas con mucho entusiasmo porque eran muy efectivos en el combate contra las plagas.

Los usaron en forma profiláctica antes de la infestación de la plaga o como aplicaciones calendarizadas, estando presente la plaga o no. El resultado de estas prácticas han sido el abuso de los plaguicidas .

Al principio de la década de los setenta, los científicos y otros empezaron a darse cuenta que el abuso de los plaguicidas creaba un costo para la sociedad. Su abuso daña el ambiente, la salud -

* Trabajo presentado en el Curso Intensivo Filosofía y componentes del manejo integrado de plagas, 23 de Febrero a 1ro. de Marzo de 1986, CENCAP, San Andrés, El Salvador, Centroamérica.
** Economista Agrícola, Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

de los seres humanos y crea especies de plagas resistentes elevando el costo de control a los agricultores. Estos factores empujaban a los científicos a buscar métodos de control que redujeran el uso de plaguicidas y a la vez el costo a la sociedad. El resultado fue el desarrollo de la filosofía del manejo integrado de plagas (MIP).

El objetivo principal de los programas de MIP es desarrollar sistemas integrados de manejo de las plagas económicamente importantes. El programa MIP puede ser diseñado a nivel de una área geográfica (nacional, regional, local) o para fincas y agricultores individuales. Sin embargo para asegurar que el programa tenga éxito, además de ser terminantemente efectivo es necesario que sea política y socialmente aceptable y económicamente factible.

Para convencerlo de esto es necesario que comprenda el proceso de la toma de decisiones de los responsables para la adopción de programas MIP. Como se verá este proceso está limitado por varios factores socioeconómicos que influyen las decisiones. Una vez que se ha mostrado la importancia de los factores socioeconómicos en programas de MIP se discutirá luego cómo se puede incorporarlos al desarrollo del programa.

2. EL PROCESO DE TOMAR DECISIONES

Hay básicamente dos tipos de programas MIP, las diseñadas a nivel finca y las diseñadas a un nivel mayor que incluya varias fincas, dando beneficios a todos. En el primer caso, el agricultor mismo toma las decisiones sobre el manejo de su finca en general y el combate de plagas en específico. En el último caso, alguna entidad mayor como las instituciones del gobierno, u otras decide sobre la adopción del programa MIP. Un ejemplo de esta sería un programa del control biológico diseñada para combatir una plaga que está afectando la agricultura de una área geográfica dada.

El proceso de la toma de decisiones es diferente en los dos casos desde que la persona(s) que toma(n) las decisiones son diferentes. Sin embargo, los dos estarán influenciados por factores socioeconómicos, aunque de diferente índole.

3. PROGRAMAS PUBLICOS DEL MIP

Los programas de MIP diseñados para beneficiar a varios agricultores a la vez son considerados bienes públicos. El costo de su aplicación

cación sería demasiado alto para un agricultor en relación al beneficio que recibiría. Pero el beneficio que recibiría la sociedad puede ser suficiente para justificar su costo. En estos casos, las instituciones públicas se responsabilizarán del programa para el bien del público.

Para poner en marcha un programa de este tipo es necesario convencer a las instituciones públicas, y las que toman decisiones adentro de ellos, de sus beneficios.

Tiene que determinar cuáles son los beneficios, y quiénes los recibirían. A la vez es necesario mostrar que los beneficios serán mayores a los costos. Esto es necesario porque las instituciones públicas, igual que las individuales, tienen limitaciones de recursos económicos.

Para maximizar el beneficio a la sociedad, ellos deben invertir sus recursos limitados en los programas que le brinde un retorno máximo.

Cuestiones económicas no son los únicos factores que influyen a los que toman decisiones dentro de las instituciones públicas, sin embargo.

Desde que son instituciones públicas, hay que responder al público en general y específicamente a las personas e instituciones que actúen para influir al proceso político. Grupos de presión como las casas comerciales, las instituciones agrícolas, sindicatos de trabajadores, interactúan con políticas y las instituciones del gobierno no en busca de sus propios intereses personales.

Por esta razón, es necesario convencer a grupos influyentes sobre la importancia y beneficio del programa, con la finalidad de conseguir el apoyo ante las instituciones públicas.

4. PROGRAMAS MIP PARA EL AGRICULTOR

En el desarrollo de los programas MIP para los agricultores es necesario tomar en cuenta los factores que afectan directamente o indirectamente sus discusiones sobre la familia y la finca en general y específicamente sobre el combate de plagas. La figura 1 presenta la finca del agricultor como un sub-sistema adentro el sistema más global del área geográfica local y éste dentro el sistema nacional. Hay factores socioeconómicos a todos los niveles que afectan sus decisiones con respecto a la familia y la finca.

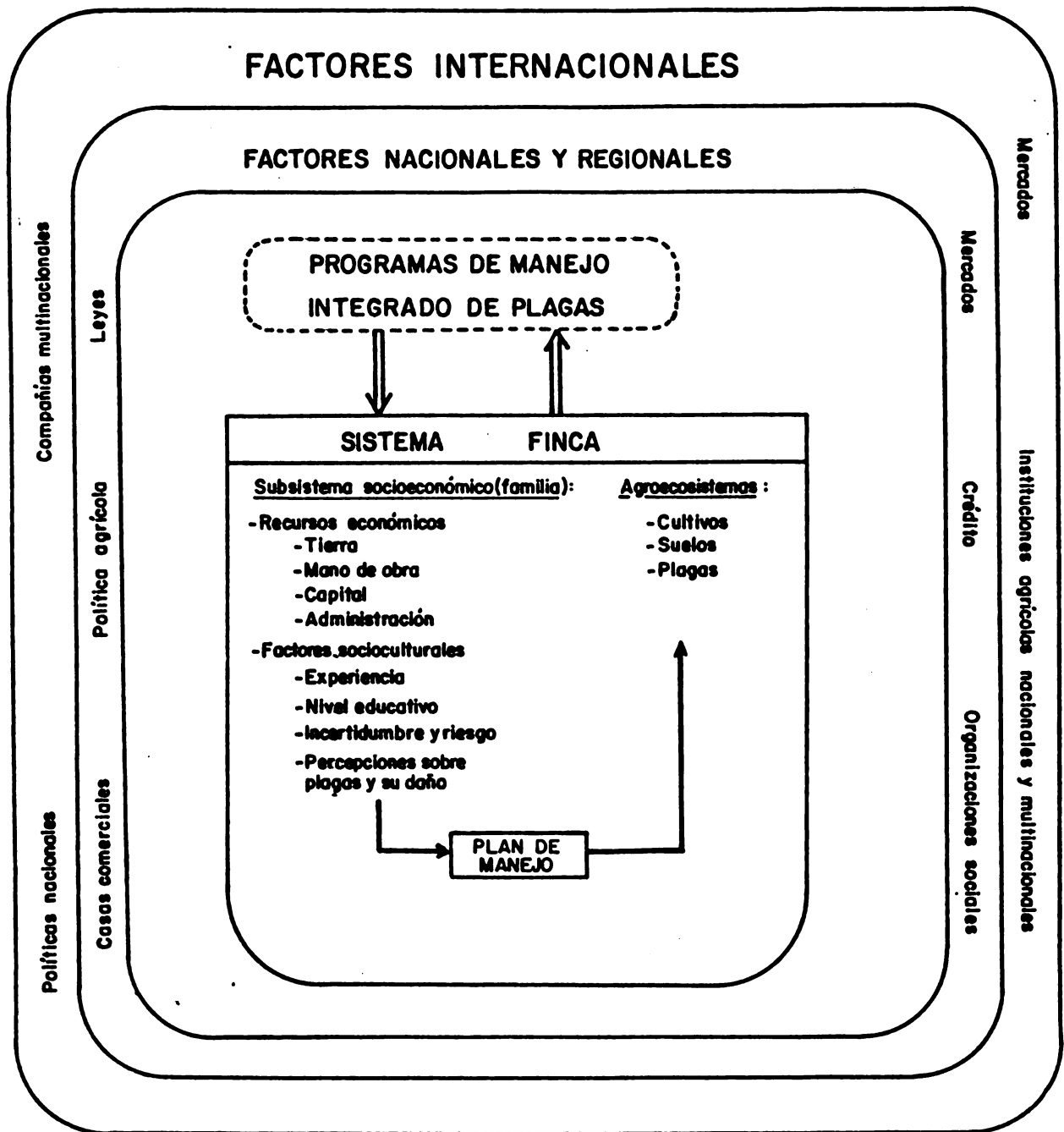


FIGURA 1. Programas de manejo integrado de plagas dentro del ambiente socioeconómico

A nivel nacional y local la política de las instituciones agrícolas, tal como las de tipo público, casas comerciales, de mercadeo, grupos de presión crediticios y otras instituciones no agrícolas (salud, educación, servicios públicos, etc.) se crea un ambiente socioeconómico dentro del cual el agricultor tiene que determinar las actividades de la finca y la familia. Además de estos factores el agricultor está limitado por las características socioeconómicas de su propia familia. Estos factores limitan las alternativas disponibles al agricultor con respecto a la familia.

En adición a los factores mencionados arriba, hay dos factores personales que condicionan las decisiones sobre la finca. El agricultor tiene objetivos y necesidades específicos con respecto al bienestar de su familia y percepciones subjetivas con respecto al potencial de las actividades agrícolas disponibles. Sus objetivos pueden ser de asegurar las necesidades alimenticias de su familia o de asegurar bastante ganancia como para pagar sus deudas. El agricultor puede querer maximizar sus ganancias o estabilizarlas.

Las percepciones subjetivas del agricultor son de suma importancia en sus decisiones sobre la finca. El agricultor tendrá percepciones subjetivas sobre los resultados esperados y la variabilidad de los precios, rendimientos, problemas de agua, problemas de plagas, costos, etc., con respecto a las alternativas disponibles a él. Son las percepciones subjetivas de estos factores que el agricultor utilizará en su toma de decisiones, no los datos reales.

5. LA DECISION DEL AGRICULTOR SOBRE EL COMBATE DE PLAGAS

Son cuatro factores básicos que afectan al agricultor en la toma de decisiones sobre la finca y en este caso sobre el combate de plagas. Ellos son los factores socioeconómicos, los recursos económicos del agricultor, sus objetivos y necesidades y sus percepciones subjetivas. Los factores socioeconómicos determinan cuáles opciones serán disponibles o aceptables al agricultor. Los recursos económicos del agricultor limitan el nivel de inversión en las actividades agrícolas y su producción potencial. El agricultor siempre tratará de asignar sus recursos limitados a las actividades que maximicen sus objetivos.

Los objetivos y necesidades del agricultor y su familia guiarán sus decisiones sobre la distribución de sus recursos económicos en la producción agrícola. El agricultor tratará usar sus recursos en tal manera que maximicen sus objetivos, sea maximización de ingreso neto, nutrición familiar o alguna combinación de las dos.

Finalmente, las percepciones subjetivas del agricultor sobre las plagas y las pérdidas que ocasionan influirán en su selección de las alternativas de control y sus contribuciones a los objetivos y necesidades.

En el proceso de la toma de decisiones con respecto a una plaga, las percepciones subjetivas del agricultor determinará si la plaga tiene importancia económica o si vale su tiempo.

Si él considera que la plaga no causa daño o no causa suficiente daño para hacer su control económicamente factible, no se va a preocupar de esa plaga. Es muy importante considerar este factor cuando se desarrollan programas MIP. Si el agricultor no considera una plaga importante o dado sus recursos limitados no ofrece el mayor retorno, no va a adoptar el programa, ni le importará la que le da el científico. Si el científico está seguro que cierta plaga es importante y el agricultor no la reconoce como tal, el programa MIP tendrá que incluir una campaña de información sobre este hecho.

En el proceso de decisión sobre el combate de las plagas el agricultor primero valorará la factibilidad de las alternativas potenciales. Esta evaluación está influenciada por los factores socioeconómicos y las percepciones subjetivas del agricultor. Una vez las opciones con las mejores opiniones han sido identificadas se comparan entre ellas. Se escoge la mejor según su criterio y la aplica al problema de plaga. El resultado de esa acción realimentará el proceso de decisiones la próxima vez por medio de sus percepciones subjetivas.

Las implicaciones del proceso de la toma de decisiones para el desarrollo de programas MIP están resumidas en la tabla 1.

TABLA 1. FACTORES SOCIOECONOMICOS Y SUS IMPLICACIONES PARA LOS PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.

FACTOR SOCIOECONOMICO	IMPLICACION
i. Conocimiento de percepciones	Identificar y definir problemas reales.
ii. Conocimientos de los recursos disponibles al agricultor e instituciones.	Identificar la investigación que lleva a desarrollar tecnología apropiada.
iii. Criterio económico	Asegurar que el producto final es preferible al actual.
iv. Demostración de ventajas económicas relativas.	Influir decisión de adopción.
v. Necesidades y objetivos del agricultor: basado en factores económicos, psicológicos y sociológicos.	Determinación de la aplicabilidad de la tecnología.

FUENTE: Reichelderfer and Bottrel, 1985.

Se debe tomar en cuenta cada uno de estos factores y sus implicaciones en cualquier programa MIP que se pretende desarrollar para los agricultores. Si no lo hace, puede ser que el programa sea técnicamente efectivo pero fracasará porque el agricultor no lo adopta. Hay muchos de estos tipos de fracasos en el área de manejo integrado de plagas que pudieran haber sido prevenidos con la inclusión e integración de científicos sociales a los equipos interdisciplinarios desarrollando el programa de MIP.

6. ROL DE LAS CIENCIAS SOCIALES EN LOS PROGRAMAS MIP*

Se puede determinar cuatro etapas en el desarrollo de un programa - MIP: la planificación*, el desarrollo de alternativas MIP*, experimentación y validación y la extensión y transferencia de la tecnología. Cada etapa tiene su objetivo y contribución por la ciencia social a ese objetivo.

6.1 Etapa de Planificación

El objetivo principal de la etapa de planificación es determinar el enfoque de la investigación basado en las plagas económicamente más importantes para los agricultores escogidos como clientes. Las contribuciones socioeconómicas son identificar las características de las fincas y características socioeconómicas de los clientes y sus necesidades y objetivos. También se debe identificar y clasificar las políticas y acciones de las instituciones que afectan el potencial de alternativas de control de plagas. Además de estos factores se debe incluir información económica en la estimación de pérdidas asociadas con las plagas. Esta información se usa en la determinación de las plagas con importancia económica real.

La contribución socioeconómica proviene del análisis de la información del área y sus agricultores. La información viene de dos fuentes; secundarias o estudios ya existentes e información primaria que proviene directamente de las entidades bajo estudio. Se debe utilizar información ya existente siempre y cuando sea posible, ya que eso es más barato y requiere menos tiempo recolectarla. Después se puede recurrir a la recolección de información primaria.

Hay dos métodos de obtener información primaria: uso de encuestas informales y encuestas formales. Las encuestas informales son menos costosas y permite conocer más a fondo las entidades encuesta

* Esta sección está basada en la publicación de Reichelderfer y Bottrell, 1985.

das (sea instituciones o agricultores). Sin embargo no se puede hacer inferencias estadísticas sobre la población. En cambio, - las encuestas formales son diseñadas para recolectar información específica y debe ser basada en muestras estadísticas que sean - representativas. Sin embargo, son costosas si no tiene cuidado en recolectar información útil.

6.2 Etapa de Desarrollo del Programa de Investigación.

Una vez han determinado las plagas económicamente más importantes y los cultivos y clientes del programa, se debe desarrollar soluciones potenciales a los problemas. Durante esta fase se necesita determinar cuáles de las tecnologías propuestas tienen las mayores posibilidades de adopción y el mayor potencial dentro del - programa MIP que se está desarrollando.

Para hacer ésto es necesario determinar, describir y cuantificar las prácticas actuales para el combate de las plagas bajo estudio. Esto se debe hacer para los diferentes sistemas de finca encontrados en el área de estudio. La razón es que el sistema de finca puede ser un factor importante en el combate de la plaga o en su misma propagación. Un ejemplo de ello es el caso de la babosa - en el sistema micro labranza del maíz en primera y frijol en pos trera. (Andrews). Esta información se utilizará como base de - comparación para las tecnologías propuestas como alternativas.

Al mismo tiempo se debe determinar la percepción de los agricultores con respecto a las plagas de importancia. Si no están reconocidas así, habrá necesidad de usar un programa de educación. Si los agricultores tienen otro concepto de las plagas que los científicos, se deberá estudiar por qué a veces el agricultor tiene un uso económico para lo que el científico ve como plaga. Un ejemplo de esto sería el uso de las malezas para alimento de sus animales durante períodos de escasez de forrajes, una práctica - común en algunas regiones de Centroamérica.

6.3 Etapa de Experimentación y Validación.

En la etapa de experimentación y validación hay dos objetivos - complementarios. Primero se debe hacer investigación conducida a la búsqueda de soluciones nuevas o alternativas a lo que los agricultores practican actualmente. Esto incluye investigación en áreas específicas para proveer información no existente que mejore los conocimientos sobre la plaga y su interrelación con su ambiente natural. Esta investigación se lleva a cabo en los laboratorios y en las estaciones experimentales y las fincas de los agricultores.

Al mismo tiempo se debe estar validando la tecnología propuesta como solución al manejo de las plagas. Esta etapa de validación tiene dos fases, la validación técnica y económica y la validación de aceptación por los agricultores para asegurar la prueba bajo condiciones reales. La primera fase está en mano de los técnicos, mientras que la segunda es manejada por los agricultores. Esto ayuda a determinar si la tecnología tiene aceptación por el agricultor. (CATIE, 1985).

Durante esta etapa se deben cuantificar y evaluar los resultados socioeconómicos de las opciones bajo prueba. Específicamente se debe estimar factibilidad económica y determinar si aparecen factores socioeconómicos que podrían afectar las soluciones. Un ejemplo de esto último es si hay cambio de leyes o de políticas al uso de un plaguicida.

Una contribución importante de los economistas durante esta etapa es el de afinar las reglas de decisiones para que rindan la mayor contribución a los objetivos y necesidades del agricultor. Los métodos disponibles para realizar esto, es el uso de lineamientos económicos, tal como presupuestos parciales y totales, análisis de riesgo y análisis de beneficios Vrs. costos sociales. (Navarro, 1986; French, 1987). También se pueden usar métodos de optimización como la programación lineal, programación dinámica, simulaciones y control óptimo.

6.4 Etapa de Extensión y Transferencia

El objetivo de esta etapa y el fin de cualquier programa MIP debe ser, poner los métodos de control desarrollados en las manos de los agricultores. La contribución de la ciencia social debe ser viable para que ocurra lo más rápidamente posible. Si hay factores que detengan la transferencia, se deben identificar y ajustar la tecnología o encontrar otra manera para solucionarlos.

Las actividades de especialistas en elaboración de programas de extensión incluyen elaboración de materiales audiovisuales, mensajes por radio y periódicos y demostraciones de campo de la tecnología. Estos esfuerzos necesitan informaciones relevantes y/o considerables importantes por el agricultor. Ejemplo: sería cuando la tecnología baja o aumenta los ingresos en comparación con los del agricultor.

En adición a los esfuerzos de transferencia, el científico social puede apoyar la transferencia con investigación sobre los factores importantes en la adopción. Esto ayuda en el desarrollo de nueva tecnología apropiada y en la identificación de los factores que detengan su transferencia.

REFERENCIAS

1. ANDREWS , K. and BARLETTA H. 1985. Los secretos de la babosa, Parte 1. Historieta para Agricultores. Manejo Integrado de Plagas. Escuela Agrícola Panamericana No. 43.
2. CATIE, 1985. Validación/Transferencia en el Desarrollo de - Mejores Técnicas Agrícolas: Material de entrenamiento, CATIE, Departamento de Producción Vegetal. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1985, 70 p.
3. FRENCH, J.A. 1987. Métodos Económicos en el Manejo Integrado de Plagas. Documento presentado en el Cursillo Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Universidad del Valle de Guatemala, 3-4 Agosto 1987, Guatemala C.A.
4. NAVARRO, L.A. 1986. Guía para la Evaluación de Resultados de Validación/Transferencia en el Desarrollo de Tecnologías Agrícolas para Areas Específicas. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Departamento de Producción Vegetal. Informe Técnico No. 89, 103 p.
5. REICHELDERFER, K.H. and BOTTRELL D.G. 1985. Evaluating the Economics and Sociological Implications of Agricultural Pest and Their Control. CROP PROTECTION, 4(3): 281 - 297.