

# **HACIA EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS**

**Alberto René Vigiani.**

**Universidad Nacional de Jujuy  
Jujuy – Argentina 2005**

**Tercera Edición 2005**

# ÍNDICE

Palabras especiales.....	5
Prólogo de la Primera Edición (1985).....	7
Prólogo de la Segunda Edición (1990).....	9
Prólogo de la Tercera Edición (2005).....	11
Introducción.....	13
<b>CAPÍTULO I – ANTECEDENTES</b>	
Presencia de residuos y contaminación de alimentos.....	19
Peligros para la salud.....	21
Desarrollo de la resistencia.....	24
Plagas inducidas.....	28
<b>CAPÍTULO II – QUÉ ES EL CONTROL INTEGRADO</b>	
Definiciones y objetivos.....	31
Principios fundamentales.....	34
Limitaciones.....	37
<b>CAPÍTULO III – ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA</b>	
Relación plaga-daño y evaluación de pérdidas de la producción.....	39
Niveles y Umbrales de Daño Económico.....	43
Muestreo y toma de decisiones.....	53
Tablas de Vida.....	61
Conocimiento del agroecosistema.....	61
<b>CAPÍTULO IV – CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS Y ENFERMEDADES</b>	
Malezas.....	67
Limitaciones.....	70
Enfermedades.....	72
Curvas de crecimiento biológico.....	73
<b>CAPÍTULO V – ALGUNAS TÁCTICAS DE CONTROL</b>	
Control Natural y Control Biológico.....	75
Control Biológico. Definiciones.....	77

Antecedentes.....	78
Perspectivas actuales.....	79
Introducción e incremento de los enemigos naturales.....	80
Manipulación.....	81
Stock de artrópodos benéficos.....	82
Entomopatógenos.....	83
Control biológico de malezas.....	87
Programas.....	89
Control biológico natural de enfermedades.....	90
Control Químico.....	91
Control Cultural.....	96
Resistencia Varietal.....	101
Otras Tácticas de Control.....	106
Hormonas.....	107
Feromonas.....	108
Atrayentes relacionados con las plantas hospedantes.....	111
Compuestos antialimentarios.....	111
Repelentes.....	112
Esterilización.....	114
Inhibidores de crecimiento.....	118
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### **Presencia de residuos y contaminación de alimentos**

El abuso en el empleo de los plaguicidas provoca la acumulación de residuos sobre los cultivos cuyo destino es la alimentación directa o indirecta del hombre, con el consiguiente peligro para su salud. Por lo general, tal acumulación es consecuencia de la aplicación de estos compuestos tóxicos sin observar las instrucciones para su correcto empleo.

También, la acumulación de residuos aparece cuando se ha recurrido a la repetición de pulverizaciones o espolvoreos con el propósito de corrección de fallas.

Por estas razones, muchos países han fijado los límites máximos de presencia de residuos en productos agrícolas y ganaderos, a través de leyes más o menos severas.

En aquellos casos en que las tolerancias fijadas con respecto a residuos son muy estrictas, el no respetarlas ha provocado la pérdida del mercado en los países importadores involucrados y la confiscación de las partidas cuando estas se destinan al consumo interno.

La bibliografía señala gran cantidad de casos de contaminación que han generado inconvenientes en la comercialización, algunos de los cuales se citan seguidamente como ejemplo.

En nuestro país, en 1968, con el fin de dar estricto cumplimiento a las exigencias de mercados compradores por la vigencia de sus leyes de tolerancia, en especial EE.UU., se debió prohibir el uso de insecticidas órgano clorados para el control de tucuras (*Dichroplus spp.*), medida que se efectivizó mediante la aplicación del Decreto Nacional N° 647/68.

Productores de Centro América han perdido cerca de dos millones de dólares debido a la carne contaminada que no les fue posible comercializar en mercados internacionales, a causa de las limitaciones impuestas por la legislación específica sobre residuos.

En los años 1966 y 1967, EE.UU. rechazó una partida de carne vacuna de 13.600 kg procedente de Nicaragua, por contener residuos de DDT en cantidad mayor que la tolerancia establecida.

En otros casos, la mala práctica en cuanto a la aplicación de plaguicidas trae consecuencias no imputables al productor, porque son el resultado de tratamientos realizados en zonas vecinas en forma inadecuada, generando, por deriva de la dispersión, la contaminación de los cultivos aledaños.

En Guatemala, el 90% de los insecticidas usados para el control de las plagas del algodón se aplican por medio de aviones. Cuando se utilizan tales compuestos con la técnica del ultra bajo volumen (UBV), se ha comprobado que gran parte de lo dispersado cae fuera de la zona a tratar por efecto de los factores ambientales, creando problemas de contaminación en otras áreas agrícolas. Esto ha sido causa de la pérdida de mercados en muchas oportunidades.

Aguirre Batres y Masariegos, J. F. (1977) ilustran sobre un interesante trabajo de investigación realizado en California en 1972, con motivo de haberse detectado más de 30.000 toneladas de heno de alfalfa con un excesivo contenido de residuos de plaguicidas, que debieron confiscarse.

El estudio se llevó a cabo con el fin de verificar el grado de contaminación de la leche de vaca, en tres fincas lecheras seleccionadas para tal fin: la primera en un zona netamente algodonera, la segunda en una zona cercana a este cultivo y la tercera en una región alejada del mismo.

Las tareas de control se efectuaron durante un año, tomándose dos o tres muestras semanales y haciéndose los análisis para así determinar la presencia de DDT y sus metabolitos.

El promedio de contaminación hallado fue de 9.46 ppm para la primera finca, 1.84 ppm para la segunda y 0.36 ppm para la tercera. Estos valores se ubicaron muy por encima de las tolerancias máximas fijadas internacionalmente para este producto, que es de 0.05 ppm y constituyen una prueba de la relación que existe entre el uso de insecticidas y la contaminación de la leche.

Al igual que la leche de vaca, se analizaron otros productos, tales como carne vacuna, maíz y fauna ictícola, encontrándose residuos de plaguicidas frecuentemente empleados en el control de plagas del algodón.

Podrían citarse muchos otros ejemplos de contaminación causada por diversos insecticidas, detectados sobre cultivos o su producción, pero se considera que los ya expuestos bastan para demostrar la importancia de este problema y la conveniencia de no insistir en prácticas de sanidad vegetal que no sean realizadas o fiscalizadas por profesionales especializados. Para ello, además de la legislación adecuada, es necesario también la adopción estricta de las normas que emanan del Control Integrado.

### **Peligros para la salud**

Los plaguicidas son causa frecuente de intoxicaciones de todo tipo, que configuran una verdadera amenaza para la humanidad.

En Centro América, el uso de insecticidas ha causado gran cantidad de intoxicaciones en seres humanos, aunque los casos registrados han venido disminuyendo desde 1972. Se ha comprobado que los niveles de intoxicación son mayores en las zonas agrícolas que en las urbanas, siendo los casos de intoxicaciones crónicas o sub-clínicas causadas en su mayoría por el DDT.

Los riesgos de intoxicación por la presencia de residuos en productos cosechados, conjuntamente con el peligro que representa el manipuleo de plaguicidas para el control fitosanitario son muy grandes, y las consecuencias para el ser humano, que se traducen en enfermedades o envenenamientos, en la mayoría de los casos no se documentan o no se informan debidamente.

Según Davies (1976) "estos casos rara vez son cuidadosamente investigados y rara vez existe la información que documente el tipo y naturaleza de la exposición, hallazgos clínicos, resultados de la indagación de la causa del envenenamiento y las investigaciones químicas y toxicológicas que respalden estos hallazgos. Sin embargo, las estadísticas, tal como son, son impresionantes".

En la citada obra se comenta que según la OMS, hay 500.000 casos de envenenamiento con plaguicidas anualmente, de los cuales el 1% es mortal.

Es posible así predecir que algunos fenómenos que se están produciendo en otros países se repetirán ocurriendo en el nuestro.

Poquet (1971) estudió los problemas de intoxicaciones fatales en la provincia de Mendoza, ocurridos durante los años 1964 a 1970, encontrando una declinación en el número de muertes accidentales causadas por compuestos órgano fosforados, pero un aumento importante de muertes intencionales provocadas por el mismo grupo químico.

Deschutter (1971) estudiando los problemas de intoxicaciones fatales en el medio rural de la provincia del Chaco, sobre todo en zonas de cultivo de algodón, donde se aplica gran cantidad de plaguicidas, encuentra que el 72% de los suicidios se producen en zonas rurales, siendo el medio más comúnmente empleado el envenenamiento con estos compuestos en la época de cosecha.

Como un dato interesante, que revela sin duda la amenaza para la salud que representan los plaguicidas, puede citarse a García Fernández y colaboradores (1970) quienes encontraron que el valor del contenido de DDT y DDE en grasa humana en nuestro país se ubica en 5 ppm. Calabresi y Astolfi (1972) por su parte, consignan este valor en 1 a 7 ppm en tejido graso.

Es apropiado comparar estos datos con los valores hallados en otros países:

Dale y Quinby (1973) establecen para los habitantes de EE.UU. un promedio de 6.69 ppm de DDT total en grasa humana. Turk et al. (1973) citan en cambio un valor promedio de 12 ppm.

Aguirre Batres y Masariegos (op.cit.) establecen los valores siguientes de DDT en suero sanguíneo, expresado en partes por billón. ( En EE.UU. 1 billón equivale a 1 mil de millón ( $10^9$ ) de nuestro sistema):

Área algodonera de Nicaragua y Guatemala.....	520.6
Áreas urbanas en Centro América.....	2.3
Condado de Dale, en Florida.....	46.4

Metcalf (1965) comunica los siguientes valores promedio de DDT en el ser humano, destacando que este clorado está siempre presente en el hombre:

Hombre común en EE.UU.....	3.7
Vegetarianos.....	2.3
Agroaplicadores de plaguicidas.....	140.0
Trabajadores en plantas formuladoras.....	648.0

Los datos expuestos revelan el peligro que encierran los plaguicidas para el consumidor y para los obreros, empleados y técnicos que por la índole de su trabajo, están en contacto con este tipo de venenos. Además, es notorio el riesgo que para la población general significa el transporte inadecuado, la presencia de grandes cantidades en los depósitos y la disponibilidad en el comercio al alcance de cualquier comprador, de drogas tóxicas tan potentes que son capaces de provocar la muerte accidental o intencional de seres humanos.

Como lamentable ejemplo de las consecuencias de imprevisiones en el traslado de estos compuestos, debe recordarse la intoxicación de 15 bebés y la trágica muerte de tres de ellos, ocurrida en la sala de neonatología del Hospital Pablo Soria de San Salvador de Jujuy, el 7 de enero de 1985, por la ingestión de leche en polvo contaminada por fosforados durante el transporte.

Tampoco está lejano en el recuerdo, el accidente industrial ocurrido en Seveso, Italia, en 1972, cuando una explosión liberó al ambiente 2 k de dioxina en la fábrica de triclorofenol de Icmesa. Esta droga, sumamente tóxica, se expandió en forma gaseosa en un radio de 70 km, causando daños a la salud de todos los seres vivos que fueron alcanzados por la misma, aunque aparentemente sin muertes ni consecuencias permanentes.

Más recientemente en Bhopal, India, un accidente fabril en la planta elaboradora de plaguicidas de Unión Carbide, ocurrido a fines de 1984, causó miles de muertos al liberarse en el ambiente el gas tóxico isotiocianato de metilo.

Estos datos deben preocupar sin duda a los profesionales y técnicos que se desempeñan en el quehacer fitosanitario y más aún a los del área de la salud humana pues, aparte de los casos de intoxicaciones directas; existen muchos otros en los que seguramente no ha sido posible detectar consecuencias inmediatas en la población contaminada. Entre ellos, nadie puede asegurar la aparición de secuelas indeseables a largo plazo en la descendencia o generaciones futuras.

Matos (1984) señala otros efectos biológicos no directos, provocados en el ser humano por diversos plaguicidas, muchos de los cuales se comportan como embriotóxicos, teratogénicos o mutagénicos. Otros compuestos afectan el material genético humano, provocando aberraciones cromosómicas o son sospechados de cancerígenos.

### **Desarrollo de la resistencia**

Todos los seres vivos poseen plasticidad para adaptarse a nuevas condiciones de vida. Ante situaciones adversas introducidas en su ambiente ecológico, especialmente los artrópodos han demostrado un gran poder de adaptación, favorecido por su potencial biótico y sus características reproductivas.

En una aplicación fitosanitaria, la dispersión de plaguicidas provoca la muerte de gran cantidad de los insectos o ácaros hacia los cuales está dirigida, pero siempre hay algunos que sobreviven y se propagan, generando una descendencia resistente al tipo de compuesto químico usado.

Un plaguicida puede resultar efectivo inicialmente contra una plaga clave, pero suele ocurrir que este éxito no sea duradero, pues en más o menos tiempo la plaga que en un principio era controlada, deja de serlo, con el agravante que vuelve a atacar al cultivo con mayores niveles de población.

También es dable observar que conjuntamente con el retorno de la plaga, aparecen otras que antes no lo eran, debido a que el uso repetido del mismo plaguicida causa la muerte de especies benéficas que mantenían en equilibrio a las plagas potenciales y que en alguna medida regulaban la población de la plaga clave.

Esto es consecuencia de que tanto predadores como parásitos son más susceptibles a los tóxicos que las plagas de las cuales viven.

Éste es el camino por el cual las plagas han desarrollado resistencia, sobre todo en el phylum Arthropoda, aunque actualmente hay ya numerosas citas de aparición de resistencia en roedores a anticoagulantes, en malezas a herbicidas diversos y en agentes causantes de enfermedades de las plantas a fungicidas sistémicos (Winteringham, 1966; Díaz de Toledo, 1974).

Las primeras citas sobre resistencia a insecticidas datan del año 1908 en EE.UU. para las cochinillas de los frutales respecto de la mezcla sulfocálcica. Durante los veinte años siguientes aparecieron algunos nuevos casos de plagas resistentes, pero éstos no preocuparon mayormente hasta después de 1945, en que comenzó a extenderse ampliamente el uso del DDT y otros nuevos compuestos sintéticos. La dispersión masiva de este clorado causó un alarmante aumento de la resistencia en las plagas, tanto las de la agricultura como las domésticas.

En 1966 existían ya detectadas 166 especies de plagas que resistían a los compuestos químicos usados para su control y según la FAO, para 1970 este número se había elevado a más de 228, continuando actualmente su incremento.

En algunos países se han realizado trabajos de prospección para determinar la aparición de resistencia a algunos productos químicos en insectos que atacan granos almacenados. Los resultados muestran que, la resistencia generada en *Sitotroga spp.*, representa la más grave amenaza en escala mundial para el grano cosechado; y la detectada en *Tribolium castaneum* Herbst y *Oryzaephilus surinamensis* L., para el almacenamiento de productos de molienda es preocupante.

En este tipo de plagas, la resistencia al mercaptotión y al lindano está muy extendida, habiendo aparecido también resistencia a fumigantes, lo cual plantea un serio riesgo en un futuro cercano. Al parecer, la resistencia ha pasado a ser una característica normal en *Tribolium castaneum*, encontrándose además, que una raza de esta plaga, resistente al mercaptotión, presenta también resistencia cruzada a una hormona juvenil, así como a cuatro compuestos sintéticos de hormonas juveniles.

En tres de las diez plagas de cereales almacenados, en las cuales se conoce la aparición de resistencia al mercaptotion, se ha encontrado también la existencia de más de un tipo de mecanismo de defensa.

El tiempo que una plaga necesita para desarrollar resistencia a algún tipo de plaguicida depende de sus condiciones genéticas y de su potencial biótico, como así también del tipo de plaguicida usado y de sus características de aplicación y de otras circunstancias muy especiales que están en relación con la naturaleza del Orden al cual pertenece.

La isoca *Heliothis virescens* Fabr. necesitó 15 años para generar resistencia a los plaguicidas usados para el algodón, provocando en algunas zonas de México el abandono del cultivo. La mosca común, a los tres meses, ya mostró resistencia a la mezcla de piretroides sintéticos más insecticidas de otro grupo. La polilla del tomate *Scrobipalpula absoluta* (Meyr) muestra mucha resistencia a insecticidas fosforados y es muy posible que los piretroides, que ahora producen buen control, no sean ya una solución para el control de esta plaga en un futuro inmediato.

En algunos casos, la resistencia ha aparecido en especies hacia las cuales no estaban dirigidos los tratamientos fitosanitarios. Tal es el caso del mosquito transmisor del paludismo, *Anopheles albimanus*, que ha desarrollado resistencia como consecuencia del intenso empleo de plaguicidas que se hizo en América Central para combatir plagas del algodonero, cultivo en el cual suele habitar el citado insecto transmisor (Falcon, 1979,a).

Una plaga que ha adquirido resistencia a determinado número de insecticidas, generalmente no vuelve a hacerse susceptible a los mismos tóxicos cuando éstos dejan de usarse para su control y es muy difícil restablecer la eficacia de aquellos compuestos químicos. Es más, cuando una plaga es tratada reiteradamente con un mismo plaguicida, la población puede adquirir resistencia no sólo al compuesto usado, sino a otros de estructura química análoga o que tienen la misma vía de acción, aunque no hayan sido empleados aún.

Este fenómeno se llama resistencia cruzada, siendo resistencia múltiple aquella que aparece cuando una plaga es indiferente a dos o más plaguicidas de distinta estructura química o de disímil forma de actuar. (Barberá, 1974).

Cuando un plaguicida deja de ser eficaz por la aparición de razas resistentes, además de la pérdida de tiempo, trabajo e insumos que deben emplearse en la investigación para desarrollar otros productos que actúen en su reemplazo, hay otras consecuencias importantes.

Podemos citar, entre ellas, la dificultad para cambiar las tradicionales prácticas de lucha por otras nuevas, ya que es muy difícil encontrar materiales de sustitución, los cuales por lo general resultan más caros. Además, hasta que estas nuevas prácticas se encuentren y sean adoptadas, ya las plagas han venido causando graves daños a los cultivos. Hay muchos casos en que esta situación ha planteado serios problemas a la economía de una región productora.

La primera reacción ante la disminución de la eficacia de un plaguicida, es aumentar la dosis y/o disminuir los intervalos de aplicación y luego se recurre al cambio de principio activo o a la mezcla de compuestos tóxicos. Estas prácticas provocan un cúmulo de residuos indeseables en el agroecosistema y pueden causar también un daño físico al cultivo, siendo por lo general antieconómicas.

La única medida aconsejable es vigilar la aparición temprana de signos de resistencia, que pueden ser muy sutiles, pero cuyo oportuno conocimiento por parte de las autoridades fitosanitarias puede evitar consecuencias mayores.

No está demás reiterar que si bien el problema de la aparición de resistencia fue impulsado en su origen por los insecticidas órgano clorados, actualmente, el hecho de haberse extendido a otros campos de la sanidad vegetal como enfermedades, malezas y roedores, está dando a la situación un carácter crítico.

Como aspecto positivo de este fenómeno biológico, cabe destacar lo expresado por Winteringham (op. cit. ) comentando la sugerencia de otros varios autores, quienes proponen realizar trabajos de investigación para detectar la posibilidad de que el aumento de resistencia desarrollada en parásitos y predadores, en algunos casos, pueda ser utilizado en el Control Integrado para tácticas que combinen el uso de control biológico y químico.

## Plagas inducidas

Un problema derivado del uso continuo de plaguicidas es la aparición de plagas que antes no lo eran. Tal es el caso de la chinche verde *Nezara viridula* L., que en nuestro país ha estado bajo control por acción de sus enemigos naturales y sin embargo, ahora es un serio problema en cultivos de soja debido a su incremento, estando ya considerada como plaga clave en algunas zonas.

Las causas que generaron esta situación pueden haber sido los tratamientos químicos, que suelen realizarse en este cultivo para el control de lepidópteros como *Epinotia* spp., *Anticarsia* spp. y otras plagas importantes del mismo. También, hay que considerar que *Nezara viridula* está presente en cultivos de lino, sorgo y girasol, donde con frecuencia se realizan tratamientos fitosanitarios con insecticidas sintéticos. Esta chinche es un caso típico de plaga inducida en expansión, que antes estaba bien regulada por sus parásitos naturales.

En Nicaragua, en los años sesenta, los cultivadores de algodón tenían que luchar solamente contra dos especies de orugas. Al cabo de diez años de aplicación de plaguicidas, debieron enfrentarse a más de diez especies diferentes.

Espul et al.(1978) estudiando los ácaros que atacan al manzano en Mendoza, explican la aparición de la arañuela roja europea, *Panonychus ulmi* (Koch) con características de plaga clave por el uso de compuestos órgano clorados, fosforados y carbámicos que surgieron para el control de *Carpocapsa pommonella* L. Según los autores citados, esta oruga es una plaga importante del manzano que siempre fue controlada con el arseniato de plomo, el cual, si bien no era tan eficaz como los modernos insecticidas, por su especificidad permitía obtener una sanidad bastante aceptable.

Entre los ácaros, el único que causaba problemas era *Bryobia rubriculus* Sheuther, que se combatía eficazmente con aplicaciones de aceites emulsionables o azufre.

Con el uso del DDT y otros compuestos de síntesis se rompió el equilibrio biológico al matarse la fauna útil. Ello causó la aparición de la citada arañuela roja europea, que pasó de especie secundaria a plaga clave, juntamente con el ácaro rojo común, *Tetranychus urticae* Koch.

La inducción de plagas, como en los casos citados, ha sido y es aún un hecho bastante común, provocado por el incorrecto empleo de plaguicidas. Esto debe ser evitado en lo posible, para no complicar aún más el cuadro fitosanitario de los cultivos y encarecer el costo operativo de la sanidad, entre otras cosas.

## CAPÍTULO II

### QUÉ ES EL CONTROL INTEGRADO

#### **Definiciones y objetivos**

El Control Integrado es una nueva tecnología desarrollada para mantener un eficaz y permanente dominio sobre las plagas, tanto en el sector agropecuario como en el de la salud humana, que contribuye a su vez a una mayor protección del ambiente.

El Panel de Expertos de la FAO en Control Integrado elaboró en 1972 la siguiente definición, que sintetiza la esencia de esta técnica de control:

“ Control Integrado de Plagas es un sistema de manejo de plagas que, en el contexto del medio ambiente asociado (agroecosistema) y de la dinámica de población de las especies plaga, utiliza todas las técnicas disponibles para mantenerlas a niveles inferiores a aquéllas que causan daño económico al cultivo”. (INTA-FAO. 1979 a).

Esta definición establece pautas ecológicas, introduciendo a la vez el concepto de daño económico, lo cual lleva implícito la necesidad de fijar nuevos elementos de juicio para valorar los daños en el cultivo.

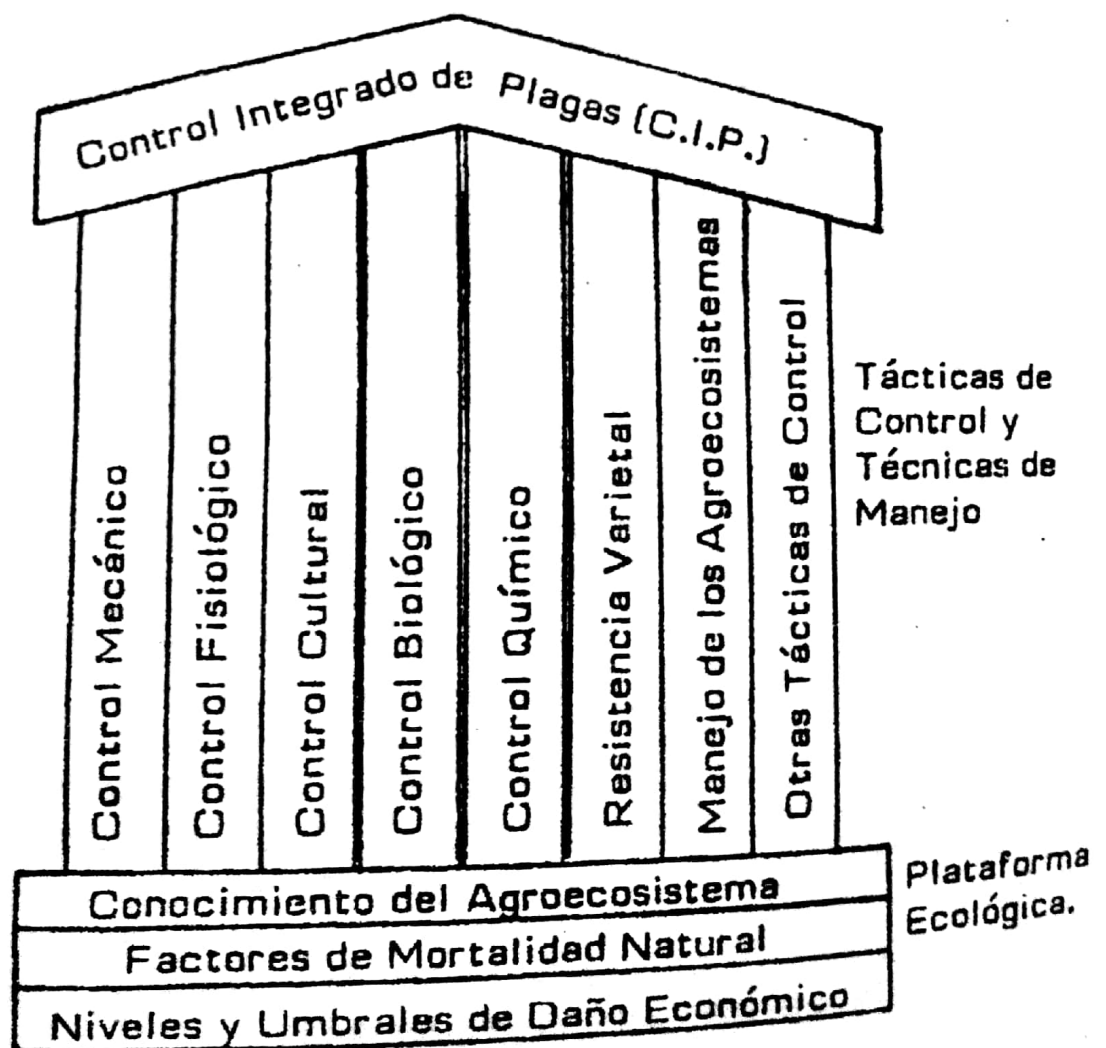
El objetivo principal del control integrado de plagas es mantener las condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo del vegetal que se está cultivando, pero siempre tomando en cuenta el ambiente y los aspectos ecológicos y sociológicos ligados al mismo. Para lograr esto, el énfasis debe ponerse en la comprensión de las actividades de cada uno de los componentes del agroecosistema en tratamiento.

Se tiende a lograr un control permanente y no transitorio, como el que se obtiene con la aplicación exclusiva de plaguicidas sintéticos, siendo su principal característica es que procura no destruir el equilibrio biológico, o por lo menos trata de alterarlo en la menor medida posible, buscando que toda la estrategia a seguir se integre ejerciendo una influencia favorable a la sanidad y evolución del cultivo.

En la definición citada se habla de utilizar todas las técnicas de control disponibles. Esto hace que, la tarea de controlar la sanidad por sola aplicación de un plaguicida, siendo necesario contar, además, con suficientes antecedentes y conocimientos del cultivo, sobre todo en cuanto a su fenología; y de la dinámica de la fauna presente en el agroecosistema.

Roberto H. González, en INTA-FAO (op. cit.) representa al Control Integrado como un edificio cuya estructura está mantenida por pilares que constituyen las diversas tácticas de control (Figura 1). Dichos pilares se sustentan en una fundación o basamento, formado por los tres elementos principales del sistema: Conocimiento del Agroecosistema, Factores de Mortalidad Natural y Niveles y Umbrales de Daño Económico.

**FIGURA 1**



El concepto de agroecosistema debe asociarse al de un ecosistema en el cual interviene el hombre permanentemente para organizarlo y simplificarlo con un fin utilitario y en el que el conocimiento de sus componentes y dinámica es fundamental, pues de ello dependerá la calidad y oportunidad de aplicación de las distintas tácticas de control. Este tema se tratará con mayor amplitud en el Capítulo III.

Los factores de mortalidad natural actúan en la naturaleza sin intervención del hombre, pero éste debe tratar de detectarlos y conocerlos, creándoles un ambiente favorable para que ocurran con la mayor intensidad posible cuando se trata de incidir sobre plagas. Por lo contrario, deben también conocerse los factores de mortalidad natural de las especies benéficas y/o enemigos naturales, para procurar disminuirlos en lo posible.

Finalmente, los niveles y umbrales de daño económico son los elementos de juicio en que se basa el Control Integrado, para determinar con la mayor exactitud posible el mejor momento para aplicar una táctica de control. Su conocimiento es imprescindible y está condicionado por las técnicas de muestreo, las cuales deben ser las más apropiadas y confiables posibles.

Los pilares de esta estructura son las distintas tácticas de control y técnicas de manejo. Éstas no están definidas en número, sino que permanentemente pueden irse incorporando otras.

Como se ha visto, el Control Integrado de Plagas tuvo su origen en el uso superpuesto y armónico del control químico y el control biológico. Por eso, estas dos herramientas son los principales pilares de la estructura. Estos dos tipos de control, junto con el control cultural y demás métodos que puedan adicionarse a este esquema, más las técnicas de manejo del agroecosistema, comprenden todas las medidas que conforman el arsenal de tácticas de control integrado, cuyo aporte en el momento indicado asegurará la mejor consecución de los objetivos.

Los más importantes de estos métodos o tácticas se tratan detalladamente en el Capítulo V de este trabajo.

## Principios fundamentales

Sobre la base de la situación actual del control de plagas en el mundo y la necesidad imperiosa de mantener la fitosanidad en valores aceptables, puede afirmarse que esta nueva estrategia de lucha contra las plagas es de fundamental importancia para un futuro inmediato.

El principio esencial, generalmente aceptado hasta ahora como premisa por quienes actúan en la problemática del control de plagas, es que esta práctica no debe hacerse en forma reñida con las leyes de la naturaleza. Más que esto, sería útil que las nuevas técnicas surgieran de un profundo conocimiento de las fuerzas represoras naturales existentes para controlar las plagas, procurando su mejor aprovechamiento y acrecentamiento en beneficio de la sanidad de los cultivos.

La plataforma del MIP, según el esquema visto, es eminentemente ecológica. Al hablar de conocimiento del agroecosistema se está expresando que, entre otras cosas, es imprescindible conocer la fisiología del crecimiento de las plantas y la tolerancia y/o resistencia que pudieran tener frente a las causas adversas del medio.

Es útil llevar un cabal inventario de las plagas y enfermedades que interactúan con la fisiología del cultivo, como así también de sus enemigos naturales. Sobre todo, es necesario establecer con certeza, en cada caso en particular, la capacidad de las plantas para tolerar daños sin sufrir pérdidas económicas.

Por su complejidad, la aplicación de programas de control integrado escapa al productor común y aún al agroaplicador tal como generalmente existe, es decir, como un técnico que se dedica a la aplicación de los plaguicidas como única táctica de control.

La sola exigencia de que, el que se dedique al control integrado deba tener sólidos conocimientos, no sólo del sistema ecológico en el cual debe actuar, sino de todas las tácticas disponibles, plantea la necesidad de un especialista o mejor aún de un grupo de especialistas, cuya misión será realizar un concienzudo análisis de las características biológicas y económicas del control de plagas, abarcando todos los aspectos reales y potenciales de las causas adversas y su interacción en el cultivo, a fin de tomar decisiones confiables.

Generalmente no es posible esperar el momento de poseer una detallada información de lo que debe hacerse, sobre la base de una previa investigación multidisciplinaria, pues la urgencia por hacer algo y la necesidad de no insistir en las viejas prácticas, coloca al técnico en la realidad de tener que empezar de alguna manera, aún cuando no se disponga de todos los elementos debidamente probados o estudiados.

En esa disyuntiva, es aconsejable seguir los dos caminos. Mientras se realizan las acciones para lograr la suma de datos que surgirán de la investigación y el detallado estudio del agroecosistema, puede comenzarse a trabajar, por ejemplo, en la determinación de técnicas de muestreo, inventario y clasificación de plagas y establecimiento de niveles y umbrales de daño económico tentativos, manejando estos elementos con sumo cuidado al asumir responsabilidades en la toma de decisiones en cuanto a las tácticas de control a aplicar.

Esta experiencia irá dando pautas de manejo que, aunque incompletas al principio, se irán enriqueciendo y perfeccionando con los datos que aporte la investigación, tarea que debe conducirse paralelamente.

Se logrará así delinear un programa inicial que busca a la vez reunir experiencia para alimentar la investigación y procurar resultados prácticos que alienten a los técnicos, dándoles argumentos para ir doblegando el lógico escepticismo o desconfianza del agricultor. Ambos caminos deben estar ligados y tener una interacción que haga más provechosos sus esfuerzos.

Donald Calvert, en el Curso de Perfeccionamiento realizado en Pergamino, provincia de Buenos Aires en 1978. (INTA-FAO. op. cit.) señala los primeros pasos a seguir en la implantación de un programa de control integrado, que se resume seguidamente como complemento de los ya comentados. A lo indicado por el citado autor, se le agregan otras sugerencias que se consideran importantes.

1 – Investigar las áreas representativas, para lo cual es imprescindible:

- 1.1. Inventariar fauna y flora.
- 1.2. Estudiar el comportamiento de plagas y enfermedades.
- 1.3. Informarse sobre sistemas de control existentes.
- 1.4. Perfeccionar el conocimiento del agroecosistema.

- 1.5. Diseñar gráficos de dinámica poblacional.
- 1.6. Planear estrategias de lucha.

- 2 – Distinguir y categorizar las plagas reales, permanentes, de aquéllas inducidas por el mal manejo del agroecosistema (por ejemplo, mal uso de insecticidas). Para esto se necesita mucha experiencia.
- 3 – Separar las plagas reales en dos clases: a) aquéllas que causan daños intolerables (claves), y b) aquéllas que causan perjuicios esporádicos y que se pueden controlar con el eventual uso de plaguicidas (ocasionales).
- 4 – Detectar los factores de mortalidad natural, identificando los más importantes, ya sean biológicos, químicos, culturales, varietales o una combinación armónica entre ellos que controlen las plagas clave y determinar sus efectos.
- 5 – Probar y seleccionar métodos confiables de muestreo y monitoreo.
- 6 – Proponer niveles y umbrales de daño económico tentativos para las plagas verdaderamente importantes.
- 7 – Estudiar las tácticas usadas hasta el momento, desarrollando y probando tácticas alternativas.
- 8 – Investigar el uso selectivo de plaguicidas.
- 9 – Comenzar a diseñar y establecer sistemas pilotos de Control Integrado, sin esperar contar en el comienzo con todos los componentes necesarios. Otros componentes se irán agregando paulatinamente.
- 10- Modificar los sistemas de control existentes, según las condiciones del área y nuevos enfoques, a medida que se desarrolle el programa.
- 11- Recurrir al análisis de sistemas.
- 12- Elaborar modelos y guías.
- 13- Preparar personal auxiliar práctico.
- 14- Ilustrar a productores.

Estos aspectos deben complementarse necesariamente con una adecuada formación de recursos humanos y con cursos de información a nivel educacional, para lo cual la Universidad juega un papel primordial. Los mismos pueden implementarse en diversas formas:

- a) Adiestramiento de futuros profesionales durante la educación de grado, en las Facultades correspondientes.
- b) Propiciar cursos cortos, mesas redondas y reuniones técnicas para docentes y profesionales especializados en el control de plagas.
- c) Capacitación de extensionistas.
- d) Participación activa de profesionales de distintas instituciones, en la ejecución de proyectos de Control Integrado, diagramados por equipos de investigación especializados.
- e) Organizar conferencias y charlas de especialistas para el público en general.

### **Limitaciones**

Entre las principales tácticas de control utilizadas por este sistema, figuran el control químico y el control biológico.

El primer método fue, como se ha visto, el causante del desequilibrio producido, del desarrollo de la resistencia en las plagas y de la contaminación del ambiente con plaguicidas. El Control Integrado no persigue su eliminación, sino su uso racional, pues no debe olvidarse que únicamente los plaguicidas pueden hacer bajar rápidamente y en el momento y lugar preciso, el nivel de una población plaga.

Sin embargo, falta aún un gran impulso en la investigación y desarrollo de plaguicidas, cuyo objetivo debe ser la obtención de compuestos químicos cada vez más aptos para ser usados en Control Integrado. La falta de estas herramientas, que pueden lograrse sobre la base de una mayor especificidad biológica o mediante formulaciones que permitan dar especificidad a compuestos de amplio espectro, limita por el momento el arsenal técnico disponible.

El control biológico es otro de los componentes esenciales, que ha ido tomando cada vez más auge en los últimos años. A pesar de los avances logrados, este procedimiento muestra todavía muchas limitaciones.

En nuestro país, dichas limitaciones son aún mayores, siendo una de ellas la falta de apoyo presupuestario oficial, que permita diagramar una adecuada política de creación y desarrollo de centros de cría masal de entomófagos, fitófagos benéficos y entomopatógenos.

Posiblemente esta falta de apoyo sea la consecuencia de que no haya aún, en los niveles técnicos de decisión, una conciencia generalizada de la importancia que los enemigos naturales jugarán y jugarán en un futuro inmediato en el control de plagas.

Si bien en nuestro país existen insectarios, algunos bien equipados, su producción es insuficiente para cumplir con las exigencias de los programas de Control Integrado, en términos de calidad y cantidad, que por lo general deben ser agresivos en cuanto a liberación y colonización de enemigos naturales.

Otra de las limitaciones que habrá que superar, para que esta estrategia alcance difusión y sea más rápidamente adoptada, es la falta de personal especializado para afrontar los trabajos de investigación, demostración y servicios.

Queda finalmente la enorme tarea, enmarcada en el quehacer técnico oficial, de promover el cambio de actitud de los productores. Desde que el Control Integrado es de aplicación en los agroecosistemas, no puede hablarse de esta estrategia solamente para algunos productores que acepten cambiar de sistema, mientras otros se mantengan aferrados a los viejos procedimientos.

Será necesario en cada caso, una gran campaña de concientización, apoyada en realidades concretas que seguramente brindará la investigación y la experimentación, con el correspondiente conjunto de medidas legales que coadyuven con el fin perseguido.

### ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL MANEJO DEL SISTEMA

#### **Relación plaga-daño y evaluación de pérdidas de la producción**

Uno de los basamentos en que se apoya el Control Integrado de Plagas es el conocimiento de los niveles y umbrales de daño económico, nuevos conceptos que dan carácter económico y ecológico a la evaluación de las mermas de la producción agrícola causada por las plagas y enfermedades. Tales conceptos no son otra cosa que los elementos de juicio para expresar la relación entre la población de las plagas y el daño causado.

La determinación de estos niveles constituye el paso inicial cuando se desea poner en práctica programas de Control Integrado, porque según la intensidad de los daños se verá comprometido en mayor o menor grado el rendimiento potencial de un cultivo.

Según Cisneros (1981), el criterio de plaga está en relación con los intereses del hombre. Plaga es cualquier especie animal o vegetal que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o a su ambiente. Dentro del ámbito agrícola más restringido, una plaga viene a ser una población de animales que reduce la cosecha o su valor. Tales animales pueden ser artrópodos, nemátodos, roedores, moluscos, aves, etc.

Ampliando la definición del autor citado, encontramos que las malezas encuadran perfectamente en el concepto de plaga expresado, no haciéndolo, en cambio, las alteraciones fisiológicas de la estructura o crecimiento de las plantas, que generalmente enmarcamos en el concepto de enfermedades.

Al respecto, expresa Cisneros (op.cit.): " Se dice que una planta está enferma cuando presenta características anormales, pero en realidad no existe una línea de distinción definida entre una planta normal o saludable y una planta anormal o enferma. Con fines prácticos se dice que son plantas enfermas aquellas que alteran su desarrollo fisiológico y morfológico en tal grado, que presentan síntomas obvios. Estos efectos pueden deberse a factores ambientales desfavorables o microorganismos parásitos".

Las plagas de los cultivos pueden ser categorizadas de la siguiente forma, según la magnitud de los daños que ocasionan y su persistencia:

#### A - Plagas clave

Para cada cultivo existen unas pocas especies que se encuentran siempre presentes. Si sus poblaciones son de tal magnitud que provocan daños económicos, se las denominan plagas clave. Los factores represivos del medio, en este caso son naturalmente ineficientes. Existen dos casos diferentes:

##### A-1. Plagas clave naturales

Son especies perjudiciales al cultivo que, dentro de las condiciones naturales del ecosistema, carecen de factores represivos eficientes. Ej: pulgón verde de los cereales en trigo, *Schizaphis graminum* (Rond).

##### A-2. Plagas clave inducidas

Son especies plagas que pasan a ser dominantes como consecuencia de las modificaciones del agroecosistema, provocadas generalmente por el uso continuo de plaguicidas, tornando ineficientes los factores represivos del medio que pudieran haber existido. Ej: ácaro rojo europeo en manzano, *Panonychus ulmi* (Koch).

#### B - Plagas ocasionales

Se presentan en grado perjudicial solamente en algunos años o en algunas épocas del año. En otros momentos, carecen de importancia económica. Los factores represivos actuantes son semi-eficientes. Ej: barrenador (broca) del tallo del algodonero, *Eutinobotrus braziliensis* (Hambleton).

#### C - Plagas potenciales

Son fitófagos sin importancia económica, que por lo general constituyen la mayoría de los artrópodos presentes en el ecosistema, mostrando un nivel poblacional bajo o muy bajo, no afectando la producción. Sobre ellos actúan factores represivos eficientes. Ej: varias especies de cochinillas, trips y pulgones en cítricos.

## D – Plagas migratorias

No son residentes del agroecosistema, sino que entran en él con cierta periodicidad. Cuando lo hacen causan daño, pues el medio no cuenta con factores represivos eficientes para contrarrestarlas. Este tipo de plaga no ha sido bien estudiado aún, desde esta óptica, con excepción de las langostas migratorias.

Otra clasificación de las plagas es aquella que tiene en cuenta las partes del vegetal que ha sido afectado. Existen dos tipos:

## E – Plagas directas

Afectan la parte de las plantas que constituye el producto a cosechar. Ej: *Nezara viridula* L en soja, que daña la vaina y *Acanthoscelides obtectus* Say, brúquido que daña el grano del poroto.

## F – Plagas indirectas

Afectan partes de la planta que no son el producto a cosechar. Ej: *Anticarsia gemmatilis* Huebner en soja, que se alimenta de las hojas y nemátodos en cítricos o tomate.

Los artrópodos producen en las plantas un daño acorde con su función trófica, en la que juega un importante papel el tipo de aparato bucal que posean. De esto dependerá que haya o no otros componentes del daño, como ser transmisión de enfermedades virósicas o toxemias. Secundariamente, el daño puede verse incrementado por otras funciones propias de estos animales, tales como deyecciones, excreciones, puestas de huevos, telas, modalidad de protección en la metamorfosis, etc.

El daño puede estar también condicionado por otros factores derivados de la acción sinérgica entre dos o más plagas, densidad de población, duración del ataque, período fenológico del cultivo, condiciones favorables o desfavorables de la planta, constitución genética y órganos depredados.

Todos estos factores depresivos del cultivo deben separarse de otros, que pueden ser causados por heladas, sequías o carencias nutricionales.

Asimismo, el conocimiento de los daños en cada cultivo de una explotación, tiene importancia para realizar estudios estadísticos, planificaciones o proyectos de investigación.

Existe mucha bibliografía referente a la evaluación de pérdidas causadas por insectos, ácaros, nemátodos, malezas y organismos patógenos, pero la mayoría se ocupa de una plaga específica sobre determinado cultivo (Cramer, 1967). No existen aún suficientes estudios sobre el efecto acumulado de dos o más plagas, o de una plaga o enfermedad sobre un mismo cultivo, o sobre efectos fisiológicos del daño.

El daño puede producir una pérdida económica en el cultivo si se manifiesta con cierta intensidad, traduciéndose en una efectiva reducción de la producción en cantidad o calidad. Si tal daño no es muy intenso o no tiene lugar en partes vitales de la planta, la pérdida económica será de menor importancia.

En términos generales, el nivel de daño económico es más elevado (más tolerante) para las especies plaga que atacan follaje o raíces, que cuando el daño se produce en los frutos, ya que en este caso una baja población puede causar una pérdida significativa de la calidad o cantidad en la producción.

En la mayoría de las situaciones que se plantean para la eficaz protección de los cultivos contra las plagas, es posible que ciertos niveles significativos de población de especies plaga sean tolerados sin que éstas produzcan daño económico al cultivo. Según el ciclo de éste, dichos niveles pueden ser, en algunos casos, bastante altos.

Cuando el daño se hace en el follaje, hay que tener presente que la planta posee un poder de recuperación o un efecto compensatorio, que en algunas especies es muy notable.

En pepinos atacados por *Tetranychus urticae* (Koch) por ejemplo, debe dañarse el follaje en un 30% o más para que haya consecuencias que se reflejen en el rendimiento (Gould, 1978).

Según Bimboni (1979) la soja es capaz de soportar pérdidas de la superficie foliar hasta valores cercanos al 40%, dependiendo de los cultivares y períodos fenológicos de la planta. Ésta es más sensible cuando el daño se produce cerca de la floración, bajando mucho, en ese caso, el valor apuntado.

En remolacha azucarera, un cierto daño en el follaje puede traducirse en un aumento de la calidad producida. El rendimiento se verá comprometido económicamente cuando esa defoliación alcance valores entre el 30 y el 40% (Bardner et.al 1974).

En otros casos, como en el tabaco, el daño en las hojas es crítico y consecuentemente el nivel de daño económico es muy bajo.

Por otra parte, las plantas se comportan de distinta forma frente a la injuria que le producen las plagas, según sea el estado de desarrollo de un cultivar o bien si se trata de distintas especies.

Por ejemplo, el trigo es más sensible al daño del pulgón verde de los cereales, *Schizaphis graminum* (Rond.) cuando es atacado al estado de plántula, sin macollaje ni inflorescencias.

En general, las plantas de corto período de floración no tienen capacidad para compensar un daño importante. En cambio, las de largo período, como el algodón, pueden tolerar mejor los ataques a la flor por su capacidad para reponer los primordios florales.

El efecto de una plaga en plantas perennes es más complejo que en las anuales, pues el daño de una temporada puede repercutir en las sucesivas, siendo además este tipo de plantas menos susceptibles a morir.

### **Niveles y Umbrales de Daño Económico**

Nivel de daño económico (NDE) es el nivel de población de una plaga que, cuando es alcanzado, causa al cultivo y por ende a la producción, un daño económicamente significativo. Según Bonnemaïson (1965) este daño estaría representado por un descenso en el rendimiento superior al 50% de la producción real esperada.

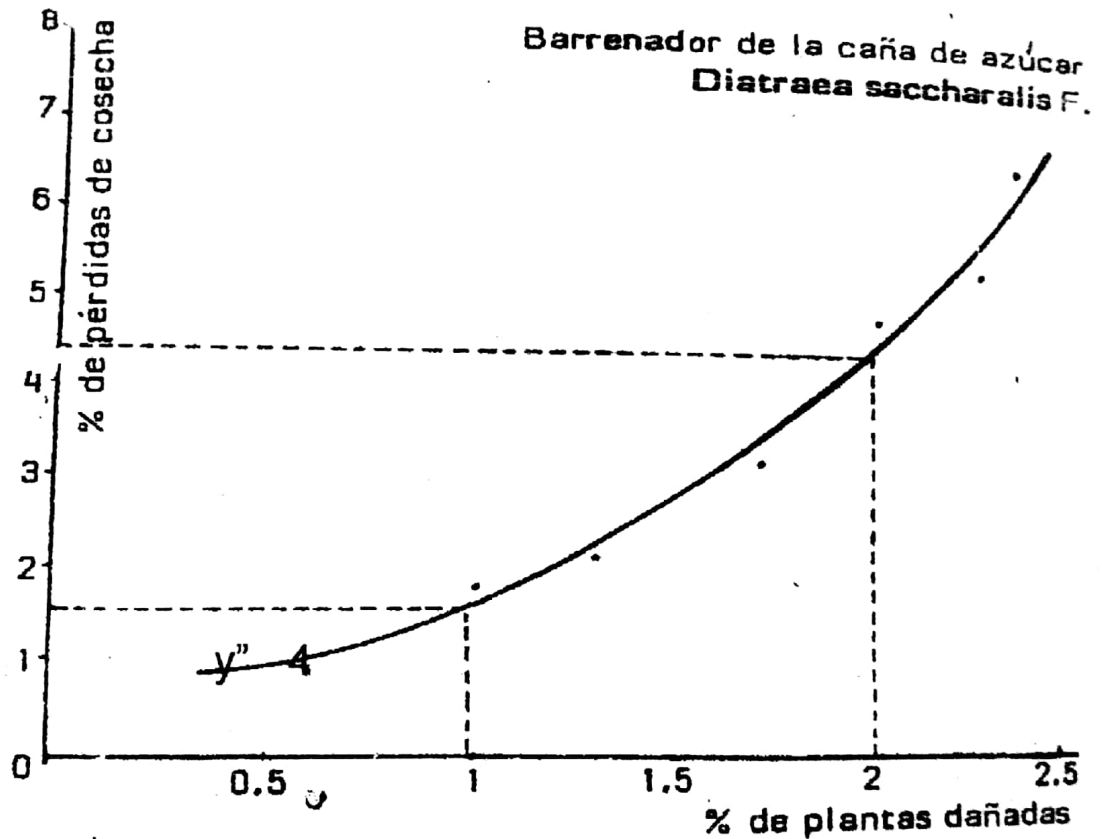
Otros autores no comparten en la actualidad una definición tan estricta y generalizada, puesto que los porcentajes de pérdida que

determina este parámetro, varían notablemente para cada cultivo, estando influenciado por todos los otros factores que intervienen en su composición (Chiang, 1979).

Para el establecimiento de los niveles de daño económico de una plaga en un cultivo dado, debe relacionarse la densidad de población de dicha plaga con la pérdida porcentual de la cosecha o con los valores de la producción obtenida.

Dicha relación plaga-daño puede ser graficada, como se muestra en el siguiente ejemplo:

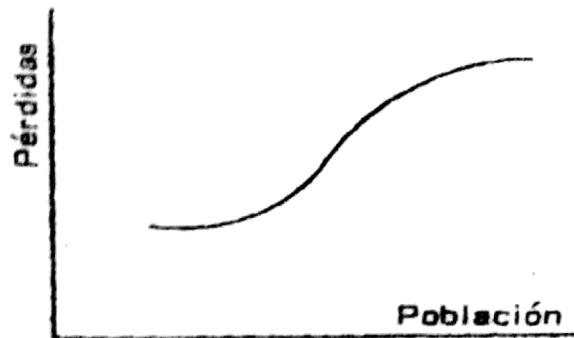
GRÁFICO 1



En este caso, la reducción del rendimiento del cultivo no es linealmente proporcional al porcentaje de incidencia del daño o densidad de población. En efecto, el 1% de daño causa 1,5% de pérdida, pero el 2% de daño no causa el doble de pérdida, sino el 4,3% (González, 1979 b).

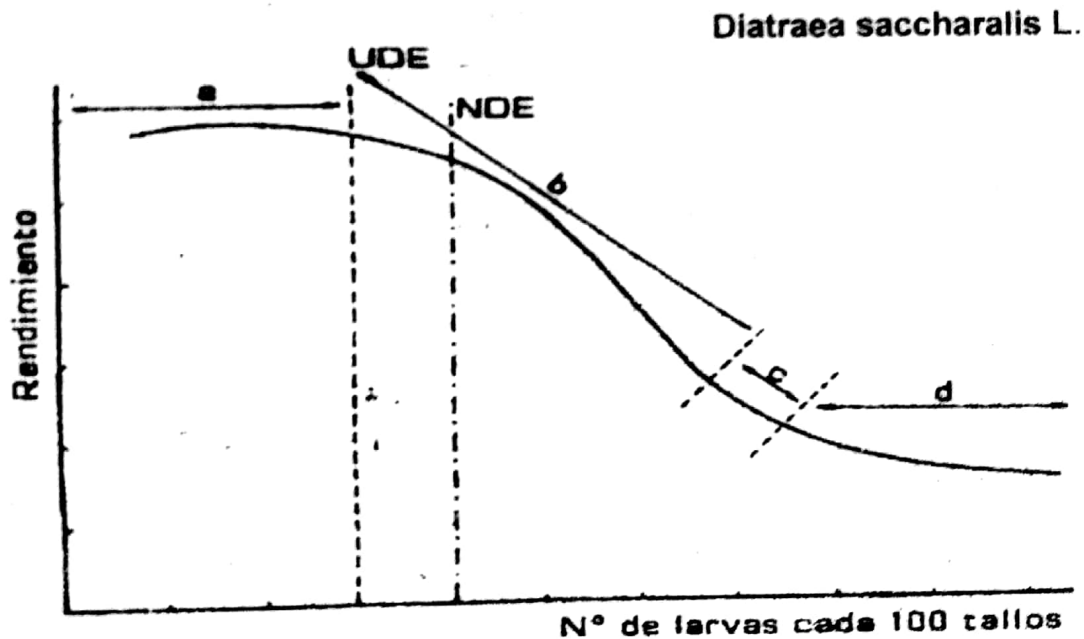
La curva obtenida es de tipo exponencial, aunque esta última puede corresponder a un sector de una curva sigmoide, como la que se muestra seguidamente, caso que también es frecuente.

## GRÁFICO 2



Con otro ejemplo correspondiente a la misma plaga, podemos graficar la relación plaga-daño en base a la densidad de población y cosecha obtenida, analizando además las características de la curva de la variación poblacional.

## GRÁFICO 3



- a) El ataque inicial del insecto no causa a la planta un daño que se manifieste económicamente (baja población sostenida o procesos compensatorios de la planta).
- b) Curva de pérdida de rendimiento, que puede ser calculada en forma matemática.
- c) Zona de competencia para la plaga.

d) Nivel inferior donde se estabiliza el daño.

Aplicar en la etapa a) una táctica de control sería económicamente no rentable, pero a medida que aumenta la densidad poblacional de la plaga se llega a un punto en que tomar tal medida se justifica plenamente. Este punto se identifica como el umbral de daño económico.

Se denomina umbral de daño económico (UDE) al nivel de población de una plaga en la cual se justifican las medidas de control para que aquélla no alcance el nivel de daño económico (NDE). El UDE es un nivel crítico, pues en este punto el daño que causa una población comienza a no ser tolerado económicamente.

El UDE tiene un carácter preventivo, correspondiendo a la menor densidad de una plaga que causa un daño económico tolerable.

Bairne, citado por Chiang (op.cit.) considera que el nivel de población de una plaga en el cual debieran tomarse medidas de control o sea el UDE es el nivel en que los daños que causaría la plaga igualarían económicamente al costo del control.

Este último autor demuestra que los procedimientos de control pueden no ser tan eficientes como para reducir los daños al nivel necesario para que su costo se financie. En otras palabras, estima que, al fijarse los umbrales de daño económico, debe ser tenido en cuenta el factor de eficacia del control que se va a utilizar, proponiendo la siguiente fórmula para su determinación:

$$UDE = \frac{CC}{EC \times R \times P \times RR \times CS} \times FC$$

CC = Costo del control

EC = Eficacia del control ( por ejemplo: en el caso del barrenador europeo del maíz, *Pyrausta nubilalis* (Hübner) las actuales técnicas de control alcanzan 70% de eficacia.

- R = Rendimiento (influido por la variedad, densidad del cultivo, procedimientos agronómicos, etc.).
- P = Precio de la cosecha.
- RR = Reducción del rendimiento, en porcentaje, causado por una determinada densidad de población.
- CS = Coeficiente de supervivencia. Corresponde al grado de supervivencia de la población inicial que es censada para determinar el UDE de la población causante del daño.
- FC = Factor crítico. Es la población promedio que causa los daños, la cual resultará de la población inicial. Está sujeta a las condiciones ecológicas, que pueden tornarse favorables o desfavorables para la plaga.

Otros autores proponen la aplicación de distintas fórmulas, más o menos complejas, que revelan la cantidad de factores que intervienen en la determinación de los niveles y umbrales de daño económico. Estos valores, lejos de constituir cantidades fijas, pasan a ser elementos dinámicos, que aún dentro de un mismo agroecosistema, están sujetos a variaciones que deberán ser tenidas en cuenta.

El umbral de daño económico permite que pueda esperarse unos días antes de tomar decisiones de control, ya que la plaga, por la presión de los factores represivos del medio, puede disminuir su población.

En Inglaterra, se ha establecido un umbral de daño de cinco pulgones de la espiga, *Sitobion avenae* = *Macrosiphum avenae* (F), por espiga. Sin embargo, en el campo recién se aconseja la aplicación de insecticidas cuando este valor permanece o sube dentro de los tres a cinco días de alcanzado el UDE (primer recuento).

Para poder utilizar el UDE, es necesario establecer primero el nivel de daño económico. Esto significa conocer perfectamente los aspectos económicos, tanto de la pérdida de la cosecha como del costo de aplicación de las distintas técnicas de control a emplear para prevenir esa pérdida.

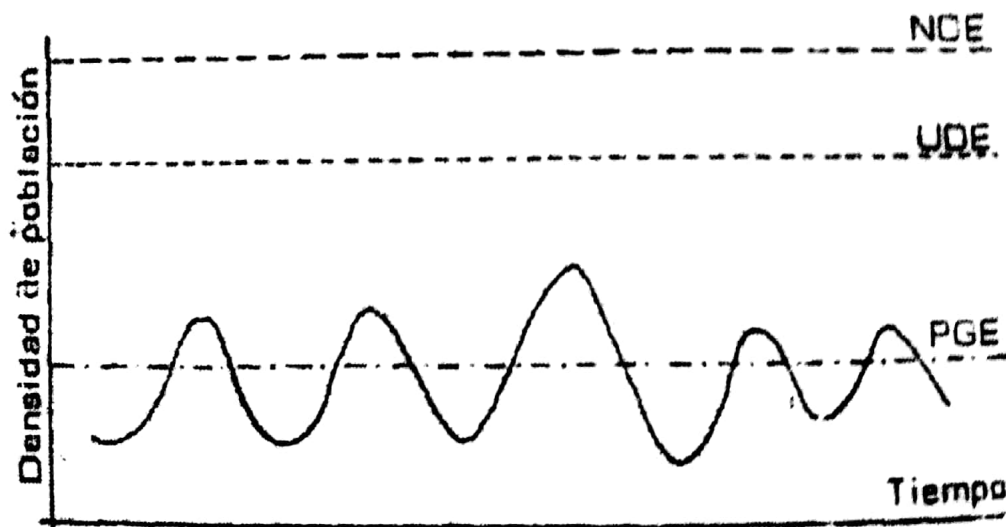
Asimismo, en cierta medida, debe predecirse la posible variación de la población de la plaga, vigilando su desarrollo para determinar así el momento en el cual ésta llegaría a alcanzar el NDE, si no se aplicasen medidas de control.

Podemos ejemplificar algunos casos con distintos valores relativos de niveles y umbrales de daño económico, en relación a la posición general de equilibrio (PGE) de determinada plaga.

Esta variación puede depender del valor de la parte del cultivo que se comercializa o del momento en que se produce el daño o del nivel de la densidad de la plaga.

La población de las plagas cuya posición general de equilibrio oscila por debajo del UDE, sin alcanzarlo nunca, no deberían requerir en momento alguno la aplicación de tácticas de control. Tal es el caso del pulgón verde de la alfalfa, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), que se grafica seguidamente:

GRÁFICO 4

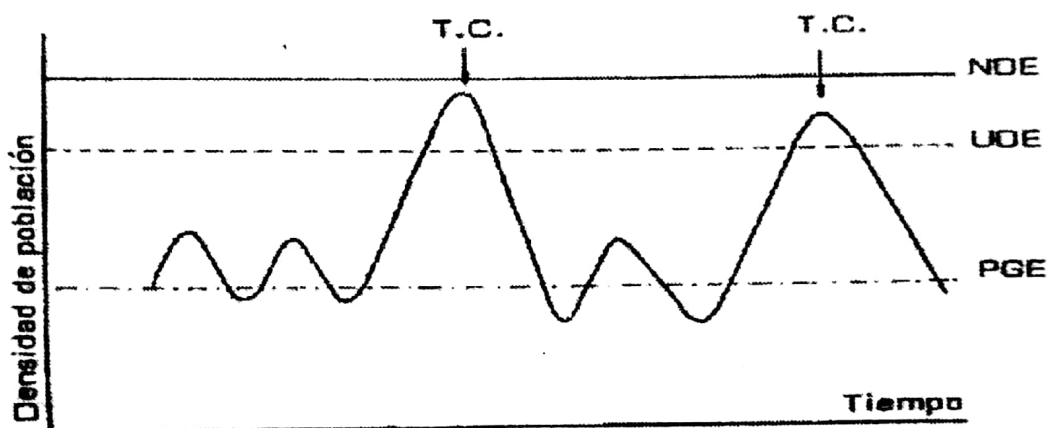


Esta plaga potencial puede convertirse en ocasional si se interviene con insecticidas, o bien si ocurren condiciones climáticas favorables a su desarrollo, tal como se ilustra en el gráfico siguiente:

### GRÁFICO 5

T.C. = Táctica de control.

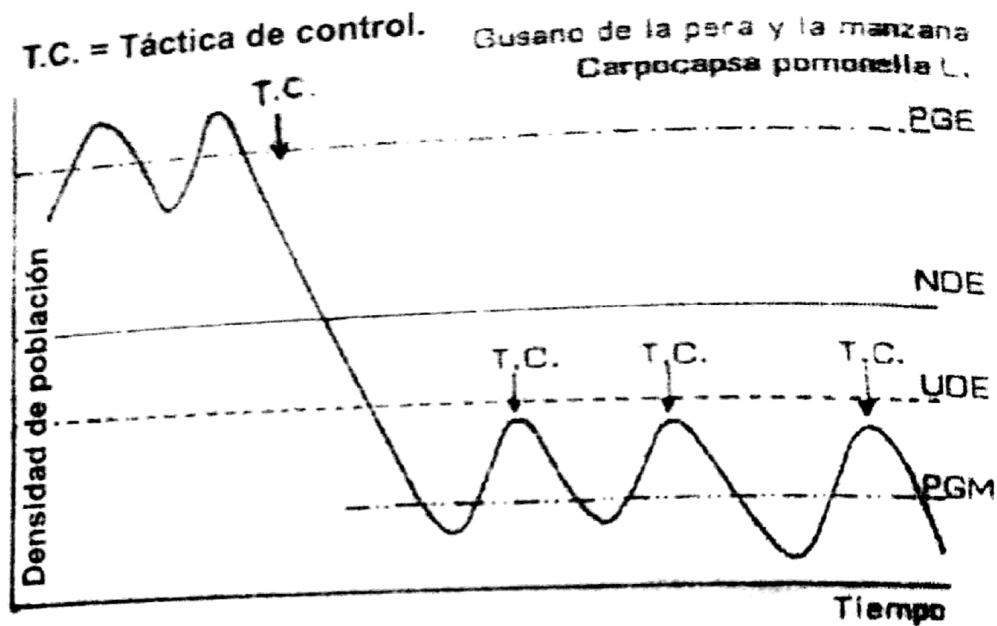
Acaro rojo europeo  
*Panonychus ulmi* (Koch)



Aquí la plaga tiene la PGE muy próxima al UDE. Es necesario recurrir a la aplicación esporádica de tácticas de control para que no alcance el NDE, cuando la población tiende a aumentar su densidad.

Finalmente, tenemos un ejemplo de plaga más severa, cuya PGE está por encima del NDE. Deben aplicarse regularmente tácticas de control programadas y sincronizadas con el ciclo de la plaga, si se quiere lograr un cultivo rentable. La PGE debe modificarse, pasando a situarse por debajo del UDE (posición general de equilibrio modificada, PGEM) tal como se grafica seguidamente:

## GRÁFICO 6



Los valores de NDE, para un mismo organismo animal, varían con el tipo de cultivo en el cual se encuentran. El gusano del maíz, *Heliothis zea* (Bd.) en alfalfa, tiene una PGE por lo común muy por debajo de los valores de NDE que pudieran establecerse. En cambio, cuando ataca al algodón, puede alcanzar una densidad poblacional superior al NDE, si no se maneja correctamente su control en el momento oportuno.

La aplicación del concepto de NDE depende principalmente del conocimiento de la ecología de la plaga en un agroecosistema determinado. Si bien el NDE es una unidad artificial creada por el hombre, está regida por las mismas leyes y principios que gobiernan los ecosistemas naturales. Deben ser evaluados los factores de mortalidad natural que se ejercen sobre el cultivar y tenerse en cuenta la edad del mismo. Hay estados en que un cultivo es más susceptible a una plaga y en ese momento el NDE sería más bajo.

Álvarez y Kidder, citados por Kálnay (1984) acotan que un UDE fijo no cubre todas las situaciones que se presentan en el cultivo de la caña de azúcar, respecto del minador *Diatraea spp.* Comentan que el UDE de 5% de tallos con larvas deben bajar a 2,7% a principios de temporada para un rendimiento de 100 toneladas por ha y un precio del azúcar de 0.33 dólares por Kg. Por lo contrario, debe elevarse hasta un 13,4 % cuando la cosecha avanza, para rendimientos de 45 toneladas por ha, si el precio baja a 0,26 dólares por Kg.

El principal propósito, cuando se utilizan los niveles de daño económico, es sacar ventaja de todos los factores de mortalidad natural, cuyo empleo inteligente y oportuno puede hacer innecesario, en muchos casos, el uso de tácticas de control como la aplicación de insecticidas. Algunas prácticas culturales, empleadas convenientemente, pueden comportarse como excelentes factores de mortalidad natural (Kálnay, op.cit.).

Es importante que ciertos niveles subeconómicos de plagas se mantengan para la alimentación de las especies entomófagas, cuidando así las reservas de las formas benéficas que seguramente se necesitarán en otras etapas del desarrollo del cultivo.

La relación entre la infestación de la plaga y el rendimiento del cultivo, cuyo estudio es fundamental para establecer los niveles y umbrales de daño económico en un proyecto de CIP, sólo puede lograrse mediante métodos experimentales, siendo los ensayos de campo uno de los procedimientos habituales a los cuales se recurre para establecer una relación confiable.

Estos ensayos tienen como base la comparación de plantas sanas con otras atacadas por determinada plaga, de la cual se conoce el grado de infestación y permiten calcular las curvas de regresión y los diversos elementos que pueden modificar su pendiente, como el poder compensatorio del cultivo o los factores represivos del medio.

Hay varios procedimientos para obtener información sobre la pérdida de un cultivo que está siendo causada por una determinada población plaga. En todos los casos, es necesario utilizar un cultivo sano para producir información de base (rendimiento normal). Luego, para obtener un solo tipo de información pueden utilizarse en el campo las parcelas pareadas o las parcelas múltiples cuando se desea lograr información sobre incidencia de los ataques en determinadas fases evolutivas del cultivo o la incidencia de cierta cantidad de individuos en determinada etapa.

El siguiente esquema puede servir de guía para la realización de ensayos de campo. En líneas generales, el mismo coincide con lo expresado por Roberto González (b) op.cit.

#### 1 - Con infestación natural.

- Recuentos directos comparados con el rendimiento.
- Usar parcelas pareadas en diferentes épocas, con insecticidas o sin ellos.

#### 2 - Con infestación artificial

- Infestar las plantas o parcelas con un número determinado de individuos y establecer los NDE en distintas etapas del crecimiento de las plantas. Si es necesario, colocar el cultivo bajo jaulas y efectuar comparaciones con plantas testigo sin plagas. Pueden usarse pequeñas unidades para pulgones, ácaros, cicadélidos, etc.

#### 3 - Cultivares resistentes

- Comparar el rendimiento de un cultivar susceptible con el de uno resistente, como respuesta a una misma población plaga.

#### 4 - Simulación de daños

- Estudiar las mermas de la producción simulando el daño de plagas en hojas (defoliación en distintos grados) perforación de tallos, caída de frutos, etc.

El daño simulado es una herramienta muy usada para lograr una aproximación al valor real del NDE, pero el mismo es del tipo mecánico y no selectivo, adoleciendo además de dos importantes inconvenientes:

- a) No agrega elementos secundarios, como ser la transmisión de enfermedades, toxemias, deyecciones, oviposición, telas, etc.
- b) No representa el efecto de una plaga por un período prolongado. Esto último es más dañino, a veces, que un gran daño en un corto período.

## Muestreo y toma de decisiones

La toma de muestras en el campo, con la finalidad de iniciar un programa de control integrado, puede presentarse como un problema serio. Sin embargo, no es técnicamente difícil, aunque es necesario reconocer que por lo general hay falta de experiencia y recursos.

El muestreo es un indicador fundamental para el monitoreo de las plagas, cuando se deben realizar estudios de dinámica poblacional o establecer valores de NDE. Para lograrlo en una forma confiable, es necesario adquirir cierta experiencia.

Esta técnica debe adecuarse a cada tipo de plaga, al igual que la superficie de muestreo y la forma de hacer el recuento.

No existe un patrón de muestreo que se adapte a todos los cultivos y plagas, siendo aconsejable salir previamente al campo con auxiliares de confianza y analizar el problema. Esto tiene por objeto formarse una idea de los factores limitantes que hay que tener en cuenta antes de hacer mediciones y recuentos y fijar parámetros. No conviene planificar desde el gabinete y recién después salir al campo.

El tiempo es un factor importante para lograr un buen muestreo, pues éste representa el valor de una población en un momento dado. Hay que recorrer todo el campo, ya que cada sector, aún dentro del mismo lote puede configurar una situación distinta, mereciendo por lo tanto un tratamiento diferente.

También es importante saber en qué parte del vegetal hay que tomar la muestra. El pulgón de la espiga *Sitobion* (= *Macrosiphon*) *avenae*, ataca los cereales el 86% en la espiga y el resto en la primera, segunda y tercera hojas. En cambio, el pulgón de la avena *Rhopalosiphum padi* (L.) en cereales, ataca en pequeño porcentaje la espiga y la tercera hoja, pero en su mayor parte se ubica en la primera y tercera hojas.

Asimismo, es necesario conocer los períodos en que aparecen las plagas, por ejemplo, debe saberse si hay que muestrear en estado de prefloración, madurez o en otro estado.

Otra tarea que debe realizarse es estudiar la disposición espacial y temporal de la plaga, lo que posteriormente definirá una distribución estadística capaz de describir el comportamiento de los datos.

Generalmente se acepta – por ejemplo en el caso del conteo de insectos – que un método apropiado estadísticamente es el llamado secuencial. Éste se basa en el cociente de probabilidades, valor obtenido en base al conocimiento previo de la distribución estadística definida en la experimentación oportunamente realizada.

Quinteros (1984) encuentra que en el tomate, la distribución estadística que mejor describe el comportamiento de los datos obtenidos a través de un censo de larvas de *Scrobipalpa absoluta* (Meyr) es la distribución binomial generalizada, aclarando que existe la posibilidad de que también se ajusten aproximadamente otras distribuciones de contagio.

La toma de muestras debe ser representativa del campo en el que se está trabajando. Esto condiciona la tendencia a que la unidad de muestreo sea grande, cuando lo mejor sería tomar muestras pequeñas pero representativas, para lo cual tienen que hacerse las repeticiones necesarias.

El muestreo puede ser:

#### 1 - Directo

Recuento del número de individuos sobre la planta, por hoja, por tallo, por metro cuadrado, lineal, etc. Depende de la plaga y del cultivo. Se debe elegir una unidad de muestreo representativa, que permita expresar los datos por unidad de superficie.

1.1. Directo sobre la planta. Es el caso de polillas sobre frutales, ácaros por hoja, barrido por red, aplicando insecticidas y haciendo recuento de los individuos muertos en una rama, flor, fruto, planta, etc.

1.2. Directos en el medio. Cultivos trampa, trampas de color. Con atrayentes sexuales o alimenticios, de agua, pegajosas, de succión, etc. Muestreo de suelos (método seco o húmedo) pozos, etc.

## 2 - Indirecto

Recuento de daños u otros efectos del ataque de una plaga, que puedan emplearse con métodos de estimación de pérdidas, expresándose en números totales o en escala de valores. Ej: número de plantas muertas, número de plantas perforadas en la raíz o en el tallo, daño en las hojas, semillas o frutos, etc.

Es necesario realizar los ensayos de campo durante dos o tres años y si es posible, conviene hacer repeticiones en localidades distintas.

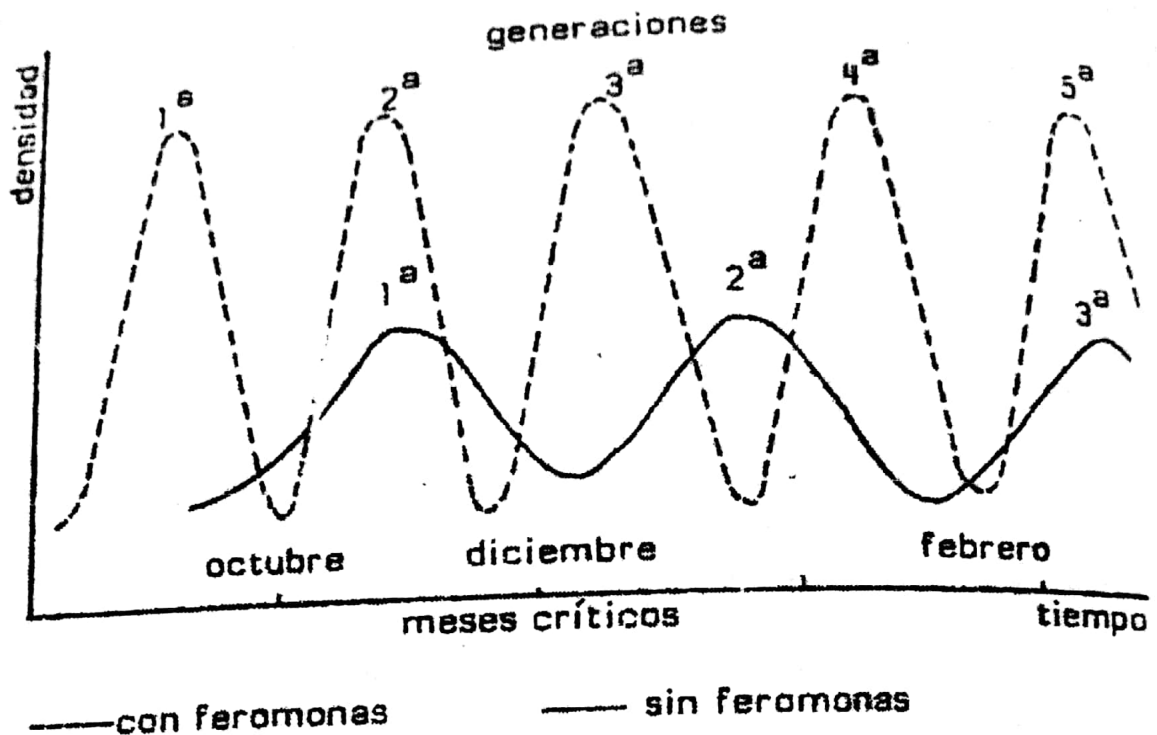
Hay varios diseños estadísticos que se adaptan a este tipo de ensayos. Por ejemplo: parcelas pareadas, parcelas múltiples y bloques al azar. En todos ellos es fundamental cuidar que las parcelas testigo no sufran infestación de plagas, para lo cual deben ubicarse convenientemente separadas, o protegidas por cultivos que las aislen.

Para algunas especies de artrópodos, tales como larvas de lepidópteros o acrídidos, un método muy divulgado es el uso de la red de captura. Sin embargo, sus resultados son relativos, pues dependen mucho del sustrato vegetal donde hay que pasar la red y está siempre presente un factor subjetivo influido por la situación del operador.

Los atrayentes sexuales, como las feromonas, son útiles para muestrear la primera generación de adultos de lepidópteros, pero les falta aún algo de seguridad, pues por ser tan atractivos, detectan niveles muy bajos de población y se adelantan aparentemente al período crítico, pudiendo el productor aplicar insecticidas en forma anticipada.

Es necesario tener cuidado, pues las feromonas capturan niveles sin importancia y esto puede inducir al error de realizar más pulverizaciones que las necesarias.

GRÁFICO 7



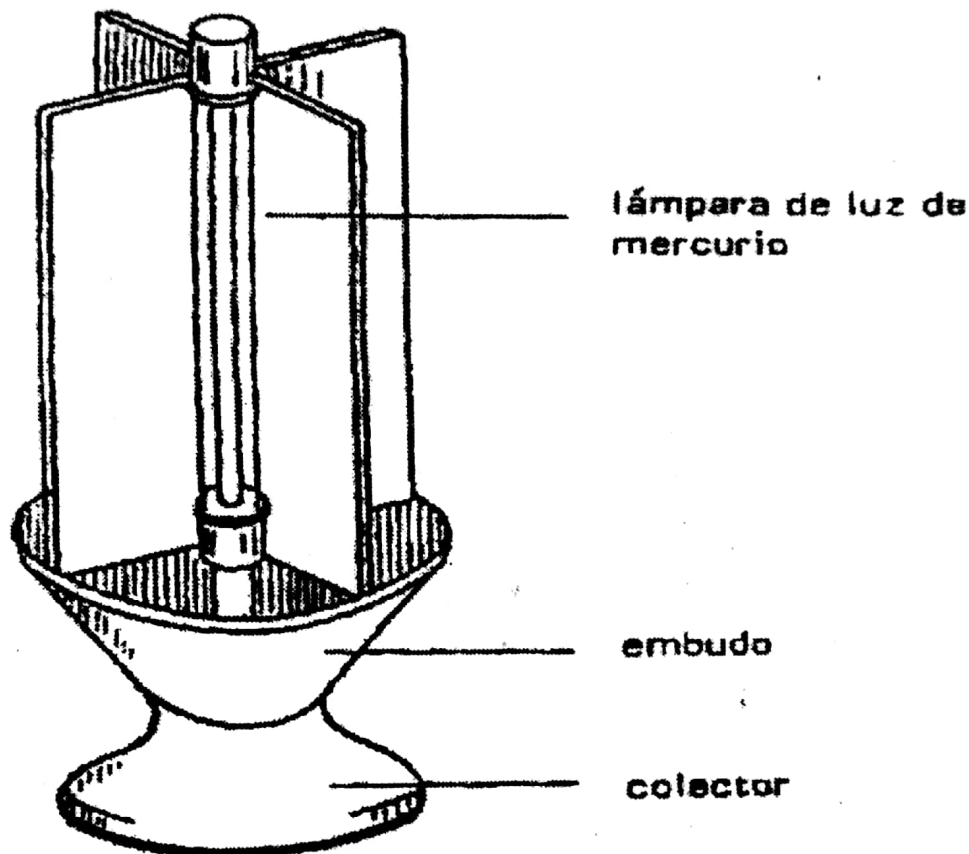
Los ácaros son muy difíciles de muestrear. Se están desarrollando para este caso máquinas aspiradoras y cepilladoras, pero aún deben perfeccionarse.

Para algunos cultivos, como el algodón, existen bolsas recolectoras especiales y también un dispositivo con dos semicilindros y una bolsa en la parte superior con la cual se cubre la planta a muestrear, dejándose pasar unos diez días antes de efectuar los recuentos.

Barral (1977) propone una forma eficaz para efectuar un correcto muestreo en el cultivo de algodón, cuando se quiere analizar la población de la broca del algodnero, *Eutinobothrus braziliensis* (Hambleton): se marcan parcelas de 20 m de largo por una o dos hileras de ancho, en el sentido de los surcos, a razón de una por ha. En estas parcelas se arrancan las plantas secas o con signos de marchitamiento y mediante el examen del interior del tallo se determina la presencia de la broca.

Las trampas de luz han dado también resultados útiles y su uso para muestreo está muy difundido, existiendo varios tipos y modelos, como el que ilustra el dibujo. Debe procurarse no tomar más muestras que las necesarias.

### TRAMPA DE LUZ



El empleo de trampas como éstas, con luz ultravioleta, es muy efectivo en programas de control integrado en cultivos de frutales, como manzanos y perales.

En California, en donde existen programas de control integrado para plagas del algodón, se efectúa el muestreo mediante observadores destacados en áreas de cultivo, a razón de uno por cada unidad de muestreo, cuya superficie es variable según los programas.

Dichos observadores realizan su trabajo empleando tarjetas especiales, como la que se ilustra a continuación:

## MODELO DE TARJETA

Lugar Muestra	Parcela	
	Fecha	
Muestreo N°	Límite inferior	Límite superior
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

**INSTRUCCIONES**

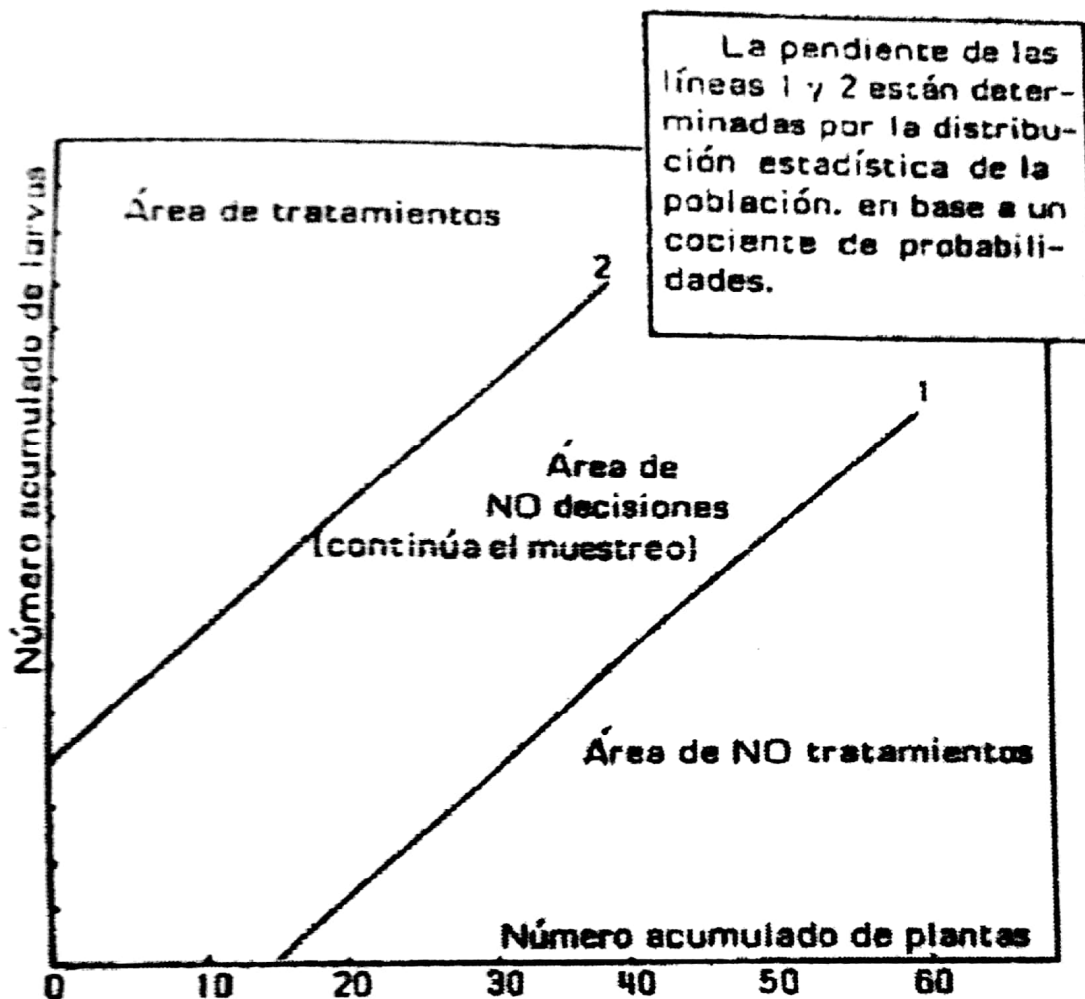
- 1) RECORRER LAS ESTACIONES INDICADAS EN EL PLAN
- 2) CONTAR LAS LARVAS EN CADA ESTACION COMO EN LAS FICHAS
- 3) ANOTAR EN LAS FICHAS EL RESULTADO DE LAS OBSERVACIONES.

Modelo de  
tarjeta  
para muestreo

Cada observador recorre su sector de campo efectuando los recuentos según el plan de muestreo previamente establecido. En cada estación de muestreo consigna en su tarjeta, por cada diez plantas, el número de larvas halladas en cada observación, de la especie que se está monitoreando, por ejemplo *Heliothis virescens* Fabr.

Esta cantidad se va acumulando al número de larvas que se encuentre en las estaciones de muestreo posteriores. Es decir, la observación es acumulativa en forma correlativa.

Los datos tomados por cada observador se llevan al gráfico correspondiente de la tarjeta de campo (Gráfico 8). Mientras los datos se ubiquen dentro de la zona continua comprendida entre las líneas 1 y 2, no debe tomarse ninguna decisión.



La decisión a tomar no se improvisa ni es de exclusiva responsabilidad del observador, sino que ya está prevista de antemano y a veces puede venir consignada en la tarjeta. Tal decisión dependerá principalmente de la densidad poblacional, pero teniendo en cuenta también otros datos, tales como el momento fenológico del cultivo, condiciones ambientales, etc. El momento de la toma de decisiones coincide con los valores del UDE establecido.

En muchos países en donde se ha avanzado bastante en la aplicación del control integrado, hay servicios técnicos especializados que pueden ser contratados por los productores. Estos servicios asignan un observador, llamado "plaguero", por cada unidad de muestreo, cuya superficie dependerá de lo que es capaz de atender cada plaguero en relación con la laboriosidad del método de muestreo a utilizarse.

Los datos que se recogen a diario o periódicamente, según la etapa del cultivo o estado evolutivo de la plaga, son procesados en un centro de cómputo y las decisiones a tomar son señaladas por una computadora programada especialmente, que almacena en su memoria datos referentes al mismo problema de por lo menos cinco o seis años anteriores.

El mismo servicio técnico provee los medios necesarios para efectivizar la decisión a tomar, que puede consistir en la liberación de enemigos naturales, una labor cultural o la aplicación de plaguicidas específicos químicos o biológicos, entre otras tácticas.

Cabe señalar que el costo del mantenimiento de la sanidad de un cultivo mediante estas empresas resulta más bajo que el costo de las numerosas aplicaciones de plaguicidas que deberían realizarse según la técnica tradicional.

Cuando se trata de programas de control poco experimentados o aquellos para los cuales no se cuenta con oferta de servicios o no se justifica el uso de computadoras, como ocurre por el momento en la generalidad de los casos, la toma de decisiones será responsabilidad de un especialista o grupo de especialistas.

Dichos profesionales deben estar capacitados para predecir la tendencia de una población plaga, sobre la base de los datos que vayan surgiendo del monitoreo. Todo equipo que maneje un programa de CIP debe contar con dichos especialistas, pues su asesoramiento dará ventajas a los productores, evitando aplicaciones inútiles, perjudiciales o anticipadas de materiales químicos, con sus imprevisibles consecuencias para el manejo correcto del agroecosistema o la postergación de la adopción de otras tácticas de control.

Es importante destacar que, contrariamente a lo que viene sucediendo en muchos casos hasta ahora, la toma de decisiones debe quedar, por razones obvias, en manos de especialistas que no tengan interés económico en la venta de plaguicidas.

## **Tablas de Vida**

Mediante un muestreo especializado, se pueden elaborar las llamadas Tablas de Vida, que son útiles para estudiar componentes de la dinámica de las poblaciones, como son por ejemplo los factores de mortalidad natural.

Las Tablas de Vida no son más que una serie de mediciones recogidas a lo largo del ciclo biológico de una especie durante varios años de observaciones.

Su utilidad puede ser muy grande, pues es uno de los elementos que se usan también para determinar el impacto producido por los plaguicidas en los agroecosistemas.

Cuando una Tabla de Vida se elabora con datos obtenidos en el laboratorio, se llama Tabla de Vida Fisiológica, si es en base a datos de campo, se llama Tabla de Vida Ecológica y si contiene un análisis de natalidad se la denomina Tabla de Fertilidad. Los profesionales especializados en este tipo de estudios disponen de diversos modelos para confeccionar tales Tablas, según la investigación que se pretende realizar.

La diagramación detallada del estudio de los factores de mortalidad natural de cada especie no es fácil de hacer, pues requiere gente adiestrada, con gran conocimiento del trabajo por realizar. Además, son costosos, aunque de indudable valor para establecer la importancia y el resultado que puede esperarse en el comportamiento de los enemigos naturales que se intenta emplear en el control de plagas.

### **Conocimiento del agroecosistema**

Se ha definido a los ecosistemas como sistemas de organismos vivientes en su relación con el medio, en el cual intercambian materia y energía. Del estudio de estas unidades han surgido diversas metodologías y herramientas que los técnicos utilizan para analizarlos y comprender su funcionamiento.

El concepto de agroecosistema abarca la definición de ecosistema, pero contando por lo menos con una población de valor agrícola. Esta

población o poblaciones pueden ser animales o cultivos – o ambos – que conviven con las otras poblaciones características de los ecosistemas, como ser artrópodos, aves, malezas o agentes patógenos. La comunidad interactúa de este modo entre sí y con el medio abiótico, formando el agroecosistema.

Hart (1979) distingue dos tipos de agroecosistemas: los que tienen un subsistema de cultivos, que pueden ser anuales o perennes y los que tienen un subsistema pecuario.

El agroecosistema es entonces el ambiente del que forman parte los cultivos y/o se cría el ganado. En suma, es el ambiente en el cual se conduce una actividad económica cuya finalidad es producir ganancias.

Si bien no pueden considerarse espontáneos, los agroecosistemas son aún ecosistemas y valen para ellos todos los conceptos ecológicos que en éstos se manejan, como ser el flujo de energía y el ciclaje de materia.

Desde que en los agroecosistemas viven e interactúan poblaciones de plantas y animales, deben considerarse fundamentalmente los conceptos ecológicos vinculados a la interacción entre poblaciones, como competencia y depredador-presa, que tienen especial aplicabilidad en el control integrado.

Southwood y Way, citados en INTA-FAO (op cit.) han establecido las siguientes características distintivas de los agroecosistemas, con respecto de los ecosistemas naturales.

1. Los agroecosistemas no se perpetúan y consecuentemente son de un rango de duración limitada, que abarca desde unos pocos meses hasta varios años para los cultivos perennes, llegando tal vez al medio siglo en el caso de los frutales.
2. Las plantas son seleccionadas por el hombre, en lugar de ser el resultado final de la selección natural en un ambiente dado.
3. Poseen limitada diversidad de especies. Típicamente son monocultivos mantenidos por las labores culturales y modernos herbicidas. Entre las excepciones están el

cultivo intercalado, los huertos mixtos y los campos forrajeros mixtos.

4. Tienen limitada diversidad intra específica. Existe un limitado rango de genotipos que tienen una máxima sincronización en germinación, floración y maduración.
5. Suministro de nutrientes. Generalmente reciben fertilizantes químicos u orgánicos, con ganancias concomitantes en la tasa de crecimiento y niveles de nutrientes en el follaje.
6. Disponen de suministro de agua. La humedad del suelo puede controlarse por medio de riegos y drenajes.
7. Están sujetos a irrupciones periódicas de plagas, lo que constituye una característica de los agroecosistemas, debido a su menor estabilidad y a su reducida diversidad.

Hasta la aparición del CIP como nueva estrategia de lucha fitosanitaria, el concepto de agroecosistema no era tenido en cuenta para quienes se dedicaban al control de plagas. Salvo probablemente escasas excepciones, se estudiaba el cultivo como un elemento aislado, en el cual era suficiente la presencia de algunos individuos de una plaga para considerárselo en peligro de ser destruido, disponiéndose por lo tanto la inmediata aplicación de productos químicos con fines terapéuticos.

Como hemos visto, el campo agrícola no es una unidad aislada, sino que es parte de un sistema ecológico que incluye las áreas cultivadas vecinas, bosques, canales de riego, arroyos, campos enmalezados o no cultivados, caminos, vías férreas, etc. como elementos que forman parte del agroecosistema y que deben ser especialmente conocidos.

Están, además del cultivo y su ciclo vegetativo, el suelo y su biota, las condiciones generales del medio físico y químico, las plagas y agentes patógenos con sus factores de mortalidad natural, las malezas con su acción competitiva por los nutrientes, humedad, luz y espacio y los propios condicionamientos del hombre en cuanto al manejo que hace del sistema.

Por esas manipulaciones que el hombre aplica a los agroecosistemas, las plantas tienen que ser de una base genética, edad y espaciamiento uniforme. Las características ecológicas y

fisiológicas de estas plantas así condicionadas, determinan mucho de lo que ocurre con las poblaciones de plagas en el agroecosistema.

Surge así, que el fundamento básico del manejo de plagas en el control integrado, es el conocimiento profundo y detallado del agroecosistema, no bastando ya la simple inspección del cultivo en busca de la presencia de algunos artrópodos perjudiciales.

El cabal conocimiento del agroecosistema debe conseguirse mediante una acción programada, de la cual participarán equipos de especialistas que a través de un minucioso inventario, registren la evolución de la biota a lo largo de varios años.

Ingenieros agrónomos, edafólogos, entomólogos, botánicos, especialistas en malezas y fitopatólogos entre otros, cada uno en su área de especialización, formarán el archivo de datos que permitirá, con el transcurso de los años, perfeccionar ese necesario conocimiento cada vez más completo del agroecosistema, base fundamental para poner en marcha los complejos programas de control integrado.

En el análisis del agroecosistema, debe ponerse especial atención al conocimiento integral de las principales plagas que se vayan encontrando. Teniendo presente que el fin último del control integrado es dominar las causas adversas de origen biótico que afectan la producción, se hace imprescindible establecer o registrar el tipo de plagas, competidores, enemigos naturales hallados y la forma en que otros elementos del ambiente influyen en su dinámica o la modifican.

En relación a las plagas o sus enemigos naturales, deben también estudiarse detalladamente el grado de actividad migratoria, las fuentes y condiciones para la invasión y el asentamiento, papel de los hospederos alternativos, atractividad del cultivo y disponibilidad de alimentos para los organismos entomófagos y no entomófagos.

Un dato fundamental para el conocimiento del agroecosistema es la determinación de las densidades poblacionales de los artrópodos que configuran las plagas más importantes, como así también su fluctuación a lo largo del año o ciclo.

Esta información es necesaria para la determinación de los niveles y umbrales de daño económico y en definitiva, estará influenciada por la calidad del agroecosistema.

Los agroecosistemas son lábiles. Varían a veces ampliamente en estabilidad, complejidad y tamaño, debido a que se encuentran en proceso de evolución constante. Influyen en esta estabilidad los cambios de prácticas culturales, los cultivares y los procedimientos de control adoptados en cada circunstancia. Por estas razones y también por las características de las plagas que los afectan, sobre todo si son migratorias, los límites de los agroecosistemas son difíciles de precisar.

El hombre, con la finalidad de aumentar los rendimientos y la calidad de sus cultivos, tiende a simplificar los agroecosistemas. Esta práctica procura lograr ventajas para la producción y cosecha, haciéndolas más eficientes.

Muchas prácticas culturales realizadas con ese fin, como siembra, riego y cosecha, se facilitan cuando los cultivos se sistematizan y se realizan en ellos ciertas prácticas habituales, como la eliminación de malezas. También se puede sistematizar así los programas de control de plagas y enfermedades.

El conocimiento del agroecosistema, según R. González (INTA-FAO, op.cit.) no es más que una ampliación del conocimiento de la agronomía de los cultivos que han de protegerse y de las relaciones físicas y biológicas que actúan en el ecosistema.

La información necesaria para poner en marcha un programa de CIP ha de obtenerse del agroecosistema local y vale solamente para esa finalidad y ese ámbito, no siendo estos datos extrapolables a otras zonas o situaciones.

Del mismo modo, la adopción de prescripciones basadas en éxitos alcanzados en agroecosistemas parecidos de otras regiones o países, no tendrán valor para el programa local. Solamente podrán tenerse en cuenta las metodologías usadas, las cuales deberán ser debidamente probadas y/o adaptadas a cada situación particular que se presente.

### CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS Y ENFERMEDADES

#### Malezas

Las malezas forman parte de los agroecosistemas, ya que son uno de los principales componentes del daño que las causas adversas de origen biótico provocan a los cultivos. Este daño se manifiesta fundamentalmente y en forma directa por competencia en cuanto a nutrientes, agua, luz, espacio y efectos alelopáticos.

Existen, no obstante, otros daños que podríamos llamar indirectos. Chisaka (1977) establece los siguientes:

- Intensificación de enfermedades, insectos y otras plagas al servir de hospederos alternativos y/o reservorios.
- Reducción de la eficacia de cosechadoras y otras máquinas.
- Daños al ganado por presencia de malezas tóxicas en pasturas y forrajes.
- Reducción de la eficacia de los sistemas de irrigación por presencia de malezas acuáticas.

Como dato interesante, el autor citado informa una experiencia con un cultivo de arroz, en el cual las malezas no controladas durante tres años consecutivos redujeron la producción en un 40%.

La presencia de malezas en un cultivo se debe a su evolución dentro de los ecosistemas modificados por el hombre, que determina su eficaz adaptación ecológica favorecida por las prácticas agropecuarias. Tal adaptación las convierte en ventajosas competidoras frente a las plantas cultivadas, generalmente más débiles por ser menos rústicas.

La consideración del problema de las malezas dentro de las normas del control integrado, es más reciente que el desarrollo de las estrategias o programas para el control de los artrópodos perjudiciales. Su manejo apunta más allá que a su mero control, puesto que las malezas – por tratarse de poblaciones dinámicas que interactúan en su medio – suelen cumplir otros papeles importantes dentro del ecosistema.

Así pueden ser, en algunos casos, reservorios u hospedantes alternativos de organismos perjudiciales, ofreciéndoles abrigo y/o alimento para completar su ciclo biológico o protección contra diversos factores de mortalidad natural bióticos o abióticos. En otros casos, como una acción positiva, pueden favorecer el mantenimiento de enemigos naturales de las plagas animales de los cultivos o de otras malezas, como así también de insectos polinizadores.

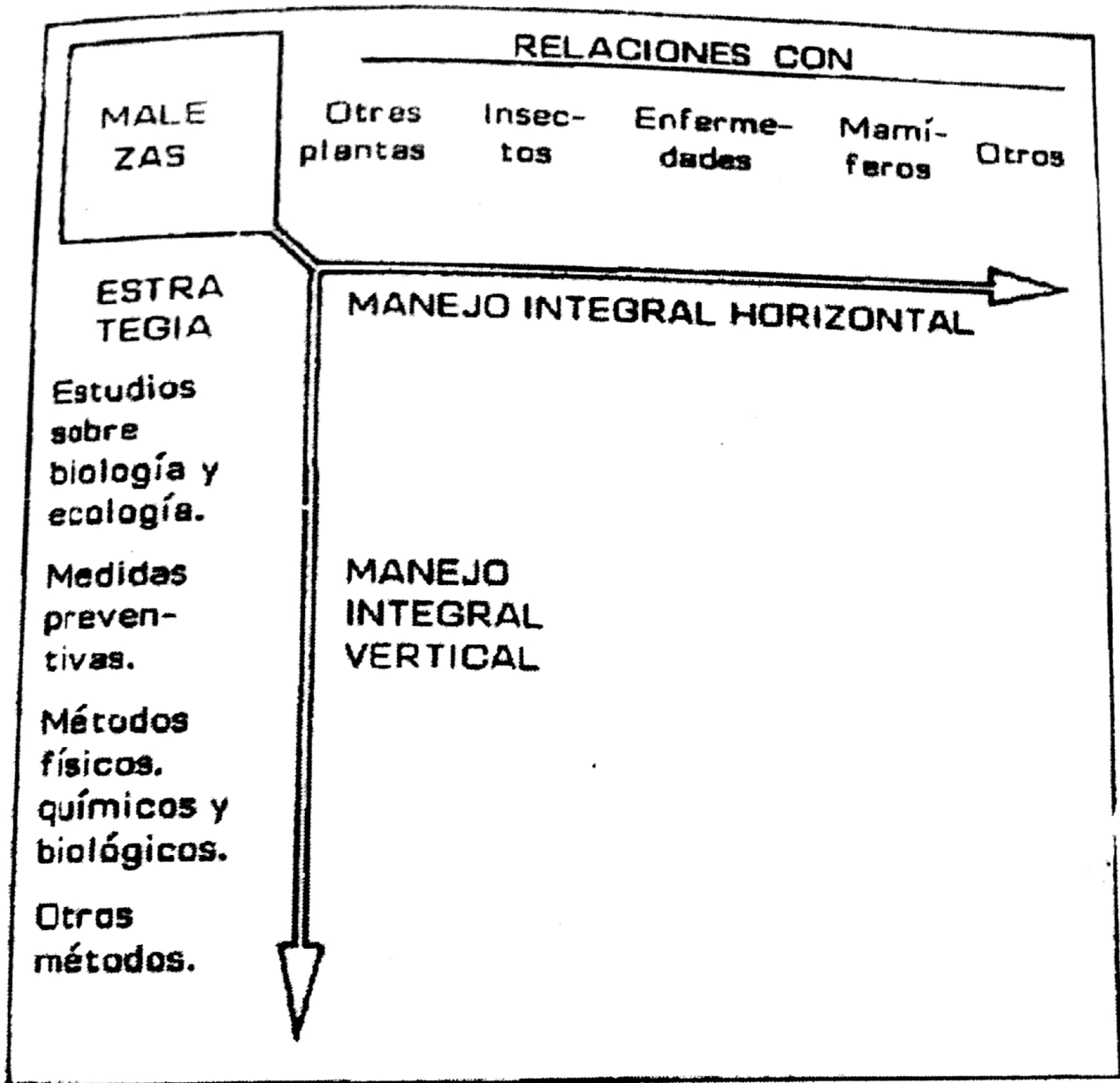
La utilidad o perjuicio de las malezas, desde este punto de vista, puede en algunos momentos ser de significativa importancia, sobre todo en etapas en las que al cultivo no se encuentra por tratarse de plantas anuales.

Hasta que los principios del CIP fueron logrando nuevos ámbitos, para controlar las malezas se contaba con tácticas aisladas, entre las cuales principalmente deben citarse la aplicación de herbicidas, de fabuloso desarrollo en la últimas décadas, el control biológico (sobre el cual se esbozan algunas conceptos en el Capítulo 5) y las prácticas culturales.

Según Osvaldo Fernández (1988) es necesario enfocar como una unidad una serie de factores abióticos y bióticos que, debido a su interdependencia e interacción, pueden ser vistos como un suceso único, no dejando por ello de constituir un problema complejo.

El citado investigador (op. cit.) reproduce un esquema (Figura 2) adaptado de Soerjani (1977) en el cual se sintetizan los enfoques llamados Manejo Integrado Horizontal y Manejo Integrado Vertical, puntualizando la ventaja de evaluar este problema desde dos niveles distintos de acción, replanteando a las malezas como elementos dinámicos del ecosistema por su vinculación con otros componentes bióticos y abióticos del mismo, advirtiendo sobre la inconveniencia de cualquier decisión unilateral sobre los mismos.

FIGURA 2



Para tomar decisiones en el manejo de las malezas desde el punto de vista del CIP, es necesaria la diagramación de programas en los cuales la información acumulada y las posibles tácticas de control o manejo juegan un papel fundamental. En tales programas, la propia experiencia y la información que puedan abordar los responsables de su ejecución, constituyen elementos de sumo valor en cada caso particular.

Los resultados que puedan irse logrando en la aplicación de un programa de control integrado, en lo que hace a malezas, en un principio seguramente no serán satisfactorios, puesto que las

estrategias aplicadas adolecerán de vacíos de información. Esto, sumado a la falta de experiencia, debilitará el resultado que se espera alcanzar.

Muchas veces, en los comienzos, será necesario utilizar las mismas tácticas químicas, culturales o biológicas que el productor venía usando tradicionalmente, puesto que es posible que no se cuente aún con elementos de juicio para suprimirlas o modificarlas. Es obvio que tales prácticas y su impacto en el ecosistema deberán estudiarse y medirse minuciosamente.

La práctica brindará la experiencia necesaria para ajustar el programa año a año, pero en definitiva, debe asumirse que estos programas, a largo plazo, rendirán el fruto esperado.

Chisaka (op. cit.) ilustra sobre los principales datos informativos y/o medidas a adoptar para conformar un programa:

1. Mejora de los métodos culturales de control, tales como época de siembra, distancias de plantación y manejo de la fertilización.
2. Verificación de las malezas que deben ser controladas.
3. Determinación del momento óptimo para el control.
4. Selección de las medidas de control deseables, acordes con el nivel y naturaleza de sus efectos.
5. Predicción de las pérdidas debido a la competencia de las malezas.

### **Limitaciones**

Las malezas ejercen su acción negativa sobre la producción de las plantas cultivadas - como se ha dicho - principalmente por competencia de nutrientes, agua, luz y espacio, existiendo también otros factores poco estudiados aún, vinculados con efectos alelopáticos, además de algunas consecuencias secundarias ya comentadas también.

El daño es por lo tanto, indirecto y además, complejo. Ello dificulta el establecimiento de niveles y umbrales de daño económico.

Otra limitación para el desarrollo del CIP en lo referente a malezas, es la falta de conocimientos o información disponible sobre biología y ecología de las malezas, que impiden al técnico contar con el conocimiento necesario que debe marcar el punto de partida para cualquier táctica a implementar.

Finalmente, es necesario destacar que en nuestro país, como en muchos otros, el control de malezas motiva y moviliza a un gran número de profesionales y que en torno a esta actividad se canalizan importantes recursos económicos.

Dichos profesionales son en realidad verdaderos especialistas dentro del amplio panorama de la Sanidad Vegetal y por tal razón, el enfoque que ellos imprimen a las medidas de control que preconizan, está limitado casi exclusivamente a las tácticas químicas, pocas veces complementadas con medidas culturales y en segundo término, en muy escasa proporción, con el control biológico.

La consecuencia de esta forma de trabajar significa que, casi en su totalidad quienes se ocupan del control de malezas con una finalidad económica, lo hacen sin interesarse por el resto de los problemas fitosanitarios del cultivo, por lo cual toman en consecuencia, medidas que apuntan solamente al objetivo de eliminar las plantas consideradas perjudiciales.

El CIP preconiza el accionar conjunto de todas las especialidades que intervienen, mirando al agroecosistema como una unidad en la cual interactúan numerosos elementos bióticos y abióticos.

Las medidas aisladas, pues, no sólo son incorrectas en un programa de esta naturaleza, sino que pueden perjudicar su principal objetivo, que es obtener el mejor rendimiento de los cultivos, manteniendo a las plagas y enfermedades en su totalidad por debajo de los niveles de daño.

## Enfermedades

Desde el punto de vista del control integrado, las enfermedades configuran un aspecto que, juntamente con el problema planteado por las malezas – si bien en ningún momento se dejó de considerar – recién en los últimos años ha sido incluido por los investigadores dentro de los programas de esta nueva metodología de control, con el objetivo de lograr un manejo coordinado de la totalidad de las causas adversas de origen biótico que interactúan en el agroecosistema. Es necesario no olvidar que esta estrategia de control comenzó fundamentalmente con el manejo de artrópodos.

Teniendo en cuenta que, las enfermedades son habitualmente controladas con el empleo de fungicidas químicos, es válido pensar que la aplicación de estos compuestos no puede dejarse fuera de los programas de control integrado, ya que su presencia en el medio puede alterar el desarrollo de enemigos naturales, sobre todo los del grupo de los entomopatógenos, cuyo accionar el sistema trata de potenciar para usarlo en su beneficio (Ricci, 1988).

Un aspecto interesante, al que muchos investigadores se están dedicando actualmente, es el de la transmisión de enfermedades por la semilla.

En el poroto, por ejemplo, el 50% de las principales enfermedades que pueden presentarse en el cultivo, son propagadas por la simiente (Ellis y Gálvez, 1980).

Los mismos autores especifican que, en la actualidad se conocen aproximadamente unos 1.500 patógenos que se transmiten por la semilla en diversos cultivos, entre hongos, bacterias y virus, de los cuales los hongos son el grupo más numeroso.

Entre las bacterias se han registrado 90 especies pertenecientes solamente a tres géneros: *Xanthomonas*, *Pseudomonas* y *Corynebacterium*, que constituyen el grupo más dependiente de la semilla para su transmisión, siendo todas epifíticas. Entre los virus descritos, aproximadamente el 20% (unos 90 virus) se transmiten por la semilla.

La detección y consecuente tratamiento de estos agentes transmisores en las semillas de los cultivos por sembrar, es sin duda una técnica cuyo perfeccionamiento favorecerá la prevención de la sanidad de los cultivos, sobre todo en la etapa juvenil, al mismo tiempo que se podrá disminuir la necesidad de pulverizar el follaje con productos químicos.

Otro aspecto relacionado con los microorganismos, que ha merecido la intensificación de las investigaciones en la década del ochenta, es la de los microorganismos del suelo, en cuanto pueden actuar en la biodegradación de los plaguicidas.

Desde que el impacto producido por los compuestos químicos en el ambiente debe ser medido y en lo posible manejado adecuadamente, para evitar efectos indeseables en la dinámica de los ecosistemas, este tema, poco estudiado hasta ahora, reviste especial importancia en el control integrado, puesto que es sabido que la mayoría de los plaguicidas terminan finalmente en el suelo, hayan sido o no pulverizados sobre las plantas.

Fumio Matsumura y C.R. Krishna Murti editaron en 1982 el libro que titularon *Biodegradation of Pesticides*, en el que varios autores abordan capítulos fundamentales relacionados con esta especialidad. Matsumura (1982) estudia el metabolismo de los organismos microbianos que viven en el suelo, señalando su adaptabilidad a los cambios de ambiente, a través de mutaciones y procesos de inducción, particularmente frente a varios productos químicos que inicialmente pueden ser tóxicos para ellos.

En un futuro no muy lejano, podrá sin duda manejarse adecuadamente la fauna microbiana en beneficio de la disminución de la acción contaminante de los plaguicidas en el suelo.

### **Curvas de crecimiento biológico**

La predicción de futuros niveles de infestación poblacional en base a la observación de las condiciones de un cultivo en un momento dado, está cobrando interés en el campo de las enfermedades causadas por fitopatógenos, mediante la incorporación de las curvas de crecimiento biológico en el tiempo.

Según Danós (1988), estas curvas hacen posible predecir futuros niveles de enfermedad. Su perfeccionamiento permitirá contar, en un futuro inmediato, con una herramienta útil para diagramar sistemas de alarma.

## CAPÍTULO V

### ALGUNAS TÁCTICAS DE CONTROL

Muchas son las tácticas de control disponibles para su empleo en el Control Integrado de Plagas.

Su elección e incorporación a los programas que se pretenda realizar, dependerán del cultivo a proteger y de los medios de que se dispongan.

La experiencia, además, podrá ir descartando procedimientos no apropiados e incorporando nuevos elementos que, incluso, podrán surgir de la propia investigación e ingenio de los responsables.

En este capítulo se detallan algunas tácticas clásicas y se informa sobre los adelantos logrados en otros campos, siempre dentro del enfoque que caracteriza al CIP.

Obviamente, no se puede brindar un panorama completo, pues ello resultaría inapropiado para la finalidad de este trabajo y además, seguramente sería un objetivo imposible de lograr.

### **CONTROL NATURAL Y CONTROL BIOLÓGICO**

El control natural comprende los factores abióticos y bióticos que limitan el aumento de la densidad y dispersión de los insectos y otros animales perjudiciales sin la intervención del hombre. Tales factores ocurren libremente en la naturaleza.

Los factores abióticos ejercen su influencia sobre los seres vivos del medio, mediante la interrelación de elementos no manipulables, tales como los fenómenos climáticos o accidentes topográficos. Por su propia naturaleza, sus resultados no son previsibles y su utilidad como método de control tiene un valor relativo.

Los factores bióticos, en cambio, tienen dentro del control natural, un mayor interés para el investigador. Se trata del libre juego de

organismos animales y vegetales, que interactúan en los ecosistemas en calidad de enemigos naturales de otros organismos del medio.

En los ambientes en donde el equilibrio biológico no ha sido alterado, existen numerosas especies entomófagas que regulan las poblaciones de los demás artrópodos componentes del sistema, manteniendo una razonable densidad, la cual no sufre modificaciones importantes en tanto no intervengan elementos de alteración ajenos al medio. (Ejemplo de control natural de *Diatraea* spp., citado por Kálnay op.cit.).

Además de los nombrados, ejercen también su libre acción en este medio los entomopatógenos y gran cantidad de otros organismos animales, como ser nemátodos, aves, mamíferos, batracios, etc.

En estudios realizados durante cinco años en un ecosistema natural, se determinó la existencia de 5 plagas claves, 17 plagas ocasionales y 70 plagas potenciales. En relación a estas 92 especies fitófagas, actuaban en el medio, regulando el equilibrio biológico del sistema, 122 especies entomófagas y 23 especies de aves insectívoras.

En las condiciones expresadas, el control natural por medio de los factores bióticos destruye un enorme número de artrópodos perjudiciales para las plantas cultivadas, pero solamente es efectivo en los ecosistemas en equilibrio.

En los agroecosistemas, no puede esperarse que las acciones naturales de parásitos, predadores y otros organismos benéficos puedan controlar los fitófagos con un sentido económico, pues el ecosistema natural ha sido alterado por el hombre al implantar monocultivos y al introducir laboreos, dispersar agroquímicos y utilizar el riego, tornándolo por lo general desfavorable para la acción de las especies benéficas.

Sin embargo, el control natural biótico es fuente de información y provee el material necesario para que el hombre, aplicando diversas técnicas para favorecer su acción y adaptación, logre, mediante un adecuado manejo, la máxima utilidad de las especies entomófagas, a tal punto que actualmente se conducen en el mundo numerosos programas de control biológico cuyos resultados son altamente confiables.

## Control Biológico. Definiciones

De Bach, citado por Crouzel (1979) define el control biológico como "la acción de parásitos, predadores y patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo que el que existiría en su ausencia."

Esta definición tiene un sentido ecológico pero no incluye la intervención del hombre, proponiendo el mismo autor otra definición que conlleva esa idea: "Control biológico es el estudio y utilización de parásitos, predadores y patógenos en la regulación de las densidades de poblaciones de sus huéspedes." (la correcta traducción sería "hospederos")

También es interesante la definición dada por la Organización Internacional para la Lucha Biológica, al decir que el control biológico es "el uso de organismos vivos o sus productos para prevenir o reducir las pérdidas o daños causados por las plagas".

Asimismo y para entender mejor las innumerables interrelaciones protagonizadas por gran cantidad de enemigos naturales contra una variada población de especies hospederas o víctimas, es necesario definir algunos términos, comúnmente usados al respecto en el control biológico. Van den Bosch (1979) establece las siguientes definiciones:

**Parásito:** Un pequeño organismo que vive dentro o sobre un organismo más grande, normalmente sin matarlo.

**Parasitoide:** Un endo o ecto parásito especializado, que eventualmente mata un insecto u otro artrópodo hospedero más grande.

**Patógeno:** Un microorganismo que se reproduce y se alimenta parasíticamente sobre o dentro de un organismo más grande y de esa forma le causa daño.

**Predador:** Un organismo que se alimenta de otras especies que son más pequeñas o más débiles que él mismo, necesitando de varias presas para cumplir su ciclo evolutivo.

## Antecedentes

El control biológico, junto con las prácticas culturales, fueron los únicos métodos con los que contaba el agricultor en la antigüedad para defenderse de las plagas, aunque el primero no tuvo por mucho tiempo el uso y los resultados que se lograban con el segundo.

Ya los chinos y los árabes, alrededor del año 1.500, habían observado la acción de hormigas predadoras, tratando de utilizarlas para el control de insectos que atacaban sus cultivos.

En el siglo pasado, según Metcalf y Flint (1972) se tuvo éxito en la implantación de un programa para el control biológico de *Icerya purchasi* Mask, con el empleo de *Rodolia cardinalis* Muls, en los cítricos de California, EE.UU.

Este programa tuvo lugar alrededor de 1890 y es considerado como el primero que dio resultados positivos.

Desde entonces, según estadísticas de la Organización Internacional para la Lucha Biológica, se han llevado a cabo hasta 1977, 358 programas de control biológico, de los cuales 186 han sido con la introducción de enemigos naturales.

Sobre el mismo tema, Crump (1991) expresa que desde 1889 se han introducido más de 4.200 insectos parasitoides. Como consecuencia, dice este autor, se han controlado 494 insectos dañinos en 138 países y 93 especies de malezas en 38 naciones.

Desde 1981, según Kessler (1989) en 25 estados norte americanos se liberaron 15 millones de avispas parásitas, como parte de un programa oficial para controlar el gorgojo de la alfalfa *Hyperia postica* (Gyllenhal). Actualmente se estima que este programa significa unos 3 millones de dólares anuales de reducción en los costos de control de la citada plaga.

El control biológico permite controlar eficazmente una plaga específica y en ciertos casos, puede llegarse a mantener indefinidamente ese control con costos mínimos.

## Perspectivas actuales

Las ventajas de este método de control son su economía y su permanencia.

En efecto, cuando se aplica un programa de control biológico, generalmente los únicos gastos que se presentan son los de implantación y eventualmente de apoyo a su supervivencia, no conociéndose ningún caso de control biológico que se haya mantenido por años y después haya fracasado, salvo por acción de factores ajenos, como ser el mal empleo de los plaguicidas.

En cuanto a sus limitaciones, podemos puntualizar las siguientes:

- Efectividad variable, dependiendo de las condiciones del medio en el momento en el que se espera su acción.
- Su campo se circunscribe a plagas clave o potenciales, ya que un programa de control biológico para todo el espectro de enemigos de un cultivo es imposible de establecer.
- Se limita a fenómenos de parasitismo, predación, patogenia y fitofagia.
- En todo programa a establecer, cada plaga debe estudiarse y tratarse por separado.

El control biológico, no obstante las limitaciones expuestas, es uno de los pilares principales del control integrado, a tal punto que es difícil que existan programas de este tipo que no lo incluyan como elemento fundamental.

Precisamente, lo que ha logrado el control integrado al armonizar las diversas tácticas de control, es favorecer el trabajo de los enemigos naturales de las plagas, manejando de una manera racional, selectiva y oportuna el uso de los plaguicidas – que es el otro componente primordial del CIP – y que en este sistema debe emplearse como un refuerzo dentro del programa y no como un elemento disociador del equilibrio biológico.

## **Introducción e incremento de los enemigos naturales**

En un principio, el concepto más generalizado de quienes investigaban la lucha biológica era que todo el campo de esta técnica se reducía a la introducción y colonización de los enemigos naturales de las especies plagas.

Clause, citado por Crouzel (op. cit.) dice que cerca de un 60-80% de los enemigos naturales introducidos no llegan a establecerse y muchos de los que logran hacerlo fallan en el control del hospedero, debido, al parecer, a las desventajas de un ambiente adverso o a una inadaptabilidad temporal.

Los fracasos registrados en el establecimiento de los enemigos naturales pueden deberse a varias causas, además de las citadas precedentemente. Entre ellas, anotamos las siguientes:

- 1 - Falta de una adecuada etapa de adaptación a las condiciones ambientales a las que van a ser sometidos los enemigos naturales en el campo. Dicha etapa consiste en sujetarlos gradualmente a condiciones cada vez más adversas, pudiendo también emplearse el cruzamiento de razas diferentes para ir seleccionando así las más resistentes.
- 2 - Falta de elección, en la zona de origen, de la raza más adecuada para el lugar de destino.
- 3 - No haberse efectuado un adecuado estudio del ambiente en donde se van a hacer las liberaciones. Es fundamental conocer las especies presentes y sus interrelaciones pues la aparición de hiperparásitos, por ejemplo, puede hacer fracasar una colonización.

Lo dicho confirmaría que las tareas de introducción y colonización de un enemigo natural no terminan allí, pues eso equivaldría a dejarlo librado a su suerte, debiendo triunfar o fracasar sin ayuda del hombre, sino que consiste en el empleo de adecuados manejos, que en algunos casos, pueden ayudar a que los enemigos naturales superen inconvenientes inherentes a sí mismos o inducidos por el ambiente.

## Manipulación

A pesar de que desde el punto de vista de la aplicación de este sistema de control, la introducción y el establecimiento de nuevos agentes biológicos siguen siendo los procedimientos más fáciles y prometedores, se ha avanzado mucho en la técnica llamada manipulación. Ésta consiste en tratar de incrementar la población de un enemigo natural por su propia capacidad de instalación, a fin de hacerlo más eficiente en la regulación de la densidad poblacional de sus hospederos.

La técnica de manipulación no es nueva, aunque no ha sido aún totalmente explorada. Tiene componentes como la incrementación y la conservación de los enemigos naturales existentes en un lugar. Éstas se consideran como las primeras técnicas a desarrollar si se trabaja con especies exóticas, pero son aplicables también cuando se lo hace con especies nativas.

La incrementación trata de hacer que los enemigos naturales estén mejor adaptados a las condiciones del ambiente, favoreciendo su aumento poblacional.

La conservación es la modificación de dicho ambiente, de tal manera que puedan aumentarse los componentes favorables o disminuirse los desfavorables, tornándolo así más apto para que ciertas particularidades de los enemigos naturales se vean totalmente satisfechas.

Van den Bosch y Messenger, citados por Crouzel (op. cit.) llaman a estas dos actividades "la tercera dimensión en el control biológico" afirmando que a pesar de estar aún en la fase de investigación, forman una de las áreas más promisorias. Esta opinión se basa en los adelantos de las técnicas de propagación artificial, en el uso de las dietas elaboradas y en la mejor comprensión de la biología de los enemigos naturales.

Pueden citarse muchos ejemplos de manipulaciones que se han venido utilizando con buenos resultados para preservar e incrementar la población de enemigos naturales. Entre ellos, se enumeran los siguientes:

- Cultivos de cobertura para atajar el polvo en frutales de carozo y vid en apoyo de parásitos de ácaros (*Tetranychus* spp.)
- Siembra de variedades tempranas de soja, intercaladas en el cultivo para servir de trampa a la chinche *Nezara viridula* L.
- Incremento nutricional de los enemigos naturales con el empleo de kairomonas, para mejorar su efectividad.
- En California (EE.UU.) plantación de moras (*Rubus* spp.) en viñedos, para dar alimento alternativo en base al salta hojas de la mora, *Altica* sp., a los parásitos de la chicharrita de la vid. (*Erytroneura* spp.)
- Uso de plantas nectíferas como incremento de las fuentes alternativas de alimento para los enemigos naturales.
- Construcción de abrigos especiales para el refugio de los enemigos naturales en su área de dispersión y para modificar excesos de luz y sombra.
- Franjas de alfalfa dejada sin cortar para fomentar sectorialmente la proliferación de plagas de esta forrajera, que luego servirán de alimento anticipado para los parásitos naturales.

Roberto H. González, en INTA-FAO (op. cit.) encuentra que aplicando esta técnica, los principales enemigos naturales de la planta de alfalfa aumentan de 7 a 8 veces en el cultivo con franjas, respecto de los sin franjas.

### **Stock de artrópodos benéficos**

Existen mundialmente numerosas empresas proveedoras de artrópodos benéficos en distintos países, que se dedican a la cría y venta de enemigos naturales y a las cuales se puede recurrir cuando es necesario poner en marcha un programa.

En el Compendio del Curso de Perfeccionamiento en Control Integrado de Plagas (INTA-FAO), op.cit., se publica una lista de 59 proveedores, muchos de los cuales son institutos dependientes de universidades, consignándose también sus respectivas direcciones.

## Entomopatógenos

Se denomina así o también como "insecticidas microbiales" o "bioplaguicidas" a los organismos capaces de causar enfermedades a los artrópodos, siendo de interés para el control biológico aquellos que atacan específicamente a las plagas de los cultivos.

Hoy en día se cuenta con un número importante de hongos, bacterias, virus y protozoarios que atacan artrópodos perjudiciales en sus distintos estados de desarrollo. Su empleo se ha visto aumentado últimamente sobre la base de la intensificación de la investigación, con la finalidad de incrementar su uso como una táctica más dentro del control integrado.

Estos agentes patógenos forman parte de los ecosistemas y en condiciones favorables, su acción de control puede ser realmente importante. Dentro de las bacterias, *Bacillus popillae* ya era usado en EE.UU. en 1930, para el control del escarabajo japonés *Popillia japonica* Newman, siendo la primera bacteria que se comercializó como insecticida biológico (Metcalf y Flint, op.cit.)

Otra bacteria, *Bacillus thuringiensis* Berliner, se usaba comercialmente ya en 1958 y desde entonces ha tenido una importante difusión mundial como insecticida microbiano específico para larvas de ciertos lepidópteros. En la actualidad, continúa siendo objeto de estudio para ampliar su espectro de acción y mejorar las técnicas de aplicación.

La citada bacteria está registrada para el control de más de quince especies en unos veinte cultivos y tiene grandes posibilidades dentro de las tácticas para el CIP.

En el campo de los virus y su empleo como elementos de control hubo también un gran desarrollo en los últimos años. Se han aislado ya cerca de cuatrocientos virus que atacan distintas especies de insectos, especialmente lepidópteros, coleópteros y dípteros. También se han aislado algunos virus sobre ácaros fitófagos.

En los últimos años se han venido empleando diversos virus específicos para combatir plagas agrícolas y forestales causadas por insectos. En EE.UU. se cuenta ya con cinco tipos de virus para ser comercializados, habiéndose descubierto, además, un gran número de virus que ofrecen buenas posibilidades para la lucha biológica, sobre

todo en plagas agrícolas y forestales, pero también en el campo de la salud humana y animal.

La mayoría de los virus con propiedades para el control de plagas aislados mediante la investigación, pertenecen al género *Baculovirus* y están constituidos por los virus que producen la polihedrosis nuclear (VPN) y la granulosis (VG )

Con el fin de obtener la aprobación de éstos y otros baculovirus para la venta comercial, se han realizado los correspondientes ensayos de inocuidad, no habiéndose observado indicios de que estos organismos puedan tener efectos nocivos en los agroecosistemas en donde se los aplica.

También se ha informado que no es probable que los insectos controlados con baculovirus generen resistencia, aún después de haber sido aplicados sobre varias generaciones.

Según informaciones aparecidas en Agricultura de las Américas (1987) en Jaguariúma, San Pablo, Brasil, fue recientemente inaugurada la primera planta piloto latinoamericana para producir insecticidas biológicos. En su primera etapa producirá un virus para el control del barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. y una de las orugas de la soja.

En su plan de producción elaborará más adelante otros insecticidas biológicos para plagas del maíz, algodonero, mandioca y diversas hortalizas. La planta pertenece al Centro Nacional de Investigaciones y Defensa Agrícola de la EMBRAPA.

En nuestro país, se informa que en Tucumán, investigadores del CIRPON están desarrollando técnicas para producir unidades infectivas del *Baculovirus anticarsia* y obtener así material para efectuar pruebas de patogenicidad contra la oruga *Anticarsia gemmatalis* Huebner en cultivos de soja (Ricci, 1988).

Según informa este autor, en 1986 se hicieron las primeras aplicaciones en el campo con material producido en el laboratorio, con óptimos resultados, experiencia que se repitió en las campañas sucesivas de los años 1986/87 y 1987/88.

Entre los hongos que atacan los insectos, Metcalf y Flint (op. cit.) citan las especies *Agerita webberi* y *Aschersonia* spp., que viven en el cuerpo de la mosca blanca de los cítricos *Dialeurodes citri* (Ashmead) en Florida, EE.UU. Citan también estos autores la enfermedad causada por *Beauveria globulifera*, que ataca diversas chinches y finalmente *Metarrhizium* sp. y *Cordyceps* sp. infestando coleópteros del género *Phyllophaga*.

Con respecto a esto último, M. Costilla y C. Pastor (1987) informan sobre el excelente control de *Proarna bergii* Distant, plaga que afecta cultivos de caña de azúcar en el norte argentino, usando la técnica de favorecer mediante el riego por surco aplicado en septiembre y primera quincena de octubre, la presencia del hongo natural *Cordyceps* sp. ya citado, el cual, con la humedad suministrada, evoluciona y ataca a las ninfas maduras próximas a emerger de *Proarna*, causando su muerte en porcentajes del 95 al 99%.

Kessler (op. cit.) menciona al protozoario parasítico celular *Nosema locustae* como el insecticida biológico más intensamente usado en la actualidad para combatir saltamontes en EE.UU. El citado plaguicida es formulado como cebo con la base de salvado de trigo y es comercializado en ese país por la Evans Biocontrol de Colorado.

Sin embargo, el empleo de hongos no ha tenido aún mucha difusión como método práctico de lucha y lo mismo puede decirse con respecto a protozoarios. En cuanto a bacterias y virus, tampoco se ha logrado aún la difusión que se esperaba, no obstante los importantes avances logrados por diversos centros de investigación, como el ya citado CIRPON en nuestro país.

Uno de los factores que juega negativamente en el desarrollo de estos insecticidas biológicos es su alto costo de producción, calculado en cifras cercanas a los 6,5 millones de dólares para financiar la investigación pertinente de cada agente.

Otro factor negativo es que los países más preparados para este desarrollo, consideran que los enemigos biológicos que existen en estado natural no son patentables, lo cual podría desalentar a la industria que encare su comercialización.

Falcon (1979, b) establece las siguientes propiedades de los agentes microbianos que han servido de estímulo para que se continúe con la investigación en este campo:

- a) Se considera que son selectivos. Son agentes de control que no destruyen el medio e igualmente adecuados para su uso en control integrado.
- b) Pueden servir de ayuda en el control de plagas resistentes a los productos sintéticos.
- c) Pueden ayudar en el caso de que el uso de plaguicidas sintéticos esté restringido legalmente.
- d) Gracias a su empleo puede disminuirse la gran dependencia de los plaguicidas sintéticos.

El mismo autor proporciona una lista de agentes patógenos comerciales y otros que están en estado de investigación avanzada, que se transcribe en forma resumida.

Agente patógeno		Actividad investigativa sobre
Bacterias	<i>Bacillus popilliae</i> <i>Bacillus Thuringiensis</i>	
Virus Baculovirus	Virus de la polihedrosis Nuclear (VPN)  Virus de la granulosis (VG)  Virus no inclusión (NIV)	<i>Heliothis</i> spp. <i>Autographa</i> spp. <i>Porthetria</i> spp. <i>Hemerocampa</i> spp.  <i>Carpocapsa pommonella</i> <i>Plodia interpunctella</i>  <i>Panonychus citri</i>
Hongos Phycomycetes  Fungi imperfecti o Deuteromycetes	<i>Coelomomyces</i> spp.  <i>Entophara gammae</i> <i>E. thaxterians</i>  <i>Beauveria bassiana</i>	Culícidos  <i>Pseudoplusia includens</i> (soja) <i>Myzus persicae</i>  <i>Curculio caryae</i> (suelo)

	<i>Metarrhizum anisopliae</i> <i>Hirsutella thompsonii</i> <i>Paecilomyces farinosus</i> <i>Spicaria ryleyi</i>	<i>Phychidae</i> Culícidos <i>Panonychus citri</i> Noctuidos (soja) Noctuidos (soja)
Protozoarios	<i>Mattesia</i> spp. <i>Nosema algerae</i> <i>N. locustae</i> <i>Perezia hyperae</i> <i>P. pyraustae</i>	Productos almacenados <i>Anopheles</i> spp. Ortópteros (langosta) <i>Hyperia postica</i> <i>Ostrinia nubilalis</i>

## Control biológico de malezas

Las tácticas de control biológico han tenido éxito contra algunas malezas, aunque clásicamente este tipo de lucha ha estado siempre dirigida al control de artrópodos.

Para obtener buenos resultados con esta técnica en el control de malezas es absolutamente necesario que el enemigo natural sea altamente específico y con preferencia monófago, para asegurarse que no exista ninguna posibilidad de que el agente introducido se alimente de plantas cultivadas.

Esta condición hace que deban extremarse las pruebas y estudios a realizar con el parásito antes de proceder a su introducción.

La forma en que actúan los enemigos naturales que se alimentan de malezas es compleja. Según Van den Bosch (op. cit.) ésta puede clasificarse en cuatro tipos:

- 1) El enemigo mata a las plantas.
- 2) Actúa como intermediario para algunos patógenos. Ej: control de *Opuntia* sp. en Australia con *Cactoblastis*.
- 3) Destruye la capacidad reproductiva de la maleza. Ej: comedores de semillas.
- 4) Perjudica la capacidad competitiva de las malezas y permite su dominio por especies más valiosas.

Es necesario tener presente que el control biológico no erradica las malezas, sino que solamente reduce la densidad de su población o disminuye su agresividad o poder competitivo a niveles que se espera no afecten el desarrollo de plantas cultivadas.

Si bien los mayores éxitos en el control biológico de malezas se han obtenido con insectos, es interesante puntualizar que en algunos casos se han empleado otros organismos con buenos resultados. Ejemplo de ello es el uso de peces como la carpa *Cyprinus carpio* L. o el Sogyo o amur blanco, *Ctenopharyngodon idellus* (Toscani, 1989) contra malezas acuáticas y gansos contra el "cebollín", *Cyperus rotundus* L.

También se han empleado fitopatógenos, como el hongo *Phragmidium violaceum* en Australia y Chile para combatir la zarzamora y en otros casos, ácaros y nemátodos.

Un ejemplo de programa de control de malezas mediante el uso de insectos es el implantado en la cuenca del Missisipi en EE.UU. y llevado a cabo con éxito para frenar el avance de la "lagunilla" *Alternanthera phyloxeroides* (Mart.) Griseb., utilizando un coleóptero, *Agasycles hygrophyla* Selman & Vogt. y un lepidóptero, *Voglia malloi* Pastrana, introducidos en la República Argentina (Crouzel, op. cit.) y el trips *Amynotrips andersoni* (De Briano, 1988).

Esta última autora informa sucintamente los avances logrados con respecto a este tema en nuestro país. De su obra citada precedentemente se resumen los siguientes trabajos de control biológico desarrollados o en vías de ejecución.

*Chondrilla juncea* L. (Yuyo esqueleto) con:

*Cystiphora schmidti* (Dipetera: Cecidomyiidae)

*Eriophyes chondrillae* (Acarina: Eriphyidae)

*Puccinia chondrillina* (Hongo: Uredinales)

*Carduus* spp. (Cardos) con:

*Rhinocyllus conicus* (Coleoptera: curculionidae)

*Trichosirocalus horridus* (Coleoptera: Curculionidae)

*Myriophyllum aquaticum*, *Potomageton striatus* y *Cara* spp.

Malezas acuáticas con:

*Ctenopharyngodon idellus* L (pez sogyo o amur blanco)

Finalmente, merece citarse otro ejemplo histórico, comentado en Agricultura de las Américas (1978) sobre la campaña iniciada en California en 1944 contra una maleza de la región, denominada Klamath (*Hypericum perforatum*) introduciendo de Australia y Europa los coleópteros *Chrysolina hyperici*, *C. Quadrigemina*, *C. Varians* y *Agrylus hyperici* y una mosca formadora de agallas. En 1955 se había logrado ya un excelente control del Klamath.

### Programas

Según Calvert (1979) la implantación de un programa de control biológico comprende los siguientes pasos.:

1. Identificación del lugar de origen de la plaga. Equivale a establecer si la plaga es exótica o no.
2. Búsqueda, en el área nativa, de la plaga y de sus enemigos naturales. Este paso tiene lugar una vez determinado el primer punto y comprende la realización de estudios básicos para tratar de encontrar los enemigos naturales o proceder a su recuperación.
3. Envío de los enemigos naturales al área invadida, previa realización de los estudios para determinar hiper parásitos y/o enfermedades que no deben introducirse.
4. Una vez en el país, se confina el material a un laboratorio especializado en cuarentenas, continuándose en esta etapa los estudios realizados en el punto 3.
5. Efectuada la correspondiente evaluación biológica, se inician los trabajos para su producción en masa y colonización en el campo. Toda liberación se corresponde con estudios para controlar si la especie se ha establecido y continúa trabajando.

Si el enemigo natural no consigue establecerse y por consiguiente no controla la plaga, es necesario repetir todos estos pasos. Dicha situación se presenta con frecuencia, siendo una de las causas que el

parásito no ejerza un control adecuado el hecho de que la dispersión abarca un área muy extensa.

Es conveniente insistir en que para tener éxito en programas de control biológico es fundamental acrecentar la información científica disponible, no sólo sobre los componentes de dicho control, es decir, plaga y enemigo natural, sino también profundizar los estudios de los otros elementos del agroecosistema, cuya armonización con los anteriores es importante para el correcto manejo del programa.

De estos estudios básicos surgirán conocimientos que son imprescindibles para la aplicación de cualquier método y es fundamental encararlos aunque con ellos no se logren, a primera vista, resultados utilitarios inmediatos.

Crouzel (op.cit.) agrega que dentro de esos estudios debe incluirse la investigación pura, sobre todo en aspectos relacionados con taxonomía, biología, genética, ecología, demografía, comportamiento, métodos de cultivo y nutrición, para lograr con ello una importante información científica sobre aspectos tales como peculiaridades biológicas y de adaptación de parásitos, predadores y patógenos, como partenogénesis, poliembrionía, determinación y regulación sexual, diapausa, polimorfismo, respiración de huevos y larvas, desarrollo hiperparasítico de machos, razas de parásitos con hábitos especializados y principios de la dinámica de poblaciones.

Solamente de la realización de estos estudios – que deben ser fuertemente apoyados y continuados – surgirán los datos científicos que permitirán a los especialistas evaluar el papel que juegan todos los factores del ambiente en el control natural de las especies fitófagas.

Con su auxilio, podrán determinarse más acertadamente en qué momento una plaga carece de enemigos naturales y cuáles son los enemigos nocivos que abundan, debido a que sus controles naturales están frenados por la presencia de condiciones adversas en el ecosistema.

### **Control biológico natural de enfermedades**

En el campo del control biológico natural de hongos patógenos del suelo, Martinengo de Mitidieri (1988) cita la existencia de agentes biológicos capaces de alterar los procesos vitales de patógenos

vegetales, llamados antagonistas. Éstos serían los equivalentes a los enemigos naturales usados en el control biológico de artrópodos, pero tienen menos especificidad.

Los antagonistas – según la autora citada – pueden disminuir o impedir la germinación de los propágulos de los patógenos y causar su degradación. Otras acciones favorables al cultivo serían la producción de antibióticos, la competencia por alimentos y la inducción de resistencia al patógeno por parte de la planta.

## CONTROL QUÍMICO

Desde la antigüedad, el hombre ha venido soportando la pérdida total o parcial de sus cultivos y alimentos almacenados, por acción de organismos depredadores o agentes patógenos.

Documentos de la VIª Dinastía de Egipto (2.500 años A.C.) informan ya sobre la destrucción de cereales por la langosta.

Otros escritos antiguos relatan el uso de elementos químicos o diversas mezclas, con las cuales se procuraba impedir o atenuar la acción destructora de plagas y enfermedades. Homero, 1.000 años A.C. documentaba el uso del azufre como "ahuyentador de pestes"

Más recientemente, hasta aproximadamente el año 1850, todo control que se efectuaba era el fruto de observaciones empíricas.

A partir de 1867 comenzaron a hacerse estudios más precisos sobre las posibilidades de distintos procedimientos químicos para una lucha más racional contra las plagas, que juntamente con el diseño y perfeccionamiento de los equipos de espolvoreo y pulverización, permitieron que se lograran algunos éxitos notables, como el control del escarabajo de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) con el Verde de Parí o el oidio de la vid, *Uncinula necator* (*Oidium tuckeri*) con el Caldo Bordelés, en Francia.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se produce el auge de una verdadera investigación en la materia, que lleva, a partir del descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT en 1939, al extraordinario desarrollo de los plaguicidas orgánicos sintéticos.

También se perfeccionaron las formulaciones y los equipos dispersores, entre los cuales se cuenta el avión agrícola.

Los plaguicidas orgánicos sintéticos, en gran número, constituyen hoy en día la mayor parte del arsenal fitosanitario que se dispone para contrarrestar los daños producidos por las plagas y las enfermedades.

Los asombrosos resultados y los notables beneficios logrados con estos compuestos para la humanidad, los han impuesto en el mundo en todos los terrenos, de tal forma que por muchos años cualquier cambio que signifique dejar de usarlos, no va a ser tarea fácil.

Es indiscutible que el uso de plaguicidas químicos, al menos por ahora, es fundamental para la protección de los cultivos y muchas veces es el único recurso para evitar pérdidas en las cosechas.

Sin embargo, la gran actividad biológica de los plaguicidas orgánico-sintéticos sobre los animales de sangre caliente, representa un grave peligro para la humanidad, como se ha visto en el Capítulo I (Peligros para la salud.)

Además, como ya se ha comentado, ha sido comprobado que luego de una o de sucesivas aplicaciones de plaguicidas químicos se producen profundas alteraciones en los ecosistemas, originando desarmonías tan importantes que han llevado actualmente a los hombres de ciencia a buscar el cambio de estas prácticas, caracterizadas por el uso exclusivo de compuestos químicos por los procedimientos preconizados en el CIP.

Aparte de los inconvenientes indicados, justo es señalar que el control químico posee ventajas incuestionables. En efecto, su facilidad de aplicación y la posibilidad de elegir el momento preciso para efectuar el tratamiento, unido a la ventaja, en condiciones adecuadas, de detener de inmediato el daño que está causando el ataque de una plaga, lo califican como un método de lucha imprescindible, al menos por ahora. Lo que corresponde hacer – en todo caso- es perfeccionarlo y utilizarlo adecuada y racionalmente.

El control integrado no preconiza el no uso absoluto de plaguicidas químicos, sino que persigue evitar su aplicación profiláctica en muchos casos a través de calendarios, que resultan generalmente inútiles y desde todo punto de vista, objetables.

Por otra parte la presencia de una plaga, por temible que ésta fuera en un cultivo, no significa necesariamente que esté causando daños apreciables. Los conceptos de nivel y umbral de daño económico introducidos por el CIP, ilustran sobre el procedimiento a seguir en cada caso, para evitar así el uso indiscriminado o tal vez innecesario de plaguicidas químicos.

Resulta realista, entonces, adoptar el criterio de que un tratamiento químico será únicamente rentable cuando el valor del incremento de la cosecha esperada como resultado de ese tratamiento, supere su costo. De la misma forma, un tratamiento químico no será necesario mientras la plaga no imponga a la cosecha un daño tal, que la amenace económicamente.

Muchos científicos que han estudiado este problema coinciden en que los plaguicidas permanecerán aún muchos años como el arma principal para controlar las plagas, por lo menos en un futuro previsible.

Las formulaciones clásicas con que se comercializan los plaguicidas están siendo estudiadas con la finalidad de adecuar su mejor uso en el control integrado. Además, han salido al mercado otros tipos de formulaciones que permiten un manejo más eficiente de los principios activos clásicos en cuanto al control de la plaga a combatir, a la vez que ofrecen más seguridad para reducir agresiones al agroecosistema.

Pueden citarse como ejemplo los granulados de liberación sostenida, descubrimiento logrado por la industria farmacéutica y los micro encapsulados, producto de las investigaciones en el campo de la química.

Algunas empresas comerciales están trabajando en el envasado de plaguicidas en unidades confeccionadas con materiales solubles en agua. Esto permitiría la carga del tanque de los equipos pulverizadores sin exposición ni contacto del compuesto químico con los operarios.

También se procura mejorar la efectividad de los plaguicidas mediante formulaciones cuyas propiedades tiendan a maximizar la acción biológica del principio activo, a la vez que disminuyan las causas que producen pérdidas del mismo a raíz de los factores ambientales que influyen en la aplicación. Es obvio que de lograrse estos propósitos,

es factible una disminución de las dosis de aplicación, con el consiguiente beneficio para el ambiente.

La adición de coadyuvantes especiales para aumentar la viscosidad de la pulverización y el uso de emulsiones invertidas, pueden ser otros ejemplos de lo expresado.

Freed (1979,a) menciona que para reducir la velocidad de degradación de los principios activos aplicados al follaje, se ha probado un agente que filtra los rayos solares, dejando pasar solamente los más cortos. El mismo autor comenta que puede ser aumentada la efectividad de compuestos agregados al suelo, con la adición de un coadyuvante que los proteja de la descomposición microbiana.

El lavado de los plaguicidas por efecto de las lluvias es también un factor que causa pérdidas importantes, reduciendo consecuentemente la efectividad del tratamiento y aumentando la contaminación del suelo. En este sentido se trabaja activamente, habiéndose logrado aditivos que reducen el lavado, los cuales se suman a los ya existentes en este campo.

Mientras los plaguicidas químicos permanezcan como la herramienta más confiable para la solución inmediata de muchos problemas causados por las plagas, parece aconsejable que la investigación y desarrollo de nuevos compuestos de síntesis se oriente hacia el logro de plaguicidas fisiológicamente selectivos.

Tal camino es, sin embargo, poco atractivo para las firmas comerciales, por la menor demanda que seguramente estos compuestos tendrán comparativamente con los de uso actual.

Por lo expresado, es interesante considerar las posibilidades que ofrece la búsqueda de técnicas que permitan usar los compuestos convencionales de tal manera que manipulando dosis, formulaciones, sincronización de aplicaciones, métodos de dispersión y localización de áreas a tratar, se obtenga una acción selectiva de materiales que no lo son. (Smith, 1979).

Cabe señalar que si bien el procedimiento de utilización de las formulaciones es un excelente camino para el uso más apropiado de los plaguicidas en el control integrado de plagas, también el

mejoramiento de los equipos. No se pone en duda que en tal sentido habrá mucho que investigar y seguramente se han logrado ya importantes avances.

Como ejemplo, debe recordarse las posibilidades que ofrecen las pulverizaciones nocturnas, sobre todo con equipos aéreos, que al minimizar el efecto de los factores ambientales imperantes durante el día, permiten la disminución de las dosis de aplicación, obteniéndose resultados similares en comparación con las dispersiones diurnas.

Existen algunas técnicas de uso de plaguicidas que deben ser más exploradas aún. Por ejemplo:

- Aplicando dosis bajas con técnicas adecuadamente elegidas, puede mantenerse una correcta presión sobre la plaga, disminuyendo el daño causado a los enemigos naturales. En los agroecosistemas hay predadores no específicos como las hormigas y parásitos específicos cuya sensibilidad a los agroquímicos es mayor que la de muchas plagas. La sensibilidad de esta fauna útil se vería menos afectada si se elige adecuadamente el principio activo y la dosis, como así también el vehículo de aplicación, la oportunidad del tratamiento y la metodología de aplicación. Todos estos elementos, una vez comprobada su eficacia, deben formar parte de los programas CIP para la plaga por manejar.
- Pulverizando selectivamente las zonas de un cultivo en donde el muestreo haya detectado un aumento excesivo de la densidad de la plaga. La bibliografía cita resultados satisfactorios con este método, logrados en California contra la oruga de la alfalfa, *Colias Lesbia* (F) previo recuento tanto de la plaga como de su parásito, *Aphanteles medicaginis* (FAO, 1971). Otro ejemplo puede ser el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar (Kálnay, op.cit.)
- Detectando cuidadosamente el momento oportuno para efectuar el tratamiento, es factible realizar pulverizaciones químicas ocasionando el menor daño posible a la fauna útil que vive en el cultivo. Este momento oportuno puede ser, por ejemplo, cuando los parásitos naturales de la plaga se

encuentren en una fase protegida o tolerante de su ciclo evolutivo.

En un programa de CIP es importante tener una clara idea del papel que tendrán los plaguicidas químicos por aplicar, en relación con los cultivos, con la fauna útil y con las plagas que se desea combatir.

El profesional responsable debe preguntarse primero si es realmente importante la aplicación química en un momento del esquema proyectado y luego, en caso afirmativo, saber elegir el principio activo, la formulación y dosis más conveniente, el sistema de aplicación más apropiado y el momento más oportuno para hacerlo.

Los objetivos de este planteo son principalmente dos:

1°- Que el control sea efectivo y económico.

2°- Que cause el menor daño posible al ecosistema y ofrezca seguridad para el operador y el consumidor.

Con respecto al segundo punto, el conocimiento en detalle de los fenómenos físico-químicos relacionados con el comportamiento de los plaguicidas en el suelo, que se agrupan bajo el título de Quimiodinámica, resultará de suma utilidad para el correcto manejo de un programa de control.

Aprovechando los principios que derivan de estos estudios pueden seleccionarse más inteligentemente los compuestos apropiados o sugerir el desarrollo de formulaciones más económicas o aptas para determinado tratamiento y que a su vez causen menos problemas de residuos (Freed, op.cit.)

## **CONTROL CULTURAL**

En los primeros tiempos de las actividades agrícolas, la única arma con que contaba el agricultor para luchar contra las plagas era el empleo de prácticas culturales comunes. Más adelante, cuando se popularizaron los plaguicidas inorgánicos y luego los orgánico-sintéticos y sobre todo, cuando el desarrollo de los equipos de aplicación dio al

hombre de campo metodos mas practicos para el control de plagas, aquel sistema fue quedando en el olvido o por lo menos cayó en la subestima para ese fin.

En épocas más recientes, el control cultural ha sido tomado nuevamente como valioso auxiliar para minimizar el efecto destructivo de las plagas y enfermedades, pero ya no en forma aislada, sino como una de las tácticas con que cuenta la estructura del control integrado para poder funcionar eficazmente.

El control cultural consiste básicamente en la utilización de prácticas agrícolas en tal forma y tiempo que resulten modificatorias del medio, procurando que éste se torne desfavorable para el desarrollo de parásitos animales, enfermedades o malezas, lográndose así una reducción del daño que tales factores adversos provocan al cultivo.

Las medidas de este tipo de control deben planificarse, pues sus resultados no son inmediatos y en general deben efectuarse mucho antes de que el daño causado por la plaga se presente. Son medidas preventivas y ellas serán tanto o más efectivas cuanto más se conozca la biología de las plagas y patógenos, y la agronomía y ecología del cultivo para cada zona.

El control cultural por lo general no encarece mayormente el costo de producción ni es necesariamente disruptivo del ecosistema, por lo menos comparativamente con la forma en la que lo es la aplicación inadecuada de plaguicidas. Sus resultados son más efectivos cuando estas prácticas son aplicadas en grandes áreas de cultivo.

Esta metodología de control tiende a utilizar diversas tácticas que pueden agruparse en la siguiente forma; a los efectos se consignan algunos ejemplos.

### **Destrucción o incorporación al suelo de residuos de cosecha**

Es un método que siempre da buenos resultados. En Perú se ha logrado bajar en un 36% la infestación del picudo del algodónero, *Anthonomus* spp. mediante la destrucción y enterrado de los rastrojos de ese cultivo en forma inmediata a la cosecha.

En nuestro país, se recomienda la destrucción de los rastrojos de tabaco para interrumpir el ciclo del minador *Faustinus cubae* (Boh.) y evitar la propagación de enfermedades como el mosaico (TMV) o la podredumbre del tallo por *Sclerotinia esclerotiorum* (Lib.) Mass.

### **Destrucción de frutos infestados, dejados en el campo o cerca de los sectores de empaque**

La destrucción de tomates de descarte, que en algunas zonas productoras se abandonan en el campo o banquinas de los caminos, puede evitar la diseminación de la polilla *Scrobipalpula absoluta* (Meyr.)

Lo mismo puede decirse sobre la conveniencia de la destrucción de frutos cítricos no cosechados, para evitar la reproducción de la mosca de los frutos *Ceratitis capitata* Wiendermann y *Anastrepha fraterculus* Wied.

### **Pastoreo de ganado sobre restos de cosecha**

En EE.UU. el pastoreo de campos de maíz una vez cosechado, reduce en un 21% la infestación del barrenador europeo *Ostrinia nubilalis* Hübner (Herrera Aranguena, 1979)

### **Poda y destrucción de órganos infestados**

En el cultivo de la yerba mate se recomienda la destrucción de todas las ramitas secas del cultivo, porque ellas son el sitio ideal para el desove de la chicharra de la yerba mate, *Fidicina mannifera* (F.)

En forestales atacados por taladros de los géneros *Phoracanta*, *Trachyderes*, *Praxitea* y otros, es conveniente la poda o destrucción de toda rama seca o próxima a secarse, por ser este el sitio preferido de oviposición.

### **Limpieza de los bordes de los campos cultivados**

La eliminación del sorgo de Alepo, *Sorghum alepense* (L.) de las cercanías de los cultivos de sorgo granífero o escobero, contribuye al control de la mosquita *Contarinia sorghicola* (Coq.)

## **Eliminación de basurales**

La mosca común, *Musca doméstica* L. y la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* (L) pueden ser controladas en gran proporción, eliminando los desperdicios que les proveen materia orgánica húmeda para reproducirse. El estiércol para tierras debe ser esparcido o secado antes de que las larvas tengan tiempo de completar su desarrollo (Herrera Aranguena, op. cit.)

## **Destrucción de pupas y propágulos de malezas en el suelo**

Las aradas después de las cosechas provocan la profundización de pupas de muchos insectos que utilizan el suelo en esa etapa de su desarrollo. También, esta labor puede extraer a la superficie dichas formas juveniles y otros estadios, exponiéndolos al frío, al calor o a los enemigos naturales. En el caso de las malezas, el arado incorpora al suelo, destruye o expone a condiciones ambientales extremas los órganos reproductivos de plantas indeseables, aunque es conveniente tener presente que algunas malezas, como el cípero o cebollín, *Cyperus rotundus* (L.) o la grama bermuda, *Cynodon dactylon* (L.) pueden ser estimulados en su reproducción y propagación mediante esta labor.

## **Interrupción de los ciclos de vida de especies plaga**

Puede lograrse que los adultos de una especie plaga, una vez terminado el cultivo no encuentren dónde ovipositar para continuar su ciclo, si se realiza la destrucción total de las plantas hospederas por un período no menor de dos meses (técnica del campo limpio).

Otra táctica es la rotación de cultivos, alternando especies que no sean atacadas por las mismas plagas, siendo más efectiva cuando los parásitos tienen un restringido rango de hospederos y escasa capacidad de migración (Herrera Aranguena, op.cit.)

## **Fertilización**

Las plantas vigorosas son más resistentes al ataque de plagas. Los abonamientos con fosfatos favorecen el desarrollo temprano de las raíces del trigo, reduciéndose así los daños de las larvas fitófagas que habitan el suelo.

Sin embargo, con respecto a malezas, debe tenerse en cuenta que la fertilización suele favorecer su aparición, como ocurre en caña de azúcar. En el caso de abonos nitrogenados, el exceso de este elemento produce plantas más exuberantes, con mayor masa vegetativa y ciclo más largo, todo lo cual favorece el ataque de la roya negra o del tallo en trigo (*puccinia graminis* Pers. F. sp. *Tririci* Erik y Henn).

### **Manejo de condiciones microclimáticas desfavorables a las plagas**

En EE.UU., algunos lepidópteros que dañan el maíz (*Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp.) pasan el invierno únicamente en el sur. Durante la época de siembra, migran gradualmente hacia el norte. Sembrando temprano en el norte, el maíz madurará antes de que los insectos lleguen o alcancen a formar poblaciones numerosas (Herrera Aranguena op. cit.).

En regiones con lluvias escasas, el buen uso del riego tiene gran importancia. Los riegos restringidos limitan el desarrollo de *Heliothis virescens* Fabr. en el algodón, puesto que este insecto prefiere plantas con terminales suculentas para ovipositar (Herrera Aranguena op. cit.). Asimismo, la regulación correcta del riego en almácigos, evitando excesiva humedad, torna el medio desfavorable para la aparición de enfermedades criptogámicas.

En Israel, las semillas de alfalfa son infestadas por un parásito, *Bruchophagus rodii* Guss, que se comporta como exclusivo del género *Medicago*. En condiciones normales de cultivo, la oviposición en las semillas de alfalfa en desarrollo por los insectos invernantes, ocurre en mayo-junio, que es el verano seco de ese país. Introduciendo el riego, los agricultores han prolongado los cortes de alfalfa unas seis semanas, postergando así en ese lapso la formación de semillas. Esta práctica ha dado como resultado la reducción de la infestación de semillas de alfalfa, de un 70% a menos del 4 %, incrementando consecuentemente los rendimientos. (Harpaz, 1978).

Es conveniente recordar aquí lo ya comentado en el apartado referido a entomopatógenos, sobre la destrucción de ninfas de *Proarna bergii* Distant, mediante el oportuno manejo del riego, que favorece la acción del hongo entomopatógeno del género *Cordyceps*.

## **Manejo de plantas trampa**

Las plantas trampa deben sembrarse antes que el cultivo y pueden destruirse junto con la plaga. En soja, se consiguen buenos resultados sembrando franjas de esta leguminosa con variedades de maduración temprana, que atraen a la chinche verde *Nezara viridula* L., al formarse las vainas. Esto permite la destrucción del insecto con tratamientos químicos dirigidos, cuando las colonias se concentran en las franjas trampa, disminuyendo así su densidad poblacional.

Estos cultivos trampa pueden ser distintos del principal, siempre que sean visitados por las mismas especies dañinas y permitan que los enemigos naturales de la plaga clave del cultivo mantengan su número cuando aquéllas deban ser pulverizadas. En California, se recomienda sembrar franjas de alfalfa de 6 m de ancho cada 90 a 100 m de algodnero (FAO op.cit).

## **Barbechos**

Con esta práctica se procura dejar sin alimento a determinada plaga, no sembrando el campo durante uno o más años. Para que resulte más efectivo, no debe haber plantas silvestres o malezas que actúen como reservorios.

## **Cultivares resistentes**

Las siembras con cultivares resistentes constituyen una de las más efectivas medidas de prevención para luchar contra las plagas. Los cultivares utilizados deben ser de valor comercial al mismo tiempo que resistentes a la plaga o enfermedad que se desea contrarrestar.

Por su importancia, esta táctica de control es desarrollada con más detalle en el tema siguiente.

## **RESISTENCIA VARIETAL**

El aprovechamiento de la capacidad de las plantas para defenderse del ataque de diversos enemigos es conocido en agricultura, a tal punto que la búsqueda a través de la fitogenética, de la

introducción de caracteres de tolerancia, resistencia e inmunidad es una tarea que moviliza a gran cantidad de investigadores en el mundo, habiéndose logrado valiosos resultados.

Fundamentalmente, los cultivares resistentes a enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus, son la mejor solución para este grave problema. De no contarse con plantas cultivadas con esta propiedad, la producción mundial de alimentos se vería muy por debajo de los valores actualmente conocidos.

La resistencia varietal – también llamada resistencia genética – de las plantas cultivadas respecto de los artrópodos, es una táctica muy importante para el control integrado, constituyendo este campo un atractivo tema de investigación.

Es indudable que, comparativamente con la resistencia a enfermedades, los resultados obtenidos hasta ahora no han sido tan abundantes. Ello se debe a que los mecanismos de defensa que la planta tiene que adoptar o exaltar no son tan eficientes cuando se trata del ataque de un artrópodo, cuyo tipo de daño es muy distinto al causado por enfermedades.

En el futuro, este componente del control integrado ha de utilizarse cada vez más, pues lleva implícito un sinnúmero de ventajas, existiendo ya abundantes bancos de germoplasma procedentes de áreas con infestación natural en equilibrio, que presupone indicios de resistencia.

Pears (1979) detalla sus principales ventajas:

1. Resistencia específica de la planta hospedera (RPH). Normalmente específica para una plaga o complejo de plagas y no tiene efecto adverso alguno para los insectos benéficos.
2. Efecto acumulativo. Los efectos de RPH se acumulan en generaciones sucesivas, aunque no hay resistencia a nivel de inmunidad.
3. Persistencia. Normalmente, las variedades resistentes mantienen su eficacia por mucho tiempo.

4. Armonía con el ambiente. El riesgo del uso del RPH para la vida humana y silvestre es prácticamente nulo.

5. Facilidad de implementación. El único cambio necesario por parte del agricultor es la semilla o pie de injerto.

6. Compatibilidad. El RPH es compatible con otros componentes del manejo.

La resistencia no debe ser considerada como un concepto absoluto, sino dinámico, en continua evolución. De ello se aprovecha el hombre, mediante técnicas de selección, para fijar los caracteres defensivos de las plantas en variedades de valor comercial, modificando la relación planta-plaga a favor del cultivo.

Existen muchos factores que contribuyen a conformar el carácter de resistencia. Pueden ser de tipo nutricional, ya que las plagas que se alimentan de cierto tipo de plantas esperan encontrar en ellas proteínas de buena calidad, minerales, esteroides, vitaminas y carbohidratos, sabiéndose que existen diferencias en estos requerimientos según la naturaleza del artrópodo que busca alimento.

Otros factores son genéticos, como el factor recesivo "ag", presente en plantas de maíz resistentes a la langosta o el que provoca el desarrollo del vigor híbrido. Hay otros factores de tipo mecánico, como la presencia de pelos en tallos u hojas o pubescencia en los frutos u otros tejidos. Pueden ser también de carácter fisiológico, como la falta de nutrientes, la capacidad defensiva de la planta para emitir nuevas ramas o regenerar tejidos o la producción de taninos, que repele ataques de plagas en salicáceas o sorgos.

Painter, citado por Pears (op.cit.) clasifica la resistencia en tres grandes grupos, dando las correspondientes definiciones:

1. No preferencia. Ocurre cuando una planta demuestra cierto grado de resistencia, por ejercer un efecto adverso en el comportamiento de la plaga.
2. Antibiosis. Se presenta cuando una planta es resistente por ejercer una influencia adversa para el desarrollo y/o sobrevivencia de una plaga. Desde un punto de vista práctico,

a menudo es difícil distinguir entre estas dos categorías, porque los efectos adversos en el comportamiento de la plaga, especialmente el de alimentación, pueden influir sobre el desarrollo y/o sobrevivencia.

3. Tolerancia. Cuando una planta es capaz de soportar una población plaga sin pérdida de vigor o rendimiento.

En la práctica agrícola a nivel de productor, esta caracterización no implica una diferencia muy importante, pues en definitiva, los tres tipos de resistencia ayudarán a las plantas hospedantes a vivir con las plagas tolerando sus daños.

En los cultivos tradicionales muchas de las resistencias con que puede contar el agricultor son del tipo tolerancia, ya que las variedades nativas, sobre todo en zonas tropicales, producen más follaje que el necesario para formar el producto final, pudiendo perder muchas hojas sin disminuir su rendimiento.

Un componente como la resistencia varietal dentro del esquema del control integrado, debe ser compatible con las demás tácticas que configuran el programa, debiendo el fitomejorador, tratar de incorporar resistencia en variedades aceptables para el productor, ya que él espera que el único cambio que se le planteé sea el de una semilla por otra.

Sin embargo, muchos factores ambientales influyen en la resistencia y pueden ser condicionantes de la misma, cuando se cambia una variedad susceptible o poco resistente por otra que lo es en mayor medida. Tal es el caso de la fertilidad del suelo, régimen de riego, temperaturas extremas, amplitud térmica o baja intensidad lumínica. Estos factores deberán ser tenidos en cuenta especialmente.

Existen también, para considerar, diversas interacciones que se producen entre la planta hospedera y los efectos de otras tácticas de lucha, que dan en conjunto un resultado más interesante que la acción aislada de cada factor que interviene. Pueden citarse, entre otras, las interacciones entre la planta hospedera resistente con los parásitos, predadores y enfermedades de sus plagas, respecto del control químico.

En tomate, la investigación en híbridos ha logrado avances para conferir resistencia a nemátodos y diversas enfermedades causadas por virus y hongos, aunque no se ha conseguido aún, para los híbridos comerciales disponibles en el mercado de semillas, uno que sea portador del gen (Sw) que le confiera resistencia al virus de la peste negra (TSWV) una de las enfermedades de esta hortaliza.

Fehleisen (1989) ha desarrollado líneas madres portadoras del citado gen dominante que permitirá confeccionar híbridos F<sup>1</sup> con resistencia a esta importante enfermedad virósica.

Se detallan seguidamente algunos ejemplos de lo comentado.

- Tomatera resistente a varias especies de nemátodos de la raíz, del género *Meloidogyne*, debido a un gen simple o block de genes. Mc. Farlane et. al.; Gilbert; Winstead et. al. Citados por Rovella y Domínguez, (1972).
- Tomate Luxor Híbrido, con genes de resistencia al mosaico del tabaco (TMV); *Verticillium* raza 1; *Fusarium* razas 1 y 2; *Stemphylium*; *Alternaria alternata* y nemátodos nodulares de la raíz. Petoseed (1985).
- Tomate Simona F<sup>1</sup> Híbrido. Resistente *Verticillium*; *Fusarium* raza 1; *Stemphylium*; virus del mosaico del tabaco (TMV) y nematodos. Ohlsens Enke (Dinamarca)
- Tomate Carmelo Híbrido F<sup>1</sup>, de gran difusión por su alta productividad. Presenta resistencia similar a los anteriores.

En pimiento, se cita el Pimiento Dulce Híbrido Pacific, que presenta resistencia al virus del mosaico del tabaco (TMV) Petoseed (op. cit.)

Finalmente, se citan como ejemplos, algunos de los numerosos trabajos efectuados para lograr cultivares resistentes a enfermedades y plagas en otros cultivos, tomados de la bibliografía disponible.

- Maíz resistente a la langosta, debido a un gen recesivo simple. Horovitz y Marchioni, citado en Dekalb (1980)

- Maíz resistente al tizón de la hoja, *Helminthosporium maydis*, Nesikado y Miyake, debido al gen rhm. Dekalb (op.cit.)
- Resistencia en maíz al gusano de la hoja *Pyrausta nubilalis* (Hübner); Penney et al., citado en Rovella y Domínguez (op. cit.)
- Centeno INSAVE FA. Híbrido sintético resistente a la toxemia del pulgón verde de los cereales, *Schizaphis graminum* (Rond.) Arriaga (1956)
- Trigo de fideos resistente al pulgón verde *Schizaphis graminum* (Rond.) Arriaga (1979)
- Alfalfa Cody, resistente al pulgón pintado *Therioaphis maculata* (L.) Rosseto, comentado por Arriaga (1979)
- Variedad de alfalfa CUF 101, con nivel de resistencia al pulgón azul *Acyrtosiphon kondoi* Shinji. Avendaño (1979)
- Arroz resistente al barrenador, *Chilo suppressalis* (Walker) en Asia, Sassamoto. Citado por Pears (op.cit.)
- Pepino resistente al ácaro *Tetranychus urticae* (Koch). Gould (op. cit.)

## OTRAS TÁCTICAS DE CONTROL

Existen métodos de control que escapan a la categorización que se ha visto en capítulos anteriores y que diversos autores han agrupado bajo distintas denominaciones, tales como control fisiológico, agentes físicos, insecticidas biológicos, control genético, etc.

Los descubrimientos logrados por el avance de las ciencias en diversos campos, han motivado la búsqueda de la aplicación práctica de estos métodos en agricultura, con la finalidad de lograr técnicas que, sin recurrir a productos tóxicos, permitan el control de las plagas en forma económica y no dañina para los ecosistemas.

La utilización de sustancias hormonales como atrayentes sexuales, el empleo de radiaciones gamma para la esterilización de machos, la

síntesis de productos que alteran la metamorfosis o modifican el comportamiento de los insectos y otros descubrimientos que se apoyan en un más concienzudo conocimiento de la fisiología de las plagas, permite actualmente contar con alternativas para el control integrado. Muchas de ellas, gracias a la investigación, se irán agregando en los próximos años a las ya existentes, para reforzar y complementar las tácticas disponibles.

En el presente capítulo se dan algunos ejemplos de estos sistemas de lucha, algunos aún en vías de experimentación y otros ya incorporados a las prácticas de control.

No se pretende elaborar un listado completo de los mismos, sino ilustrar sobre los avances que se están produciendo en este campo.

## Hormonas

Los artrópodos tienen un complejo sistema hormonal endocrino que controla su crecimiento, metamorfosis y reproducción, como así también cambios de color, ritmo de actividad diurna y nocturna, diuresis, percepción de estímulos, etc.

Las hormonas más estudiadas en los insectos son la ecdysona y la hormona juvenil o juvenoide.

La ecdysona es una hormona que actúa directamente sobre tejidos del cuerpo para producir el proceso de muda. Es segregada por las glándulas ecdysales (ventrales, protorácica o torácica) que son la fuente de las hormonas causantes de la muda. Estas actúan por influencia de otra hormona elaborada por las células neuroendocrinas de los equivalentes intercerebrales (Horber, 1966)

Según dicho autor, la hormona juvenil, que es segregada por los cuerpos alados, fue en un principio extraída con éter de los abdómenes homogenizados de machos de polillas de los géneros *Cecropia* y *Cynthia*.

Una larva inmadura necesita de estas hormonas para evolucionar hasta el estado de larva madura. En ese momento, el flujo de la hormona a la linfa debe cesar, para que el insecto pueda seguir su metamorfosis. También, debe estar ausente en los huevos, para que éstos tengan un normal desenvolvimiento embriológico.

Todo este proceso depende de un sutil balance de la actividad de varias hormonas, entre las que se halla la hormona juvenil. La incorporación de una sola sustancia con efecto hormonal interrumpe ese balance y desorganiza la metamorfosis, lo cual se aprovecha para el control de la especie en estudio.

En este campo, el objetivo de los investigadores es la búsqueda de compuestos de acción hormonal contenidos en vegetales, segregados por animales o producidos sintéticamente, que puedan ser utilizados como componentes de nuevos productos para el control de plagas con alta especificidad.

Es probable que tanto la hormona juvenil como la ecdysona tengan relación con la formación de ácido úrico en las larvas. Este ácido interviene en los procesos de la metamorfosis que determinan la pupación, acumulándose en un órgano llamado cuerpo graso, pocos días antes de la formación de la pupa.

Técnicos del Laboratorio de Investigación del Metabolismo y la Radiación, de Fargo EE.UU. opinan que aprovechando este proceso es posible inducir el autoenvenenamiento de larvas de algunos insectos con el ácido úrico producido en su propio cuerpo (Agricultura de las Américas, 1982)

## **Feromonas**

Son sustancias segregadas por la actividad química de los insectos, que permiten la comunicación entre individuos de la misma especie. Este tipo de comunicación es considerado como el principal medio de transferencia de información en la mayoría de los grupos de animales. Claudine Masson et. al., divide a los insectos en dos grandes grupos, según la amplitud de su capacidad de detección: los Especialistas, que son aquellos muy afinados en sus relaciones con el medio, entre los que se encuentran numerosos parásitos de cultivos, tales como larvas de lepidópteros y los Generalistas, que poseen una sensibilidad química mucho más diversificada, como la abeja y la cucaracha.

Los autores citados proponen las siguientes definiciones y clasificaciones de los compuestos químicos que actúan sobre la fisiología o el comportamiento, que se transcriben en forma resumida:

**SEMIOQUÍMICOS.** (Compuestos que modifican el comportamiento o la fisiología de los animales)

1. Aleloquímicos

1.1. Alomonas. Productos que son beneficiosos para el emisor, como las secreciones defensivas.

1.2. Kairomonas. Productos beneficiosos para el individuo que los percibe. Ejemplo: terpenos emitidos por las coníferas, que indican al parásito la presencia de un hospedero.

2. Feromonas. Sustancias químicas que emitidas por un individuo y percibidas por otro de la misma especie, desencadenan una modificación del comportamiento o de su fisiología, siendo su acción intraespecífica.

2.1. Feromonas inductoras (Releasers). Producen una inmediata modificación del comportamiento. Ejemplo: feromonas gregarias, sexuales, de alarma, de rastreo, etc.

2.2. Feromonas modificadoras (Primers). Inducen modificaciones importantes en la fisiología del individuo que las percibe, tales como el ácido 9-ceto-2-trans-decenoico, de las glándulas mandibulares de la abeja reina, que inhibe el desarrollo de los ovarios de las obreras.

Entre los insectos y desde el punto de vista del control integrado, las feromonas inductoras del tipo sexual son las más importantes, aunque en la práctica su uso aún tropieza con dificultades.

En la actualidad estas sustancias han sido determinadas en más de doscientas especies de insectos, sobre todo lepidópteros, que es el orden sobre el cual se han realizado más estudios químicos y biológicos.

En el gusano de seda, *Bombix mori* (L.) y en la polilla gitana, *Porthetria dispar* (Linnaeus) la feromona se forma en las glándulas

laterales del abdomen de la hembra virgen, pudiendo atraer a los machos desde distancias de hasta tres kilómetros.

El macho de la cucaracha *Periplaneta americana* (L.) responde a una cantidad de atrayente sexual de la hembra, del orden de los  $10^{-14}$  microgramos (Masson op.cit.).

Actualmente, el conocimiento de la estructura química de muchas de estas feromonas ha permitido su elaboración sintética, como ocurre con el bombycol (feromona del gusano de seda) o el gyplure, emitido por la ya citada polilla gitana.

El gyplure, que se encuentra disponible comercialmente a bajo costo, ha reemplazado al atrayente natural de las hembras de esta especie plaga en operaciones de trampeo a campo, que se realizan en EE.UU. con el fin de localizar áreas infestadas y determinar su tamaño.

Mc Bride (1985) informa que las trampas con feromonas para la detección y supresión del gorgojo del algodón, *Anthonomus* spp., en un ensayo realizado entre 1978 y 1980 en Carolina del Norte, EE.UU., dio como resultado la reducción del 70% en el uso de insecticidas, pues ayudó a mantener a la población de la plaga en niveles muy bajos.

Otros atractivos sintéticos de tipo sexual que se usan en la práctica, según Barberá (1974) son:

Eugenol metílico, atrayente para *Daucus dorsalis* (Hendel).

Siglure, atrayente para *Ceratitis* spp. y *Rhagoletis* spp.

Cuedlure, atrayente para *Daucus cucurbitae* y *D. Tryonii*.

Trimedlure, atrayente para *Ceratitis* spp.

Finalmente, cabe expresar que la industria química de síntesis, a través de los grandes laboratorios mundiales, ofrece en venta una gran variedad de sustancias identificadas como feromonas, indicando para cada una de ellas las especies sobre las cuales ejercen atracción (Ver Catálogo Sigma, que ofrece en venta 55 feromonas distintas. (Sigma, 1988).

## Atrayentes relacionados con las plantas hospedantes

Un atrayente es definido como un estímulo ante el cual el insecto responde orientando sus movimientos hacia el lugar de emisión.

Horber (op.cit) clasifica a los atrayentes en dos tipos, teniendo en cuenta su relación con el hospedero.

### a) Atrayentes para la oviposición.

Los huevos de la mariposa infernal, *Plutella maculipennis* Curtis, son puestos preferentemente en pequeñas cavidades o grietas de la planta hospedera, cuando ésta contiene isotiocianatos. En plantas no hospederas, la hembra es inducida a ovipositar si previamente aquéllas han sido tratadas con alil-isotiocianato. Otro ejemplo es la mariposa del marandová del tabaco, *Manduca sexta papus* (Cr.) que es atraída hacia la planta hospedera por los vapores que destila un compuesto químico específico, pero deposita sus huevos solamente en respuesta a otra sustancia.

### b) Atrayentes alimentarios.

La larva del barrenador europeo del maíz, *Ostrinia nubilalis* Hübner, es atraída por una dieta compuesta por extractos de follaje, pero solamente desde una distancia muy corta. La larva es atraída desde mayores distancias por extractos de tallos y otras partes de la planta. *Plutella maculipennis* Curtis, es atraída por incitantes alimentarios en los cuales se han detectado principios del tipo de los glucósidos, tales como progoitrin, sinigrin, sinalbin y otros.

Los atrayentes específicos de tipo alimentario tienen un gran campo de aplicación en el control de plagas. Su estudio permitirá perfeccionar las técnicas de trampeo y preparación de cebos tóxicos, cuyo uso no es nuevo pero constituye actualmente una importante táctica de lucha.

## Compuestos antialimentarios

Son compuestos químicos que pulverizados sobre las plantas, inhiben la alimentación de sus fitófagos habituales.

Diversos fungicidas utilizados para el control del tizón tardío de la papa, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, han demostrado acción antialimentaria para el escarabajo de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Se comportan así algunos compuestos cúpricos y el fenil acetato (Brestan) aunque con distintos grados de inhibición. Este último fungicida también ejerce una acción inhibitoria sobre *Prodenia litura* en remolacha azucarera. El Zineb, en cambio, no muestra ninguna acción inhibitoria.

En los insectos oligófagos, el comportamiento alimentario es muy complejo y depende más estrechamente de la planta que contiene el estímulo, comparado con el caso de los polífagos. También, la resistencia de las plantas no hospederas opera en relación con los oligófagos, en una forma más eficiente en toda la secuencia alimentaria.

Es válido suponer que en toda planta no hospedera existen compuestos repelentes o inhibidores alimentarios o por lo menos que no contienen atrayentes, incitantes o estimuladores del apetito. Ha sido posible extraer, identificar y sintetizar algunos repelentes o inhibidores alimentarios contenidos en las plantas no hospederas, para ser aplicados sobre cultivos que sirven de alimento a las plagas oligófilas, constituyendo este campo un importante aporte al control integrado.

## **Repelentes**

Las sustancias repelentes dan en la actualidad protección contra numerosas plagas muy molestas para el hombre, habiéndose generalizado su uso en diversos campos de la actividad fitosanitaria y también de la salud humana y animal.

La investigación y desarrollo de repelentes contra las plagas de los granos almacenados ha tenido gran apoyo, usándose los productos así obtenidos en importante escala, para la protección de alimentos en depósitos, con el fin de impedir la penetración de parásitos.

Contra los mosquitos, existen en la actualidad centenares de compuestos disponibles, entre los que se destacan las piretrinas sinergizadas, la citronela y el dimetil-ftalato.

Horber (op.cit.) distingue tres variables que, dentro del campo de los repelentes, implican acciones distintas:

Repelentes. Sustancias que provocan en el animal una respuesta orientada en dirección contraria al lugar de emisión.

Supresores alimentarios. (feedings suppressant). Estímulo tendiente a impedir las reacciones de morder o perforar por parte del insecto.

Inhibidores alimentarios (Feeding deterrent). Estímulo que impide la alimentación continua o acelera su terminación.

Un variado número de sustancias para cucarachas, cuya efectividad dura varios días o aún semanas, es sintetizado en la actualidad, pudiendo citarse entre ellas el tetrahidro furfural. Además, son conocidos los efectos repelentes del heptacloro para liebres (Vigiani, 1960), del naftaleno para lepidópteros y del lindano para larvas de elatéridos.

La cumarina se comporta como atrayente para adultos del gorgojo *Listroderes costirrostris obliquus* Kuschel, pero al mismo tiempo es un poderoso inhibidor. En presencia de este compuesto los gorgojos realizan sus movimientos para alimentarse, como perforar, pero su alimentación queda completamente inhibida. La cumarina es posiblemente el principio que confiere resistencia al trébol rojo contra el citado gorgojo.

Otro ejemplo es la resistencia de algunas especies del género *Solanum* al ya citado escarabajo de la papa, *Leptinotarsa decemlineata*. Este efecto ha sido intensivamente estudiado y al parecer se debe a la presencia de algunos alcaloides, como la solanina, chacocina y leptina, que contribuyen a producir un efecto adverso en la alimentación de las larvas.

La causa de la resistencia natural del *Eucalyptus microcoria* a los ataques de la termita *Nasutitermis exitiosus* fue investigada en Australia mediante la técnica de extracción con solventes, demostrándose que los extractos con éter eran los más efectivos para producir resistencia, actuando, no como insecticidas, sino como repelentes y que su

naturaleza responde a la estructura de las naftoquinonas. Horber (op.cit.)

## **Esterilización**

El empleo de la esterilización en las poblaciones de insectos con el fin de disminuir su población, afectando su normal fisiología reproductiva, es una técnica que se conoce desde no hace mucho tiempo.

Este efecto puede conseguirse por medios físicos o químicos. En el campo de la aplicación de elementos físicos se cuenta con la irradiación y en el terreno de la química con el empleo de compuestos especialmente sintetizados.

### **A – Irradiación.**

Las primeras observaciones sobre el efecto de la irradiación en la fisiología de los insectos, fueron realizadas por Runner en 1916. Este autor observó que la exposición de adultos del carcoma del tabaco, *Lassioderma serricorne* Fabr. a los efectos de los Rayos X, producía infertilidad en los huevos.

Desde entonces se ha avanzado notablemente en la búsqueda de métodos de control basados en este elemento físico, siendo Knipling, en 1938, quien propuso la idea de esterilizar machos de una población con la finalidad de reducir su nivel. (Calderón, 1969)

La irradiación de insectos con rayos Gamma ha recibido también mucha atención por parte de los investigadores, pero en la práctica sus mejores posibilidades de éxito se han dado cuando se trata de aplicaciones en áreas restringidas, muy controladas o en grandes programas de erradicación.

La esterilización de una población por medio de esta técnica puede conseguirse induciendo infecundidad en las hembras o en los machos en cautividad o produciendo incapacidad para el acoplamiento.

La radiación puede emplearse en forma de energía, como la producida por los Rayos X o en forma de partículas, como la que se consigue con los Rayos Alfa o Beta y neutrones o electrones

acelerados. Los isótopos más usados como fuente de irradiación son el cobalto 60 y el cesio 137.

A los efectos del control de plagas, la irradiación puede ser utilizada en dos formas distintas, teniendo en cuenta que es necesario estudiar a fondo cada especie a controlar para conocer su fisiología reproductiva.

Dichas formas son:

1 - Esterilización total. Es la aplicación directa de rayos en una población de insectos, durante un tiempo calculado para producir la esterilización total. Es el procedimiento empleado en granos almacenados.

2 - Técnica del macho estéril (TME). Es la liberación de machos previamente esterilizados en un área o ecosistema definido, para competir con machos no tratados de la misma especie, reduciendo así los acoplamientos fértiles. Para que este método sea efectivo es necesario liberar una masa de machos esterilizados bastante grande. Asimismo, la población natural debe tener un nivel bajo. Si ello no fuera así, es conveniente efectuar tratamientos con plaguicidas apropiados, para bajar la población a un nivel adecuado antes de realizar la liberación.

El mayor éxito alcanzado con la técnica del macho estéril, fue el experimento realizado en 1941 en la isla de Curaçao, en Venezuela, en la cual se logró controlar totalmente el gusano tornillo, *Callitroga hominivorax* Coq., que ataca el ganado.

También merece citarse la irradiación de la mosca del melón, *Dacus cucurbitae* Coq., en la isla Rota, mediante el tratamiento de pupas con Cobalto 60, en 1963 (Horber, op. cit.)

Numerosos estudios específicos con irradiación se han efectuado en dípteros, coleópteros y hemípteros, obteniéndose diferentes respuestas debido a la variación de la sensibilidad de estos órdenes al tratamiento en lo que respecta a la oogénesis y a la espermatogénesis.

B - Esterilización química

Esta otra técnica de esterilizar insectos consiste en la inclusión de compuestos químicos en la dieta. Tales compuestos actúan impidiendo la formación de óvulos o espermatozoides, matando las células reproductoras después que éstas se producen o dañando su material genético, impidiendo la descendencia.

Se la considera una extensión de la técnica del macho estéril y tiene un gran campo potencial en el control de poblaciones de insectos. Actualmente se conocen unos trescientos compuestos de acción esterilizante, pero en la práctica casi no se usan aún por su peligrosidad para el hombre y animales superiores, ya que muchos de ellos son cancerígenos o mutagénicos, o han demostrado tener efectos teratogénicos.

Con los debidos cuidados, los quimioesterilizantes pueden aplicarse criando insectos en medios artificiales, que contengan alguno de estos compuestos o haciendo pulverizaciones residuales en áreas controladas. También pueden usarse incorporándolos a la dieta de los adultos de una población en cautividad o bien mediante su agregado a atrayentes alimentarios.

Si bien, para obtener resultados hay que criar o contaminar una enorme cantidad de individuos, se estima que los quimioesterilizantes afectan también el comportamiento sexual de los insectos tratados, aunque en menor proporción que la irradiación, siendo además más baratos.

Los quimioesterilizantes actúan directamente contra machos y hembras y su modo de acción parece deberse a múltiples dominancias letales que se inducen por mutación (aparición de genes dominantes) que producen severos daños en el material genético o en los huevos.

Puede dividirse a estos compuestos en tres grupos: Antimetabolitos, Agentes Alquilantes y Grupos Varios.

#### 1 – Antimetabolitos

Son estructuras análogas a los metabolitos naturales, que compiten in vivo con éstos por su incorporación a un sistema enzimático.

A tales compuestos corresponden los primeros logros en este campo. Godsmith y Frank, citados por Horber (op.cit.) lograron esterilizar en 1952 a *Drosophila melanogaster* Meigen, mediante la incorporación de aminopterina a su dieta.

Hasta el presente, las respuestas equívocas son las principales desventajas encontradas en el uso de antimetabolitos.

## 2 - Agentes Alquilantes

Son usualmente definidos como compuestos que afectan la adición de un radical o grupo alquílico, en el mecanismo de reemplazo de un hidrógeno en un grupo de importancia biológica funcional.

A los agentes alquilantes corresponden los primeros éxitos logrados hasta el presente dentro de esta técnica, habiéndose seleccionado varios muy efectivos, tales como Apholate, Aphoxide Aphomide, Metepa y Tepa, pertenecientes al grupo de las Aziridinas.

Según se ha comprobado, los agentes alquilantes afectan vitalmente los ácidos nucleicos, especialmente el ADN.

Uno de los mayores obstáculos en el desarrollo práctico para el control de plagas con compuestos del grupo de las aziridinas, es que han revelado tener propiedades mutagénicas en bacterias. Aunque no necesariamente esta actividad está demostrada en mamíferos, tales compuestos deben ser manejados con extrema precaución.

## 3 - Grupos Varios

Existen sustancias de estructuras relacionadas con las aziridinas, designadas como aminas por estar ubicadas en dicho grupo. Son ellas el Hempa (hexametilfosforoamina) y el Hemel (hexametilmetalanina).

A pesar de que el efecto de las aminas es similar al de las aziridinas, existen importantes diferencias en cuanto a sus

propiedades químicas y fisiológicas. Una ventaja que hace atractivo a este grupo para su investigación y desarrollo, es que tanto el Hempa como el Hemel no han evidenciado actividades mutagénicas para los animales superiores.

Horber (op.cit.) informa que unas 26 especies de insectos han sido esterilizadas en laboratorios de varios países del mundo, destacándose el éxito alcanzado en la reducción de poblaciones de mosca doméstica y moscas de los frutos, mediante el uso de estos compuestos.

Como dato preocupante, se cita que existe ya comprobación de resistencia desarrollada al Apholate por el mosquito trasmisor de la fiebre amarilla, *Aedes aegypti* (L.) Calderón (op.cit.)

### **Inhibidores de crecimiento**

Algunos compuestos químicos se comportan frente a los artrópodos como inhibidores de su desarrollo o crecimiento. La fluobenzimida, un fungicida que se comercializa para el control de enfermedades del follaje causado por hongos de los géneros *Septoria*, *Fusarium* y *Colletotrichum*, ha sido ensayada con éxito como inhibidor de crecimiento en el ácaro de los frutales, *Panonychus ulmi* (Koch.) aunque el efecto inicial de control es más lento en aparecer, comparativamente con los acaricidas comunes.

En la Universidad de Brigham Young, Utah, EE.UU. el Dr. Gary Booth trabaja a partir de 1971 en experimentos con Dimilin, un insecticida descubierto en Holanda, que interfiere la formación de la quitina del exoesqueleto de los insectos, provocando su muerte por inanición. (Prieto, 1978)

Los inhibidores de crecimiento conforman un sistema de lucha con excelentes posibilidades en un futuro mediano, sobre todo cuando aparecen razas resistentes a plaguicidas de uso común.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAFÍA

- Agostini de Manero, E. y S. Muruaga de L' Argentier. 1987. Catálogo de animales perjudiciales en cultivos del N.E. Argentino (1) Pub. Ciencias Agrarias. Serie Técnica N° 5. Fac. Cs. Agr. UNJu.
- Aguirre Batres, F. y J. F. Masariegos. 1977. En vez de plaguicidas. Mazingira 3-4. Número especial. Inglaterra.
- Agricultura de las Américas. 1978. Control Biológico de plagas. Marzo. pp. 28-52.
- Agricultura de las Américas 1982. ¿ Lograremos que los insectos se envenenen ellos mismos? . Junio.
- Agricultura de las Américas 1987. Planta de insecticidas biológicos en Brasil. Agroavances. Mayo, Junio. P 37.
- Arriaga, H.O. El centeno INSAVE FA, híbrido sintético resistente a la toxemia del pulgón verde de los cereales. Rev. Fac. Agr. La Plata. 3ª época. T.XXXII. Entrega 2ª. pp.191-209.
- Arriaga, H. O. 1979. Resistencia genética a insectos. In: INTA-FAO. Compendio del Curso de Perfeccionamiento en Control Integrado de Plagas. (T.II) INTA. Pergamino, Bs. As. (R.A.)
- Avendaño, R. 1979. Resistencia de la alfalfa a enfermedades y plagas. In: INTA-FAO. Compendio del Curso de Perfeccionamiento en Control Integrado de Plagas. (T.II) INTA. Pergamino. Bs. As. (R.A.)
- Barberá, Claudio. 1974. Pesticidas Agrícolas. Ed. Omega. Barcelona.
- Bardner, R. y K.E. Fletcher. 1974. Efectos de la infestación por insectos en el crecimiento y rendimiento de cultivos. In: INTA-FAO. Compendio del Curso de Perfeccionamiento en Control Integrado de Plagas. (T.I) INTA. Pergamino. Bs. As. (R.A.)
- Barral, J.M. y L.B. Zago. 1977. Programa para el control integrado de insectos y ácaros en algodón. Est. Exp. INTA. R.S. Peña. Chaco. (R.A.)