

## Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas

### Un apoyo al desarrollo sustentable

Ph. D. Mohammad H. Badii<sup>1</sup>, Dr. Jerónimo Landeros<sup>2</sup>, Ph. D. Ernesto Cerna<sup>2</sup>

**Resumen.** Se describen las nociones fundamentales que dan origen a las plagas. Se discute la necesidad de utilizar el MSP (Manejo Sustentable de Plagas) o MIP (Manejo Integral de Plagas) como método alternativo de control armónico con relación al desarrollo sustentable. Se enfatiza la relevancia de conservar la biodiversidad como un apoyo al MIP y sustentabilidad. Se presentan de manera breve los conceptos relacionados con diferentes clases de plagas y la metodología actual para estimar sus daños, tanto en el caso de una simple plaga como el caso de múltiples plagas atacando los cultivos de forma secuencial o simultánea. Se puntualizan las diferentes estrategias del MIP y la forma de actuar y combinar diferentes tácticas del manejo.

<sup>1/</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L. mbadii@ccr.dsi.uanl.mx

<sup>2/</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.

**Palabras Claves:** Biodiversidad, estrategias de control, desarrollo sustentable, MIP, MSP

#### Introducción

La terminología de Manejo Sustentable o Integrado de Plagas (MSP o MIP) aunque nuevo en concepto, ha sido practicado por los agricultores desde hace milenios, cuando combinaban diferentes métodos de control en forma armónica para reducir los problemas de las plagas (Flint y Van de Bosch, 1981). Los Científicos de control biológico de la Universidad de California (Stern et al, 1959) popularizaron esta terminología y ampliaron el concepto.

La definición más aceptada según el panel de expertos de la FAO (Food and Agricultural Organization) es que el MIP (MSP) constituye un sistema de manejo de plagas que, en el contexto del ambiente asociado y la dinámica poblacional de las especies bajo estudio, utiliza todos los métodos y la tecnología adecuada de manera compatible para mantener la densidad poblacional de plaga a niveles subeconómicos conservando a la vez la calidad ambiental (Badii, 1985, Badii et al, 1996, Badii et al, 2000<sup>a</sup>, Badii, 2001). Control integrado significa un método de regulación de las poblaciones de las plagas. MIP es un componente o elemento del manejo de los recursos que tiene influencia sobre la conservación y disponibilidad espacio-temporal de otros recursos (desarrollo sostenible), los valores

ecológicos, socioeconómicos, culturales, religiosos, políticos y las decisiones y consecuencias subsecuentes.

#### Razonamiento

Debido a la síntesis de plaguicidas que comenzó con el DDT, a partir de la Segunda Guerra Mundial, el uso de los plaguicidas se hizo extensivo, espacialmente de los plaguicidas orgánicos. Los plaguicidas ofrecen ventajas como: 1) la acción curativa rápida para prevenir daños y 2) un rango amplio de acción sobre casi todas las situaciones de plagas. Ambas ventajas reflejan ingresos económicos rápidos. Sin embargo, pronto emergieron problemas como: 1) la resistencia de las plagas a los productos químicos. 2) problemas de residuos. 3) retorno de las plagas principales. 4) incremento de las plagas de importancia secundaria a nivel primario. 5) la destrucción de los enemigos naturales. 6) contaminación ambiental. 7) el incremento de los costos y 8) los efectos promotores: a) hormoligosis: alteración de la tasa reproductiva y sobrevivencia de la plaga, b) trofobiosis: aumento de la susceptibilidad de la planta a la plaga (Badii et al, 2005, Badii & Abreu, 2006a,b, Badii et al, 2006, Badii et al, 2007).

## Paradigmas

Todo el concepto del MSP o MIP esta fundada en relación con la sustentabilidad. Con este clase de manejo, los investigadores y practicantes de manejo de plagas, en realidad, se tratan de buscar un manejo sustentable de los recursos, en este caso, tanto lo recursos bióticos (las especies plagas y los enemigos naturales), como otros insumos orgánicos e inorgánicos. De manera breve, a continuación, describen las bases de este tipo de manejo, que a propósito, se puede denominar también, Manejo Sustentable de Plagas (MSP).

- I. Conocimiento del ecosistema y la fuerza natural. Aquí debemos tomar en cuenta la biología, la fenología, el comportamiento y la ecología de la planta(s), plaga(s) y los enemigos naturales (depredadores parasitoides, patógenos) para evaluar la mortalidad en el espacio y el tiempo.
- II. Prevenir acciones que ocasionen el desequilibrio ecológico, es decir, utilizar los métodos y tecnologías de manejo de una manera racional y con base a los fundamentos ecológicos y de sustentabilidad.
  - 1) Usar métodos ecológicos.
  - 2) Buscar el rendimiento óptimo (a largo plazo) y no rendimiento máximo (a corto plazo).
  - 3) Desarrollar esquemas sólidos de muestreo para la detección y el Monitoreo, y la estimación de la población de los organismos (Badii et al, 2001).
  - 4) Desarrollar umbrales y niveles de daños económicos (Badii, 2001).
  - 5) Usar productos químicos solamente cuando sean necesarios y en el lugar requerido.
- III. Usar métodos múltiples de supresión. En el MIP, es inapropiado depender en un solo método del manejo como se hacia de manera tradicional en CP (Control de Plagas), en donde la énfasis era siempre sobre el uso de los plaguicidas. Aquí, la filosofía del manejo Sustentable e Integral de Plagas, nos lleva hacia la utilización de múltiples métodos de manejo, ya que los distintos tipos de métodos manejo, apoyan de forma colectiva a mermar diferentes eslabones débiles en el ciclo de vida de las especies plagas. Por tanto, el uso colectivo de varios métodos de manejo ofrecerá mejor resultado en cuanto al manejo seguro y racional de las especies plagas.
  - 1) Control biológico.
  - 2) Control cultural.
  - 3) Control microbiano.
  - 4) Control químico.
  - 5) Control mecánico y físico.
  - 6) Uso de plantas resistentes a las plagas.
  - 7) Control regulatorio (reglamentos oficiales fito-zoosanitarios).
  - 8) Control genético.
  - 9) Control vía el uso de las feromonas.
  - 10) Uso de los reguladores del crecimiento.
  - 11) Esterilización o método autocida.
  - 12) Atrayentes (destruir las plagas atrayéndolas a lugares donde alimentan u ovipositan).
  - 13) Uso de kairomonas (sustancias químicas de los hospederos que atraen a los enemigos naturales, alomonas (sustancias químicas de los enemigos naturales que atraen a sus presas) y sinomonas (sustancias químicas de las plantas que atraen a los enemigos naturales y protegerlas contra las plagas).
  - 14) Uso de repelentes.
  - 15) Promover la diversidad ecológica del ecosistema.
- IV. Educación en información al público e incluso a los profesionistas de la entomología económica, de la industria de los plaguicidas y de las dependencias de gobierno. El MIP requiere la cooperación de todos los especialistas de los campos relacionados con la utilización y el aprovechamiento de los recursos naturales. Como consecuencia, el uso de MIP o MSP causaría un cambio positivo de actitud en el público, algo que es difícil por su naturaleza cultural, más sin embargo, alcanzable y en pro de sustentabilidad.

## Comparación entre el MSP o MIP y el Control de Plagas (C.P.)

Existen los siguientes contrastes entre estos dos métodos de control (Tabla 1).

**Alcances:** El empleo del Manejo Integral de Plagas ofrece los siguientes beneficios al ambiente del cual el hombre es un componente integral:

- 1) Estabilidad espacio-temporal del método.
- 2) Durabilidad (permanencia) del método.
- 3) Mínimo rompimiento del balance natural del medio ambiente.
- 4) Más económico comparado con los métodos convencionales de control.

**Limitaciones:** Falta de fundamento de los conocimientos ecológicos y la carencia de los niveles económicos (umbral y nivel de daño) para las plagas.

### Impacto económico de las plagas

Dos componentes fundamentales ecológicos del MSP o MIP son la estimación correcta de los parámetros poblacionales en base a muestreo sólido y la cuantificación real del impacto de las plagas sobre los cultivos, es decir el establecimiento de los niveles económicos de estos organismos.

La antigua actividad agrícola del hombre a través de los siglos ha alterado los sistemas de policultivos a los tipos de monocultivos, reduciendo la estabilidad y la diversidad de éstos sistemas.

El modo comercio rápido y los valores de tipo estético ha intensificado la aparición de las nuevas plagas en los sistemas de monocultivos. Primero se discuten las bases de los métodos para estimar los niveles económicos de las plagas. Segundo, se presentan ejemplos sencillos para demostrar los procedimientos en el cálculo del Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE).

Tabla 1. Comparación de los rasgos esenciales entre el MSP o MIP y el control de plagas (CP).

| #        | MSP o MIP (Manejo Sustentable o Integral de Plagas)   | C P (Control de Plagas)   |
|----------|---|---|
| <b>1</b> | <b>CAMPO SUCIO</b>  | <b>CAMPO LIMPIO</b>   |
|          | Mantener las poblaciones a niveles subeconómicos en base a los principios ecológicos                | Eliminación total de la población plaga contrario a la lógica ecológica.                                |
| <b>2</b> | <b>DINAMICO</b>   | <b>ESTATICO</b>   |
|          | El plan de trabajo se modifica en base a la aparición de nuevos conocimientos.                      | Un plan constante del trabajo, sin tomar en cuenta nuevos hallazgos ecológicos.                         |
| <b>3</b> | <b>MULTIDIMENSIONAL</b>   | <b>UNIDIMENSIONAL</b>   |
|          | Usar varias opciones en distintas etapas; la suma total reduce la población a nivel subeconómico.   | Usar solamente una opción, es decir, los productos químicos sintéticos.                                 |
| <b>4</b> | <b>MULTIENFOQUE</b>   | <b>UNIENFOQUE</b>   |
|          | Se toman en cuenta las plagas potenciales, ocasionales y claves; evita el desequilibrio ecológico.. | Solamente se toma en cuenta la plaga de interés, sin estudiar otras plagas; rompe el balance ecológico. |

### Evaluación económica de las plagas

La diversidad, la complejidad y la estabilidad de los sistemas naturales garantizan el fenómeno del balance o equilibrio natural (Badii, 1993; Badii y Flores 1993; Badii et al, 1994a y 1994b) y, a la vez evitan la ruptura de los sistemas bióticos y, como consecuencia reducen la probabilidad de que alguna o algunas especies de forma natural realicen su potencial biótico y se conviertan en especies de amenaza numérica llamada plagas. El concepto de plaga está estrechamente relacionado con la importancia numérica (alto valor

numérico) de las especies. Este concepto se originó con el nacimiento de la agricultura hace casi 100 siglos en Mesopotamia (Bronowski, 1973), debido al cambio de los ecosistemas del tipo natural y policultivos al tipo de monocultivos (nuevo para aquel entonces). El hombre sigue alterando los pocos sistemas de policultivos existentes en el planeta, reduciendo, la diversidad al mínimo posible (la presencia de solo una especie), a la vez que disminuye la complejidad y la estabilidad de la comunidad y, como consecuencia se incrementa la dominancia de forma artificial y al mismo tiempo

aumenta la susceptibilidad del sistema a las plagas y enfermedades.

Según Metcalf y Luckman (1982), la mayoría de los cultivos pueden, de forma natural, tolerar densidades aparentemente considerables de diferentes especies de distintos tipos de organismos, sin alguna pérdida apreciable del rendimiento. Por otro lado es obvio que muchas especies ocasionan pérdidas económicas muy considerables a los cultivos. El punto central dentro del concepto de plaga es la medición correcta y científica del impacto de dichos organismos, y esto requiere una comprensión adecuada de la definición, el origen, los

tipos y los niveles económicos de las plagas, para poder hacer estimaciones correctas de los efectos de los mismos sobre los cultivos. La plaga es aquel organismo que interfiere en el interés humano. El concepto de plaga tiene un origen antropocéntrico. Llamamos a una especie plaga porque perjudica nuestra salud, los animales domésticos, los cultivos, las viviendas, etc. En realidad, en la naturaleza no existen plagas, solamente hay poblaciones haciendo todo lo posible por mejorar sus éxitos evolutivos, es decir optimizar las estrategias adaptativas para mejor sobrevivencia y reproducción.

### Génesis de las plagas

La génesis de las plagas se debe a los siguientes factores (Metcalf y Luckmann, 1982; Huffaker, 1980).

- 1) Cambio del medio ambiente del organismo: modificar el medio a favor y beneficio del organismo. Un ejemplo es el escarabajo colorado de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*, Coleoptera: Chrysomelidae), que existía sobre una hierba en las zonas de las montañas rocosas. El hombre introdujo la papa en éstas áreas y el insecto fue rodeado por un océano de un alimento muy preferido (la papa) y por lo tanto explotó su potencial biótico e incrementó numéricamente, convirtiéndose en plaga debido al cambio de hábitat provocado por el hombre.
- 2) Transportar (por el hombre) el organismo del lugar de origen (donde el organismo había coevolucionado) con sus enemigos naturales a través de mucho tiempo y, por lo tanto estaba bajo el control natural de éstos agentes de control o balance natural) a un sitio nuevo, libre de los agentes controladores, en donde la población del organismo explota numéricamente convirtiéndose en plaga. Casi la mayoría de los casos de control biológico son ejemplos de ésta naturaleza. Un ejemplo clásico sería el caso de transporte de la escama algodonosa de cítricos (*Iceryia purchasi* Homóptera: Coccidae) de Australia a California, USA que marcó el inicio formal de la disciplina del control biológico clásico en 1888.
- 3) Cambios genéticos en el organismo: cambiar su hábito alimenticio de un planta no económica a una económica. Un ejemplo sería la mosca de la fruta (*Rahgoletis pomonella* Diptera: Tephritidae). Que modificó su hábito alimenticio de una planta no económica al manzano, en el noreste de USA.
- 4) Destrucción de los enemigos naturales (agentes naturales de control) por la acción de plaguicidas; la literatura está saturada de ejemplos de este tipo (DeBahc y Rosen, 1984): se puede nombrar el caso del control de la araña roja (*Tetranychus macdanielli*) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) sobre el manzano, en los estados de Washington y Michigan en USA. El uso indiscriminado de dicofol fue detrimental para el ácaro depredador rompiendo el sistema de control biológico.
- 5) Cambio en el valor estético del artículo: por parte del consumidor al rechazar una lechuga en el mercado solo por el hecho de haber observado una larva de un insecto, sin saber que significa realmente la presencia de una larva, que ha propósito es una fuente de proteínas. Este rechazo de los artículos por parte del consumidor funciona como una señal al campesino para intensificar sus actividades relacionadas con el control, que en la mayoría de los casos significa el bombardeo del medio por los venenos de muy amplio rango de acción. Esto a su vez, trae como consecuencia el fenómeno de la resistencia de las plagas a los plaguicidas y de ésta manera se intensifica el status de plaga.
- 6) Todos estos factores dan pie para la creación de la plaga. Se puede apreciar que, con la excepción del factor número tres, todos los demás factores dependen de la actividad humana.

## Umbrales de acción

Debido a la heterogeneidad del medio, las poblaciones de las especies plagas, como todos los otros organismos, fluctúan con el tiempo. El nivel promedio de éstas fluctuaciones a través del tiempo se denominan PEG. (Punto o Poción de Equilibrio General). El PEG es un nivel natural, sin embargo existen otros dos niveles que están basados totalmente en factores económicos. El primero se

denomina UE (Umbral Económico), el máximo nivel poblacional tolerable sin que ocasione daño económico; en otras palabras, nivel poblacional al cual uno debe aplicar un método de control para prevenir que la población creciente logre alcanzar el Nivel de Daño Económico (NDE), es decir la mínima densidad poblacional que si ocasiona Daño Económico (DE), lo cuál es la pérdida monetaria que justifica el empleo del método de control (Stern et al, 1959; Badii et al, 1996, 2000b).

## Grupos de plaga

En base a la relación que existe entre PEG y UE (Figura 1a), las plagas se dividen en tres grupos (Stern et al, 1959; Badii et al, 1996, 2000).

- 1) Plaga potencial: El UE está muy por arriba de PEG, y la especie está normalmente bajo el control natural. Un ejemplo es el gusano del fruto (*Helicoverpa zea*, Lepidóptera: Noctuidae) sobre alfalfa (Figura 1b).
- 2) Plaga ocasional EL UE está por arriba de PEG, pero debido a la actividad humana, en algunas ocasiones o lugares el PEG sobrepasa la UE. El ejemplo de este tipo de plaga será el mismo gusano del fruto sobre el algodón.
- 3) Plaga clave: El UE está inmediatamente por arriba de PEG, y frecuentemente el PEG sobrepasa el UE. Ejemplos de este tipo de plaga serán el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*, Lepidóptera: Gelechiidae) sobre algodón y los mosquitos vectores de enfermedades humanas. En el caso de los mosquitos vectores de enfermedades, la sola presencia de ellos (por la transmisión de la enfermedad por el contagio) los ubica como plagas, y en este caso el UE está por debajo de PEG, siendo un caso excepcional.

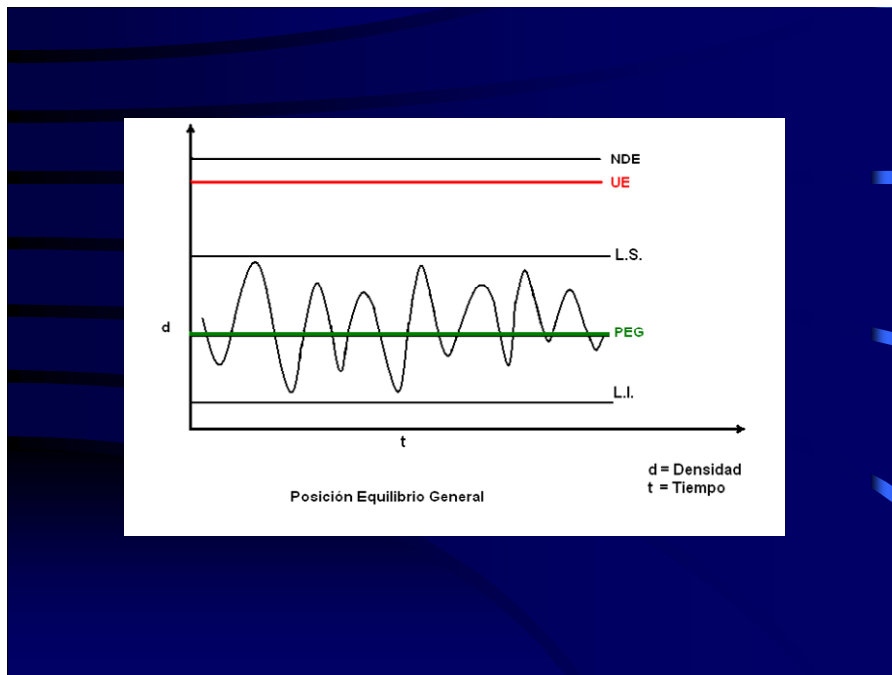


Figura 1a. Punto Equilibrio General (PEG), Umbral Económico (UE) y Nivel de Daño Económico (NDE) (L.S. = Límite superior, L.I. = Límite inferior).

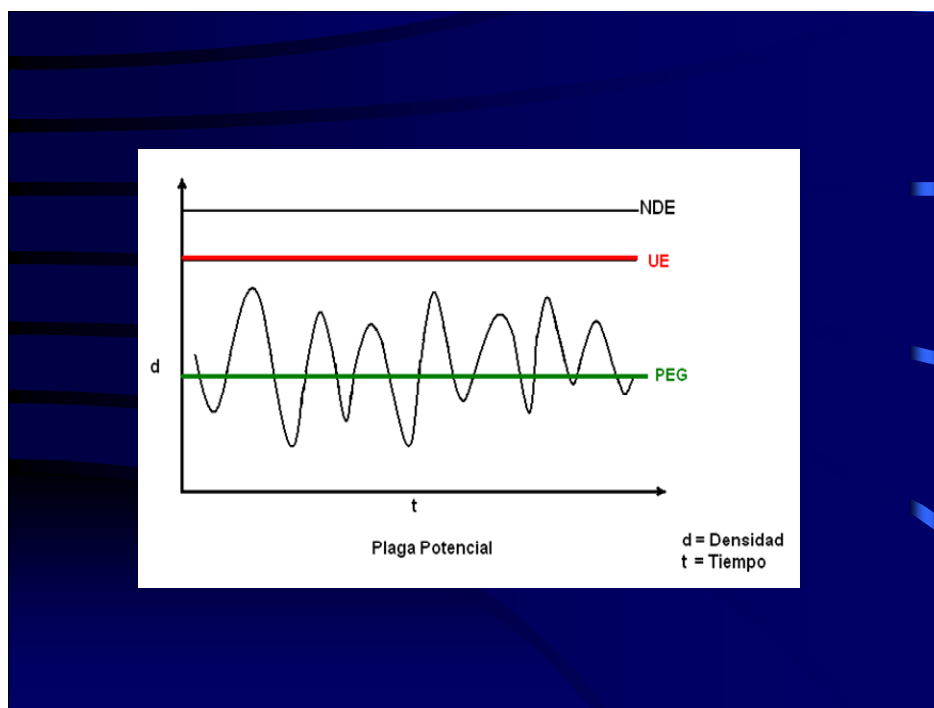


Figura 1b. Plaga Potencial (observar relación de PEG con los niveles económicos)

### Cuantificación del Nivel del Daño Económico (NDE)

El Nivel de Daño Económico se calcula en base al siguiente modelo propuesto por Stone y Pedigo (1972):  $NDE = UG/b$ , donde UG es el Umbral de Ganancia es decir, el límite de la ganancia equivalente al daño económico que justifica el empleo del control. UG = Costo de control/ valor del artículo o el producto agrícola que se compra al agricultor. Ahora el costo del control se da en \$/Kg. Por lo tanto, UG está en unidades deKg/ha. El denominador del modelo de NDE, es decir la “b” es la pendiente (coeficiente de la regresión) de la línea de regresión entre la densidad de la plaga (eje “x”) en número de individuos /ha, y el rendimiento del cultivo (eje “y”) en kg/hectárea. Por lo tanto, la “b” estima la pérdida del rendimiento por cada individuo de plaga, es decir la “b” está dada en kg/individuo. En base a lo anterior, el NDE está dado en número de individuos por hectárea. El siguiente ejemplo hipotético demuestra el cálculo de NDE. Vamos a suponer que el costo del control incluyendo la mano de obra, el precio del producto químico, la renta del equipo para la aplicación, de 12.50 \$/ha. Supongamos también que el valor del artículo agrícola (rendimiento) es de 1.50 \$/kg.

La tabla 2 muestra unos datos hipotéticos de la densidad poblacional de una plaga insectil y el rendimiento del cultivo correspondiente a cada una de estas densidades poblacionales. El eje “x” es el número de los individuos del insecto por hectárea y el eje “y” es el rendimiento de la planta (en kilogramos por hectárea). Correspondiente a cada densidad poblacional de la plaga. Dados estos valores se procede a los siguiente cálculos:  $UG = \text{costo del control/valor del artículo o rendimiento} = 12.50/1.50 = 8.3333 \text{ kg/ha}$ . El coeficiente de la línea de regresión:  $b = 1.4735$ . Es obvio que la “b” resulta negativa, ya que a mayor densidad de la plaga, menor rendimiento, y viceversa. Sin embargo la “b” representa una tasa que demuestra la pérdida del rendimiento agrícola debido a la acción de “un” individuo de plaga, y por lo tanto se usa el valor absoluto de la “b” para la estimación de NDE, es decir  $NDE = UG/ b = 8.3333/1.4735 = 5.6554$  individuos / ha. Ahora bien el resultado (5.6554) es un valor fraccionario, pero nosotros no podemos tener fracción de un individuo de la plaga. Al redondear es lógico y ecológicamente aconsejable elevar el valor del resultado a un número superior, en este caso elevar NDE a 6 individuos/ha.

En base a estos cálculos estimamos que el Nivel de Daño Económico es seis individuos de la

plaga por hectárea. Esta es la mínima densidad poblacional de la plaga que ocasiona Daño Económico. Nosotros debemos aplicar el método de control antes de que la densidad de la plaga alcance este nivel de seis

### Cálculo del Umbral Económico (UE)

¿Cómo podemos saber a que nivel poblacional de la plaga tendremos que usar el método de control para prevenir daño económico?; es decir, evitar que la población creciente de la plaga alcance el NDE. En otras palabras. ¿Cómo se puede estimar UE (Umbral Económico) o la máxima densidad poblacional (tolerable de la plaga). La estimación de UE depende de tres factores (Ogunlana y Pedigo, 1974); NDE, la tasa diaria de crecimiento de la población de la plaga ( $\lambda$ ) y la duración del tiempo para efectuar el control. (t). Es decir,  $UE = NDE / (\lambda \cdot t)$ . Vamos a suponer que  $NDE = 40$  individuos / ha, la duración del tiempo (t) para ejercer el control es igual a 3 días y la tasa diaria de crecimiento poblacional de la plaga es igual a dos hijas por cabeza (madre). En base a la ecuación del modelo de UE tendremos:  $UE = 40 / (2^3) = 40 / 8 = 5$ . El procedimiento nos demuestra que  $UE = 5$  individuos /ha. Sin embargo si pensamos un momento en la significancia biológica de éste valor

5. nos daremos cuenta de que si esperamos a que la población de la plaga alcance el valor numérico de 5. (UE), esto significa que en base a la capacidad diaria (2 hijas /madre) del crecimiento de la plaga, en tres días (tiempo requerido para el empleo del control tendremos una población de la plaga igual a 40 individuos/ha., es decir,  $[(2)^3] (5) = 40$ ; y este número 40 es exactamente el valor que queremos evitar (que la población de la plaga no lo alcance). Es por esta razón que debemos seleccionar otro valor inferior al 5; pero ¿Cuál de los otros valores del 0 al 4 vamos a escoger? La respuesta lógica en base a los fundamentos ecológicos será el valor 4, ya que no hay diferencia medible en término del daño, entre el 0 y el 4 individuos / ha (todos los valores del 0 al 4 están por debajo del UE y, por lo tanto no existe diferencia medible entre ellos). Permitir la existencia de mayor número de individuos de plaga sobre el cultivo (en este caso 4 individuos comparados con menos de 4) tiene base ecológica (Badii, 1985; Badii et al, 1996, 2000), ya que reduce la presión de la selección artificial sobre la población de la plaga (mediante la aplicación de plaguicidas) y de este modo pospone el desarrollo del fenómeno de la resistencia de las plagas a los plaguicidas, y además reduce la contaminación ambiental por estos potentes venenos sintéticos.

Tabla 2. La densidad de un insecto plaga (eje “x”) y el rendimiento por planta (eje “y”) para un caso hipotético.

|         |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| Eje “X” | 50 | 42 | 36 | 18 | 07 | 15 |
| Eje “Y” | 18 | 26 | 45 | 62 | 77 | 94 |

### Estimación de niveles de daño económico para múltiples especies

El requisito principal para el desarrollo NDE para múltiples especies es que el daño causado por distintas especies de plaga produzca una respuesta fisiológica homogénea en el cultivo. Las especies que ocasionan un daño común constituyen un “guild” de daño (Hutchins et al, 1988), donde el “guild” se refiere a un grupo de especies que están en el mismo nivel trófico compitiendo por los recursos.

Una vez que tenemos a) una homogeneidad de respuesta fisiológica y b) una base común para estimar el daño en función de un “guild” de especies será posible determinar el NDE para múltiples especies.

Para el cálculo de NDE, el investigador debe coleccionar tres tipos de datos experimentales: primero y a lo mejor lo más difícil es el establecer una homogeneidad de respuesta fisiológica del

cultivo. Segundo determinar la interrelación entre el daño por la plaga y la pérdida en el rendimiento del cultivo. Tercero, determinar la cantidad del daño por individuo (instar) de cada especie en el “guild”. En base a estos datos se puede calcular el NDE en término del daño total. Este último valor de NDE se divide entre el potencial del consumo de cada especie de plaga para producir un NDE de cada especie, y que se define en término del daño y se puede usar a lo largo del “guild” de especies.

### Procedimiento de cálculo de NDE para múltiples especies

El mejor ejemplo del estudio de NDE en la literatura viene de los cálculos de Hutchins, et al (1988), en base a los datos de Todd y Morgan (1972) para cinco especies de insectos que consumen la hoja de la soya. En este ejemplo las funciones del daño relacionan la pérdida del rendimiento (producción) del cultivo con el daño causado por las plagas en

diferentes estados del desarrollo de la soya. Para este ejemplo el costo de control es de \$ 27.18/ha, el valor del producto agrícola (soya) es de \$0.2205/Kg y por tanto el Umbral de Ganancia (UG) es 123.2653Kg/ha. Dados los coeficientes de regresión (b) de las ecuaciones (Tabla 3) se calculan los NDE para distintas etapas de soya.

Ahora bien se calcula el potencial (Tabla 4) de consumo (cm<sup>2</sup> de la hoja removida) y el coeficiente de equivalencia de daño (valor acumulativo en base a la fracción del consumo total) de diferentes instar de las especies de plaga (solo los adultos de escarabajo son defoliadores) que constituyen un “guild” de especies consumidores de la hoja de la soya.

Los valores de la Tabla 4 representan el daño acumulativo proporcional incluyendo el tamaño actual del instar. Por ejemplo en caso de *Pseudoplusia includens*, una larva grande ha consumido al 100% de su potencial individual (coeficiente de equivalencia del daño es igual a 1.00), mientras que una larva pequeña ha consumido 100 veces menos que una larva grande. El paso

siguiente es construir un matriz de coeficiente de equivalencia ajustada en base a los datos de la tabla 3, es decir hay que determinar la diferencia en la cantidad del daño entre las diferentes especies. En otras palabras debemos seleccionar una especie como la especie estándar en término del coeficiente de equivalencia, y relacionar todas las otras especies a la especie estándar en base a sus potenciales de consumo. La Tabla 5 proporciona esta matriz. El coeficiente de equivalencia ajustada representa la razón de potencial de consumo entre una especie dada y la especie estándar por el tamaño el instar correspondiente. Por ejemplo cuando se usa la especie *Pseudoplusia includens* como estándar, el coeficiente de equivalencia de daño para *Platyhyphen scabra* consume solamente el 54% de lo que consume una larva grande de *Pseudoplusia includens*

Ahora bien, al dividir el valor de NDE total de la Tabla 3 (para cada etapa del desarrollo de la soya) entre el consumo de la hoja (cm<sup>2</sup>) (datos de la Tabla 4) de cada especie de “guild” se puede estimar el NDE de cada especie de plaga (Tabla 6).

### Estrategias y tácticas del MSP o MIP

La aplicación del MSP o MIP comienza con el desarrollo de una estrategia, es decir el desarrollo de un esquema o plan para la eliminación económica o la reducción del problema de plaga. Cabe mencionar que se trata de la reducción del problema de plaga, más no la eliminación de la población de la misma en término absoluto. Existen cuatro diferentes clases de estrategias:

- 1) No hacer nada, cuando la PEG está muy por debajo de UE.
- 2) Reducir la población de plaga.

Tabla 3. Funciones de daño (regresiones forzadas al origen) relacionando la pérdida en la producción (kg/ha) y el daño (cm<sup>2</sup> de área foliar consumida por metro de hilera) y niveles de daño económico basados en estas funciones.

| Etapas de la Soya | Ecuación de regresión | R <sup>2</sup> | F <sub>13</sub> | P > F  | NDE    |
|-------------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------|--------|
| V8-10             | UG=0.09408 NDE        | 0.95           | 59.08           | 0.0046 | 1310.2 |
| R2                | UG=0.09030 NDE        | 0.96           | 79.82           | 0.0030 | 1365.1 |
| R4                | UG=0.07869 NDE        | 0.98           | 149.74          | 0.0012 | 1566.5 |
| R6                | UG=0.12140NDE         | 0.99           | 467.21          | 0.0002 | 1015.4 |



Tabla 4. Potencial de consumo y coeficiente de equivalencia de daño para cada miembro del complejo de plagas de la soya compuesto de *Ps. Includens*, *A. gemmatalis*, *P. scabra*, *S. Exigua* y escarabajos defoliadores.

| Tamaño larval                 | Consumo de la hoja (cm <sup>2</sup> ) | Fracción del consumo total | Coef. de equivalencia |
|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <i>Pseudoplusia includens</i> |                                       |                            |                       |
| Pequeño                       | 0.81                                  | 0.01                       | 0.01                  |
| Mediano                       | 8.60                                  | 0.09                       | 0.10                  |
| Grande                        | 88.46                                 | 0.90                       | 1.00                  |
| Total                         | 97.87                                 | 0.00                       |                       |
| <i>Anticarsia gemmatalis</i>  |                                       |                            |                       |
| Pequeño                       | 2.40                                  | 0.03                       | 0.03                  |
| Mediano                       | 4.56                                  | 0.05                       | 0.08                  |
| Grande                        | 85.24                                 | 0.92                       | 1.00                  |
| Total                         | 92.20                                 | 1.00                       |                       |
| <i>Plathypena scabra</i>      |                                       |                            |                       |
| Pequeño                       | 1.18                                  | 0.02                       | 0.02                  |
| Mediano                       | 4.13                                  | 0.08                       | 0.10                  |
| Grande                        | 47.79                                 | 0.90                       | 1.00                  |
| Total                         | 53.10                                 | 1.00                       |                       |
| <i>Spodoptera exigua</i>      |                                       |                            |                       |
| Pequeño                       | 0.92                                  | 0.02                       | 0.02                  |
| Mediano                       | 9.93                                  | 0.19                       | 0.21                  |
| Grande                        | 40.38                                 | 0.90                       | 1.00                  |
| Total                         | 51.23                                 | 1.00                       |                       |
| Escarabajos defoliadores      |                                       |                            |                       |
| Adulto                        | 17.11                                 | 1.00                       | 1.00                  |

Tabla 5. Matriz de valores de coeficientes de equivalencia para cinco miembros de un “guild” de plagas de soya. Los coeficientes de equivalencia están ajustados en base a la selección de una especie de equivalencia estándar (números en **negritas**) y representa la contribución relativa de daño para cada especie (Defolia = Escarabajo defoliador).

| Especie           | Tamaño larval | Coeficientes de equivalencia de daño para las especies de equivalencia estándar |                 |                  |                  |             |
|-------------------|---------------|---|-----------------|------------------|------------------|-------------|
|                   |               | <i>Ps. Inclu.</i>   | <i>A. gemm.</i> | <i>P. scabra</i> | <i>S. exigua</i> | Defoli      |
| <i>Ps. Inclu.</i> | Pequeño       | <b>0.01</b>   | 0.01            | 0.01             | 0.02             | 0.05        |
|                   | Mediano       | <b>0.10</b>   | 0.15            | 0.21             | 0.18             | 0.50        |
|                   | Grande        | <b>1.00</b>   | 1.04            | 1.85             | 2.19             | 5.17        |
| <i>A. gemm.</i>   | Pequeño       | 0.03  | <b>0.03</b>     | 0.04             | 0.05             | 0.14        |
|                   | Mediano       | 0.05  | <b>0.08</b>     | 0.11             | 0.10             | 0.27        |
|                   | Grande        | 0.96  | <b>1.00</b>     | 1.78             | 2.11             | 4.98        |
| <i>P. scabra</i>  | Pequeño       | 0.01  | 0.01            | <b>0.02</b>      | 0.03             | 0.07        |
|                   | Mediano       | 0.05  | 0.07            | <b>0.10</b>      | 0.09             | 0.24        |
|                   | Grande        | 0.54  | 0.56            | <b>1.00</b>      | 1.18             | 2.79        |
| <i>S. exigua</i>  | Pequeño       | 0,01  | 0.01            | 0.02             | <b>0.02</b>      | 0.05        |
|                   | Mediano       | 0.12  | 0.17            | 0.24             | <b>0.21</b>      | 0.58        |
|                   | Grande        | 0.46  | 0.47            | 0.84             | <b>1.00</b>      | 2.36        |
| Adultos           | Defolia       | 0.17  | 0.19            | 0.32             | 0.33             | <b>1.00</b> |

Tabla 6. Valores del nivel de daño económico (NDE) de cinco especies del complejo de plagas de la soya. Los valores son presentados en cuatro etapas del cultivo de la soya. Los valores son presentados en cuatro etapas del cultivo de la soya como equivalentes de daño por metros de surco. El número entre paréntesis representa los equivalentes de daño por pie de surco (E.D: significa Escarabajos defoliadores).

| Etapa de la soya | NDE P <sub>si</sub> | Valores NDE A.g | Del nivel NDE P.s | de Daño NDE S.e | Económico NDE E <sub>D</sub> |
|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------------------|
| V8-10            | 13.8 (4.1)          | 14.2 (4.3)      | 24.7 (7.5)        | 25.6 (7.8)      | 76.6 (23.3)                  |
| R2               | 13.9 (4.2)          | 14.8 (4.5)      | 25.7 (7.8)        | 26.6 (8.1)      | 79.8 (24.3)                  |
| R4               | 16.0 (4.9)          | 17.0 (5.2)      | 29.5 (9.0)        | 30.6 (9.3)      | 91.6 (27.9)                  |
| R6               | 10.4 (3.2)          | 11.0 (3.4)      | 19.1 (5.8)        | 19.8 (6.0)      | 59.3 (18.1)                  |

- 3) Reducir la susceptibilidad del cultivo a la plaga.
- 4) La combinación de las estrategias dos y tres.

Ahora bien la implementación de cada estrategia depende de uno o varios métodos, denominados tácticas para la implementación de una estrategia. Para cada estrategia específica existen las siguientes tácticas.

1. Para la primera estrategia la táctica adecuada es el muestreo en base del cual el investigador sólo está monitoreando una población endémica (baja) de la plaga. Además debido a que la población de la plaga está muy por debajo de UE, no es necesario hacer nada con respecto del control.
2. Incrementar la tasa de mortalidad mediante actividades como control biológico, microbiano y químico, liberación de los machos estériles (método de autocida), etc.
3. Las tácticas adecuadas para la tercera estrategia son el uso de los cultivos tolerantes y resistentes al ataque de las plagas, y el incremento del vigor del cultivo vía el uso de los fertilizante y otras tácticas similares que reducen la susceptibilidad de los cultivos a las plagas.
4. Para la cuarta estrategia se emplean todas las tácticas mencionadas en los puntos dos y tres.

### Implementación de categorías

El uso de los niveles económicos o Umbrales de Acción (reglas de decisión) en un programa de MSP o MIP será más claro cuando el estado de desarrollo de cada nivel haya sido categorizado. En la actualidad los Umbrales de Acción (UA) están clasificados en cuatro categorías (Figura 2).

- 1) No. Umbral: No existe ningún UA.
- 2) Umbrales Nominales: desarrollados en base a la experiencia del campesino, estos son umbrales empíricos y sin fundamento científico.
- 3) Umbrales simples: para una sola especie, con base científica.
- 4) Umbrales complejos: se desarrollan con base científica para múltiples especies. Actualmente existen muy pocos umbrales complejos.

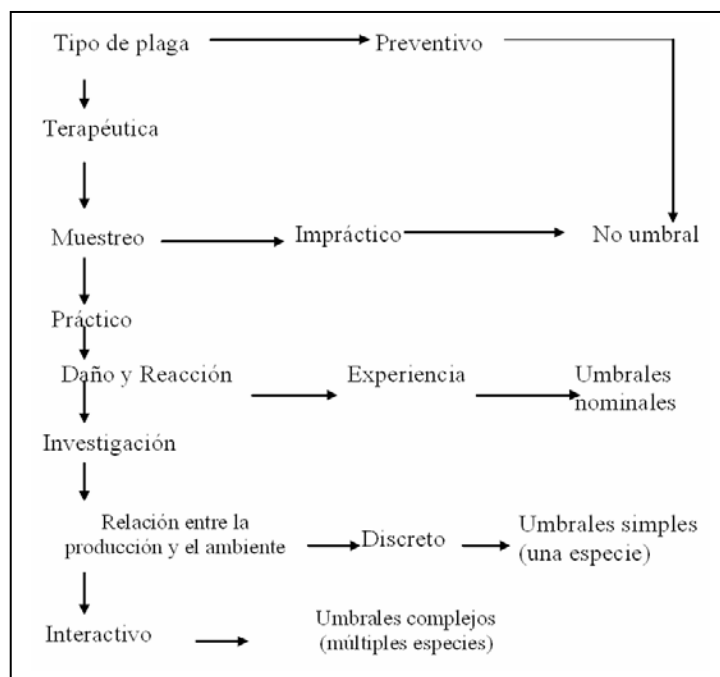


Fig. 2. Representación esquemática de las categorías de los Umbrales de Acción

**Sistemas de MSP o MIP.** Muchos cultivos tienen plagas clave, sobre las cuales depende la producción económica de estos cultivos. El control de estas plagas clave forma la base esencial del sistema de manejo de las plagas del cultivo y alrededor de este control deben estar coordinadas todas las demás decisiones del control. El sistema del manejo de las plagas está basado en control químico, control cultural, control biológico o control a través de los cultivos resistentes a las plagas, todo dependiendo en lo que es necesario para el control de las plagas clave. En relación a esto, puede contar con dos tipos de sistemas de control: fundado en el control biológico, es decir, dependiendo en la disminución del crecimiento de la población de la plaga a largo plazo, en base a los elementos bióticos; y además, basado en el control químico, el cual se refiere al uso de las estrategias de la intervención en contra de las poblaciones crecientes de las plagas. La siguiente tabla comparativa demuestra los tres diferentes tipos de control según sea la base del control; control biológico o químico (Tabla 1).

**Control químico como la Base.** El control de las plagas clave (una mosca, *Rhagoletis pomonella*, un escarabajo, *Conotrachelus nenuphar* y un hongo *Venturia inaequalis*) del manzano en el noroeste de USA depende totalmente en el control químico, es decir, la aplicación de los insecticidas y fungicidas foliares. El control de otras plagas está ajustado alrededor del control químico de las plagas clave. En general, la mayoría de las plagas secundarias (los ácaros, los áfidos y los minadores de las hojas) están sujetos al control por los enemigos naturales. Sin embargo, en práctica, no se puede aprovechar el potencial de control biológico para estas plagas secundarias, ya que los plaguicidas aplicados en contra de las plagas clave destruyen la fauna benéfica que puede controlar las plagas secundarias y además, los productos químicos estimulan e incrementan la tasa reproductiva de algunas de estas plagas secundarias como por ejemplo, los ácaros. Como resultado de este fenómeno, se tienen que aplicar frecuentemente más productos químicos en contra de los ácaros o los minadores de la hoja, ya que la aplicación de los plaguicidas es más compatible con el control químico de las plagas clave comparado con el control biológico.

Tabla 1. Diferentes tipos de sistemas de control según el fundamento de control biológico o control químico.

| Base                   | Diferentes tipos de sistemas de control  |  |  |   |
|------------------------|--|--|--|---|
|                        | Control cultural   | Cultivos Resistente  | Control químico cuando la base es Control biológico  | Control biológico cuando la base es el Control químico                                      |
| <b>Cont. Biológico</b> | Seleccionar Técnicas para mantener un balance entre las poblaciones del enemigo natural y la plaga | Seleccionar genotipos para tolerar el daño de la plaga mas no limitar la población del enemigo natural     | Se usa para las plagas que no están bajo el control biológico, se utiliza plaguicidas selectivos |   |
| <b>Cont. Químico</b>   | Seleccionar técnicas para maximizar la supresión de la población de la plaga                       | Seleccionar genotipos para tolerar el daño causado por la plaga y además suprimir la población de la misma |  | El uso está limitado a los agentes de control biológico que no se dañan por los plaguicidas |

**Control biológico como la base.** Cuando la plaga clave es controlada por los enemigos naturales, el control biológico forma la base del sistema del manejo de las plagas de cualquier cultivo. En el Estado de California, USA, el control de la escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi*, por el escarabajo, *Rodolia cardinalis*, estableció la necesidad de la conservación de este depredador en las zonas cítricas. Los requisitos de la conservación de este depredador influenciaron las decisiones y las opciones del control de otras plagas de los cítricos. La relevancia de control biológico como el eje

central para de MIP ha sido bien documentado (Badii et al, 2003a,b)El uso del control químico solamente se permite cuando no va a causar un desequilibrio en el programa del control biológico de esta escama. Otros ejemplos de la influencia del control biológico como base de un sistema de manejo de las plagas son: escama harinosa sobre aguacate en California (Bennett et al, 1976), el áfido punteado de la alfalfa en Australia (Hughes et al, 1987), las escamas *Anodiella aurantii* y *Chrysomphalus aonidum* en Sudáfrica (Bruwer y Villiers, 1988; Bedford, 1989) y el picudo de la alfalfa, *Hypers postica*, en el este de

USA (Day, 1981). En cada uno de estos proyectos se obtuvo un control exitoso de la plaga clave sobre cada cultivo, creando una necesidad de evitar el uso de los plaguicidas para conservar a los enemigos naturales que ocasionaban el control biológico.

**Control biológico y químico como las bases.** No todas las plantas tienen una estrategia definida de control para que forme la base de un sistema de manejo de plagas. La planta puede que no tenga plagas clave o que las plagas pueden estar sujetas al control químico o control biológico. En estos sistemas, existen varias opciones para el control de las plagas, y uno puede inclinarse a una de estas opciones como el uso de los productos químicos, el control cultural, el control biológico o la utilización de los cultivos resistentes a las plagas, como un método dominante en el sistema de manejo de plagas. Por ejemplo, en muchas regiones de USA, la fresa es afectada por las arañas rojas, la chinche *Lygus*, y el hongo *Botrytis cinerea*. Las arañas rojas se pueden controlar mediante el acaricida o los ácaros depredadores. Las chinches no se pueden controlar fácilmente mediante los métodos biológicos dentro de un campo en la misma estación, pero si se pueden controlarlo regionalmente (varios campos) por un parasitoide importado desde Europa (Day et al, 1990). Por otra parte, el hongo se puede controlar mediante la utilización de hongos antagonistas que son distribuidos por los polinizadores (Peng et al, 1992). En este sistema como se puede apreciar existen varias opciones de control. La selección de cada uno de los métodos de control afecta los resultados de control de otras plagas de forma significativa. La selección del control químico reduce la probabilidad del éxito del control biológico, mientras que al seleccionar el control biológico, uno incrementa la probabilidad del control biológico de otras plagas del cultivo. El uso de plaguicidas en contra del chinche nulifica el efecto de la liberación de los ácaros depredadores en contra de las arañas rojas de la fresa, resultando pues en la utilización de acaricidas en contra de esta plaga. El uso de fungicidas en contra del hongo, disminuye la tasa de reproducción del ácaro depredador, haciendo menos probable el control biológico de la araña roja.

**Tipos de modificaciones y cambios estratégicos.** Muchos de los sistemas de control de plagas están basados principalmente, en la utilización de plaguicidas. Los intentos iniciales para mejorar el manejo de las plagas, en estos casos, se trata primordialmente del manejo de plaguicidas, es decir, la reducción de la cantidad de los mismos mediante tácticas como, el monitoreo de las plagas,

establecimiento de los umbrales de acción (umbral económico y nivel de daño económico) y calibración de la maquinaria, sin embargo, el control de plagas sigue llevándose a cabo aún con el uso de los plaguicidas. La transformación de este sistema de control a uno que esté basado en el control biológico u otras alternativas, en realidad, conforma al objetivo fundamental del manejo de plagas en muchos países del mundo. En término real existen varias formas que permiten esta transición: Las alteraciones graduales, los nuevos métodos de control de las plagas clave, el desarrollo de la resistencia a los plaguicidas por las plagas claves, las restricciones oficiales sobre los plaguicidas esenciales y el desarrollo de los programas de control biológico en contra de las plagas clave.

**Alteraciones graduales.** En teoría, la idea aquí es que se puede modificar gradualmente un sistema de control que está basado en el uso de los productos químicos a uno que requiere menos o nada de plaguicidas a través de ajustes menores realizados por los campesinos durante el mismo ciclo del cultivo. Sin embargo, en la práctica, es difícil alcanzar este objetivo, ya que los productos químicos son en muchas formas, incompatibles con el empleo del control biológico. La oportunidad del uso de los plaguicidas fisiológicamente selectivos está limitada por un número finito de los plaguicidas registradas para su uso sobre el cultivo. Los intentos del uso de los plaguicidas a través de los métodos ecológicamente selectivos son obstaculizados por las limitaciones en la reducción de la efectividad de los productos químicos en contra de las plagas clave. La reducción de la dosis, más allá de un cierto límite disminuye drásticamente la efectividad de los plaguicidas; la aplicación de los plaguicidas en hileras alternas puede funcionar en contra de algunas plagas, más no en otras. En resumen, aunque las modificaciones graduales son atractivas para los campesinos, el grado de efectividad de esta estrategia está bien limitado.

**Nuevos métodos de control para las plagas clave.** Este se trata de modificar el sistema del control basado en los productos químicos a un método no-químico, es decir, sin aplicación de los plaguicidas. Los siguientes ejemplos, el control de *Ragoletis pomonella* sobre el manzano en USA, por medio de trampas (Prokopy et al, 1990); el control de *Grapholita molesta* sobre el durazno en Australia, por el uso de feromonas para interrumpir el apareamiento (Vickers et al, 1985); la combinación de varios métodos de control en contra de *Anthonomus grandis* en el algodón en USA; el uso de *Anticarsia* virus en contra de *Anticarsia*

*gemmatilis* sobre la soya en Brasil, demuestran la modificación del método de control químico por otros métodos.

En general, cualquier método que substituye al método de control químico, particularmente, durante el inicio de la estación (para salvar a los enemigos naturales de los productos químicos), ofrece mayor probabilidad de obtener el control biológico en contra de las plagas restantes en el cultivo. Los métodos de control que se pueden utilizar para reemplazar al método químico incluyen los patógenos; los nemátodos; las trampas; interrumpir el sistema de apareamiento por las feromonas; los métodos culturales como la rotación del cultivo, uso de las plantas resistentes, manipuleo de los patrones de cultivo; la eliminación regional a través de los programas de erradicación como el uso de los machos estériles; o la combinación de diferentes métodos.

#### **Desarrollo de resistencia en la plaga clave.**

Cuando la plaga clave es resistente en contra de la mayoría de los plaguicidas, la capacidad del campesino para suprimir la población de la plaga, prácticamente, se pierde. En este momento, el sistema de control no tiene ningún rumbo, ni una forma definitiva y el campesino está más receptivo a modificar las bases del sistema de control de plagas sobre sus cultivos. En los 80's, el escarabajo colorado de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* en el noreste de USA, desarrolló resistencia en contra de casi todos los plaguicidas. El número y la dosis de las aplicaciones de los plaguicidas en contra de esta plaga fueron tan altos que el control químico ya no era económicamente redituable. En ausencia del control químico, el interés sobre la cepa de *Tenebrionis* de *Bacillus thuringiensis* se incrementó y la aplicación de esta cepa en contra de la plaga fue muy efectivo (Ferro y Lyon, 1991). La eliminación del control químico, permitió la mejor sobrevivencia de los enemigos naturales de la plaga y además, abrió la probabilidad del control biológico de las plagas secundarias como los áfidos (*Myzus persicae*).

**Restricciones sobre los pesticidas.** La capacidad de continuar con el método del control químico como la base de un sistema de control de plagas se pierde cuando se prohíbe, por cualquier razón, el uso del plaguicida clave. Por ejemplo, en varias provincias en Canadá se prohibió el uso del plaguicida principal, después de muchos años de aplicación aérea, en contra de *Choristoneura fumiferana* la plaga clave de encino. Esta prohibición creó la necesidad de un sistema de manejo de plagas basado en el control biológico y por ende, la utilización

efectiva y exitosa de *Bacillus thuringiensis* y *Trichogramma minutum* en contra de esta plaga.

Cuando se prohibió el uso de un afidicida selectivo (pirimicarb) en USA, fue muy difícil conservar los enemigos naturales y por tanto, se integró el control químico con el control biológico sobre varios cultivos. Además, la demanda creciente del público por las frutas y verduras libre de plaguicidas, motiva a los campesinos y los productores agrícolas a transformar sus sistemas de control de plagas a aquellos que están basados en la no utilización de los productos químicos.

#### **Desarrollo de control biológico para las plagas clave.**

La investigación sobre los enemigos naturales en el control biológico de las plagas clave debe proceder paralela pero por separado de los sistemas actuales del control de las plagas. Por ejemplo, si se requiere la introducción de nuevos enemigos naturales de una plaga clave, se debe proceder con la investigación en el control biológico en el campo por varios años. Cuando un enemigo natural efectivo ya ha sido importado, liberado, distribuido y establecido en la región, entonces, se abre la oportunidad de reestructurar el sistema del control de la plaga de tal forma que ahora el control biológico para la plaga clave, forme la base esencial del manejo.

**Combinación de diferentes métodos.** En término general y práctico, son posibles cuatro combinaciones de los métodos: control biológico y control químico, control biológico y control cultural, control biológico y los cultivos resistentes y dos o más tipos de control biológico.

**Control Biológico y control químico.** El control químico tiene un efecto adverso sobre el control biológico e incluso, el uso de algunos plaguicidas obstaculiza totalmente el empleo del control biológico (Croft, 1990). Se pueden disminuir algunos conflictos entre estos dos métodos mediante por ejemplo, modificar el producto químico para reducir sus daños o utilizar aquellos enemigos naturales que son resistentes a los plaguicidas (Hoy et al, 1990). Se puede disminuir el daño de los enemigos naturales por los plaguicidas mediante tres métodos: **1.** La reducción de la cantidad o la frecuencia de aplicación. Las técnicas para este caso son: aplicar los plaguicidas en hileras alternas; usar tasas menores de los productos químicos; realizar monitoreo sólido para evitar el uso innecesario de los plaguicidas; y ajustar los tiempos de aplicación para evitar los periodos más sensibles para los enemigos naturales. **2.** El empleo de los plaguicidas fisiológicamente selectivos que son más seguros en contra de los enemigos naturales. Se obtiene la

selectividad en base a las pruebas de tamizado (screening) y se utiliza el producto menos dañino en contra de los organismos benéficos. 3. La alteración de las técnicas de aplicación para reducir el contacto de los productos químicos con los organismos benéficos. Se puede obtener este objetivo mediante la utilización de los plaguicidas estomacales en lugar de los de contacto (salvo algunos de los enemigos naturales); uso de los reguladores de crecimiento; empleo de feromonas; o la aplicación del control microbial. Hay que tener muy presente que la reducción poblacional de los enemigos naturales es mucho más dañina al inicio de la estación (cuando la población de estos es muy baja) comparado con la misma cantidad de la reducción pero más tarde durante el ciclo del cultivo.

**Control biológico y control cultural.** En términos generales las prácticas culturales, en comparación con las de control químico, son más compatibles con el control biológico, sin embargo, pueden existir algunos conflictos al respecto. Si la densidad de las trampas por unidad de estudio, por ejemplo, es demasiado alta, esto puede causar una disminución en la efectividad del enemigo natural, como es el caso de dos trampas por árbol de olivo para la mosca, *Dacus oleae* en la Isla de Creta que capturaron suficientes parasitoides de la escama, *Aspidiotus nerii* del mismo árbol y por lo tanto ocasionó una reducción significativa en la efectividad del control biológico de esta escama (Neuenschwander, 1982). El manejo del suelo (arar, depositar estiércol o destruir las malezas) con el objeto de reducir las poblaciones de las malezas, puede afectar (positiva o negativamente) a diferentes tipos de los enemigos naturales como, los ácaros depredadores, las arañas depredadoras, los nemátodos, los escarabajos del suelo y algunos parasitoides (Purvis y Curry, 1984; Nilsson, 1985; Brust, 1991). La destrucción de los residuos del cultivo que es una práctica cultural común en muchos cultivos para abatir las poblaciones de las plagas insectiles, las malezas o los fitopatógenos, puede afectar inversamente la capacidad de los enemigos naturales importantes a moverse de un cultivo a otro. En India, por ejemplo, la quema total de los residuos de la caña de azúcar, ocasiona la reducción drástica de los parasitoides de varias plagas del mismo cultivo (Joshi y Sharma, 1989).

**Control biológico y plantas resistentes.** Comúnmente es aceptada la idea de que existe una compatibilidad entre el uso de las plantas resistentes y el control biológico, y en la realidad, esto es correcto muy frecuentemente. En California, USA, por ejemplo, se obtuvo el control satisfactorio del

áfido punteado, *Therioapis maculata* sobre alfalfa mediante la combinación del uso de los enemigos naturales nativos, tres especies importadas de parasitoides y la utilización de los cultivares resistentes de alfalfa a esta plaga (Hagen et al., 1976). Sin embargo, en algunos casos, las características que confieren la resistencia en el cultivo, reducen la efectividad de los agentes del control biológico. Algunos rasgos de los cultivos resistentes son intrínsecos del cultivo (por ejemplo, los semioquímicos) y por ende tienen poco contacto con los organismos benéficos, pero pueden causar un efecto indirecto debido a que ocasionan alteraciones en las características químicas y fisiológicas del hospedero del enemigo natural. Por ejemplo, los adultos del parasitoide, *Diaeretilla rapae* resultaron más pequeños y menos fecundos cuando fueron criados sobre el áfido Ruso del trigo (*Diuraxis noxia*) quien se había alimentado del cultivo resistente comparado con el trigo susceptible (Reed et al, 1992).

Los rasgos del cultivo que tienen modificaciones externas pueden afectar directamente a los agentes de control biológico. El tomate, por ejemplo, con mayor densidad de los tricomas y mayor producción del compuesto queton metílico redujo drásticamente el nivel de parasitismo de *Helicoverpa zea* debido a la mosca Tachinidae, el parasitoide de las larvas; *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp. ambos parasitoides de los huevecillos de la misma plaga (Farrar et al, 1992; Farrar y Kennedy, 1991). Las causas de la reducción de la efectividad de los agentes del control biológico fueron, entrapamiento mecánico por las tricomas, el envenamiento de las larvas de los taquínidos por las secreciones de los tricomas, la reducción del tiempo de búsqueda de los parasitoides adultos y la toxicidad directa de los estadios inmaduros de los enemigos naturales dentro del hospedero debido a los compuestos secundarios de la planta. La alta densidad de los tricomas del tomate en los invernaderos en Holanda ocasionó una barrera para la dispersión de los ácaros depredadores *Phytoseiulus persimilis* y por ende disminuyó significativamente la efectividad del control biológico de la araña roja (Van Haren et al, 1987). Los cultivares del algodón sin néctar que son resistentes en contra de varias especies de plagas del mismo cultivo, disminuyen la efectividad de *Trichogramma* sp. el parasitoide de los huevecillo de *Helicoverpa zea* (Treacy et al, 1987). El uso de las plantas transgénicas que pueden expresar el gen de *Bacillus thuringiensis* en sus tejidos, incrementan el potencial de estas plantas resistentes afectando a los agentes de control biológico debido a que reducen la fuente del hospedero (Vaek et al, 1987). El nivel de

la resistencia de los cultivos a las plagas no debe superar el nivel de acción de los enemigos naturales en contra de las mismas plagas. De otra manera, un sistema multifacético se convierte a en uno monofacético (ya que en lugar de suplementar la acción de los enemigos naturales, las plantas resistentes substituyen el control biológico), y el resultado a lo largo del tiempo va a ser menos estable (Van Emden, 1991).

**Varios tipos de control biológico.** En los sistemas del manejo de plagas basados primordialmente en el control biológico, se pueden requerir varios tipos de enemigos naturales para el control de diferentes tipos de plagas. Por ejemplo, en la producción de hortalizas en el invernadero, se utilizan los ácaros depredadores, los trips depredadores y los parasitoides de la mosquita blanca y los áfidos. En caso del repollo, se usan parasitoides, patógenos (como *Bacillus thuringiensis*) y además se conservan los enemigos naturales. Los conflictos potenciales en estos sistemas complejos incluyen la depredación de los enemigos naturales por los depredadores, y la

destrucción de los hospederos de los parasitoides por los patógenos. El insecto depredador, *Orius tristicolor* usado en invernadero para el control de plagas, también se alimentó sobre el ácaro depredador, *Phytoseiulus persimilis* utilizado en el mismo sistema (Cloutier y Johnson, 1993). Este conflicto se puede evitar mediante el ajuste del tiempo de la liberación diferencial de estos dos depredadores para que no se encuentren el uno al otro inmediatamente después de la liberación. En el caso de los patógenos que destruyen los hospederos de los parasitoides, se puede manejar la situación en base al ajuste de la tasa y el grado del cubrimiento del plaguicida microbial para reducir la tasa de mortalidad de los hospederos y de esta manera dejar algunos de estos para que sean parasitados por los parasitoides. La aplicación del hongo, *Aschesonia aleyrodis* es compatible con la utilización de *Encarsia formosa* en contra de la mosquita blanca en el invernadero, ya que el hongo no modificó la razón de los hospederos parasitados y no parasitados (Ramakers y Samson, 1984).

### Conclusión

El uso irracional de los agroquímicos ha ocasionado contaminación ambiental (aire, agua y suelo), especialmente a partir de finales de la Segunda Guerra Mundial, con el nacimiento de los plaguicidas de origen orgánico-sintético. Otras desventajas debido a uso no inteligente de los productos han sido la ruptura del balance ecológico y la biodiversidad de los ecosistemas, la destrucción de la fauna benéfica, la presencia de los residuos tóxicos en los productos alimenticios, el desarrollo del fenómeno de resistencia de las plagas a los plaguicidas, etc. Una manera de reducir (de forma muy significativa) estas desventajas es el establecimiento de los niveles económicos (NDE y UE) para las plagas. En otras palabras, hay que distinguir entre la presencia de un organismo sobre un cultivo y su presencia a niveles que causan daños económicos medibles. Sin este conocimiento básico, nosotros en realidad no sabemos si la presencia de la plaga sobre el cultivo es sinónimo de que va a ocasionar daño. Es por esta razón fundamental que anualmente más del 50% de los plaguicidas usados en los agroecosistemas, realmente son innecesarios. Sin embargo, el establecer los niveles económicos para hacer decidir sobre el uso de los plaguicidas, nosotros somos capaces de reducir a la mitad la presión de los agroquímicos sobre los ecosistemas, y de esta forma podemos contribuir al uso sustentable de los recursos naturales y a la vez a la conservación del medio ambiente.

## Referencias

- Badii, M. H. 1985. El concepto de control integrado (C. I.). *Unach* 2: 35-37.
- Badii, M. H. 2001. Fundamentos del manejo integrado de las plagas. *Contacto Ecológico*. 1(1): 20-22.
- Badii, M. H. 1993. Ecología de Control Microbiano. Pp. 13-17. En: L. J. Calán-Wong (Ed.). *Biotecnología Para la Producción de Bioinsecticidas Microbianos Centrada en *Bacillus Thuringiensis**. UNAM Iztacala. Méico, D. F.
- Badii, M. H. y A. E. Flores. 1993. Ecología de Poblaciones. Pp. 1-77- En: E. Somarriba-Aubert (ed.). *Diplomado en ecología*. CCA, ITESM, Monterrey.
- Badii, M. H., A. E. Flores, R. Foroughbakhch y L. Hauad. 1994a. Diversidad ecológica. *Calidad Ambiental*, 1(5): 18-22.
- Badii, M. H., A. E. Flores, R. Torres y H. Quiroz. 1994b. Medición del impacto económico de las plagas. *Calidad Ambiental*, 1(6): 6-9.
- Badii, M. H., A. E. Flores, R. Foroughbakhch, H. Quiróz y R. Torres. 1996. Ecología de Manejo Integrado de Plagas (MIP) con Observaciones sobre Control Microbiano de Insectos. Pp. 21-49. En: L.J. Galan Wong, C. Rodreiguez-Padilla y H. Luna-Olvera. (eds.). *Avances Recientes en la Biotecnología en *Bacillus thuringiensis**. Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciencia, Universitaria no. 2.
- Badii, M. H., A. E. Flores, R. Foroughbakhch & E. C. López Barbosa. 2000a. Búsqueda de patrones en macroecología. *Ciencia Nicolaita*, 25: 35-44.
- Badii, M. H., A. E. flores, H. Quiróz, R. Forouighbakhch y R. Torres. 2000b. Manejo Integral de Plagas (MIP). Pp. 417-432. En: M. H. Badii, A. E. Flores y J. Galán Wong (eds.). *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL, Monterrey.
- Badii, M. H., A. E. Flores, E. C. López Barbosa, R. Foroughbakhch & H. Quiróz. 2001. Métodos de muestreo y toma de decisiones en manejo integrado de plagas. *Ciencia Nicolaita*, 26: 65-78.
- Badii, M. H., A. E. Flores, G. Ponce, H. Quiróz, R. Foroughbakhch & R. Torres. 2003a. Control biológico un método ambientalmente amigable *Calidad Ambiental*, 8(3): 20-23.
- Badii, M. H., A. E. Flores, J. A. García Salas, J. H. López & R. Torres. 2003b. Estatus de control biológico, con énfasis en México y América Latina. *Calidad Ambiental*, 8(5): 18-23.
- Badii, M. H., R. Garza Cuevas, V. Garza Almanza. 2005. Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos y asociados. *CULCYT*, 2(6): 4-17. <http://www.uacj.mx/IIT/CULCYT/default.htm>.
- Badii, M. H. & J. L. Abreu. 2006a. Sustentabilidad. *Daena International J. of Good Conscience*, 1(1): 21-36. [www.daenajournal.org](http://www.daenajournal.org).
- Badii, M. H. & J. L. Abreu. 2006b. Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad. *Daena International J. of Good Conscience*, 1(1): 37-51. [www.daenajournal.org](http://www.daenajournal.org).
- Badii, M., V. Garza & J. Landeros. 2006. Efecto de los plaguicidas en la fauna silvestre. *CULCYT*, 3(14-15): 22-44. [www.uacj.mx/iit/CULCYT/](http://www.uacj.mx/iit/CULCYT/).
- Badii, M. H. & V. Garza. 2007. Resistencia en insectos, plantas y microorganismos.. *CULCYT*, 4(18): 9-25. [www.uacj.mx/iit/CULCYT/](http://www.uacj.mx/iit/CULCYT/).
- Bedford, E. C. G. 1989. The biological control of the circular purple sacale, *Chrysomphalus aonidum* (L.), on citrus in South Africa. Technical Communication, Department of Agriculture and Water Supply, South Africa, No. 218: 16 p.
- Bennett, F. D., P. Cochereau, D. Roen, y B. J. Wood. 1976. Biological control of pests of tropical fruits and nuts, pp. 359-395. En: Huffaker, C.B. y P.S. Messenger, (eds). *Theory and Practice of Biological Control*. Academic Press, New York.
- Bronowski, J. 1973. *The ascent of Man*. Little Brown, Boston.
- Brust, G. E. 1991. Augmentation of an endemic entomogenous nematode by agroecosystem manipulation for the control of a soil pest. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 36: 175-184.
- Bruwer, I. J., y E. A. de Villiers 1988. Biological control of the red scale, *Aonidiella aurantii*, on the Messina Experimental Farm. *Information Bulletin, Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, South, Africa* No. 186: 12-16.
- Cloutier, C. y S. G. Johnson, 1993. Predation by *Oritus tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae) on *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae): testing for compatibility between biocontrol agents. *Environ. Entomology*, 22: 477-482
- Croft, B. A. 1990. *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. John Wiley and Sons, New York.



- Day, W. H. 1981. Biological control of the alfalfa weevil in the northeastern United States, Pp. 361-374. En: Papavizas, G.C., (ed). Biological Control in Crop Production. BARC Symposium No. 5, Allanheld, Osmun, Totowa, New Jersey, U.S.A.
- Day, W. H., R. C. Hedlund, L.B. Saunders, y D. Coutinot. 1990. Establishment of *Peristenus digoneutis* (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae), in the UNited States. *Environ. Entomology*, 19: 1528-33.
- DeBahr, P. y D. Rosen, 1984. Biological control by Natural Enemies. Cambridge University Press, London.
- Farrar, R. R., y G. Kennedy, 1991. Inhibition of *Telenomus sphingis* an egg parasitoid of *Manduca* spp. by trichome/2-tridecanone-based host plant resistance in tomato. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 60: 157-166.
- Farrar, R. R., G. G. Kennedy, y R. K. Kashyap. 1992. Influence of life history differences of two tachinid parasitoids of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) on their interactions with glandular trichome-methyl ketonebased insect resistance in tomato. *Journal of Chemical Ecology*, 18: 499-515.
- Ferro, D. N. y S. M. Lyon, 1991. Colorado potato beetle (Coleopter: Chrysomelidae) larval mortality: Operative effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. san diego. *J. of Econ. Entomol.* 84: 806-809.
- Flin, M. L. y R. van den Bosch. 1981. Introduction to Integrated Pest Management. Plenum press, N. Y.
- Hagen, K. S., G. A. Viktorov, K. Yamumatsu, y M. F. Schuster. 1976. Biological control of pests of range, forage and grain crops, Pp. 397-442. In Huffaker, C.B. y P.S. Messenger, (eds.). Theory and Practice of Biological Control. Academic Press, New York.
- Hoy, M. A., F. E. Cave, R. H. Beede, J. Grant, W. H. Krueger, W. H. Olson, K. M. Spollen, W. W. Barnett, y L. C. Hendricks. 1990. Release, dispersal, and recovery of a laboratory-selected strain of the walnut aphid parasite *trioxys pallidus* (Hymenoptera: Aphidiidae) resistant to azinphosmethyl. *J. Econ. Entomol.* 83: 89-96.
- Hughes, R. D., L. T. Woolcock, J. A. Roberts, y M. A. Hughes. 1987. Biological control of the spotted alfalfa aphid, *Therioaphis trifolii* F. *maculata*, on lucerne crops in Australia, by the introduced parasitic Hymenopteran *Trixys complanatus*, *J. Appl. Ecol.* 24: 515-537.
- Hutchins, S. H., L. G. Higly y L. Pedigo. 1988. Injury equivalency as a basis for developing multiple-species economic injury levels. *J. Econ. Entomol.* 81(1): 1-8.
- Joshi, R. K. y S. K. Sharma, 1989. Augmentation and conservation of *Epicrania melanoleuca* Fletcher, for the population management of sugarcane leafhopper, *Pyrilla perpusilla* Walker, under arid conditions of Rajasthan. *Indian Sugar*, 39(8): 625-628.
- Metcalf, R. L. y W. H. Luckman. (eds.). 1982. Introduction to Insect Pest Management. Wiley, N. Y.
- Neuenschwander, P. 1982. Beneficial insects caught by yellow traps used in mass-trapping of the olive fly,, *Dacus oleae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 32: 286-296.
- Nilsson, C. 1985. Impact of ploughing on emergence of pollen veetle parasitoids after hibernation. *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, 100: 302-208.
- Ogunlana, M. O. y L. P. Pedigo. 1974. Pest status of the potato leahopper on soybean in central Iowa. *J. Econ. Entomol.* 67: 201-202.
- Peng, G., J. C. Sutton, y P. G. Kevan. 1992. Efectiveness of honey bees for applying the biocontrol agent *Gliocladium roseum* to strawberry flowers to suppres *Botrytis cinerea*. *Can. J. Plant Path.* 14: 117-129.
- Prokopy R. J., S. A. Johnson, y M. T. OBrien. 1990. Second-staged integrated management of apple arthropod pests. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 54: 9-19.
- Purvis, G. y J. P. Curry, 1984. The influence of weeds and farmyard manure on the activity of carabidae and other ground-dwelling arthropods in a sugar beet crop. *J. Appl. Ecol.* 21: 271-283.
- Ramakers, P. M. H. y R. A. Samson, 1984. *Aschersonia aleyrodis*, a fungal pathogen of whitefly, II. Application as a biological insecticide in glasshouses. *Zeitchrift fur Angewandte Entomologie*, 97: 1-8.
- Reed, D. K., S. D. Kindler, y T. L. Springer. 1992. Interactions of Russian wheat aphid, a hymenopterous parasitoid and resistant and susceptible slender wheatgrasses. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 64: 239-246.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. Van den Bosch y K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.
- Stone, J. D. y L. P. Pedigo. 1972. Development of economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol.* 65: 197-201.

- Todd, J. W. y L. W. Morgan. 1972. Effects of hand defoliation on yield and seed weight of soybeans. *J. Econ. Entomol.* 65: 567-570.
- Treacy, M. F., J. H. Benedict, M. H. Walmsley, J. D. Lopez, y R. K. Morrison. 1987. Parasitism of bolloworm (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on nectaried and nectariless cotton. *Environ. Entomol.* 16: 420-423.
- Vaek, M., A. Reynaerts, H. Hofte, S. Jansens, M. de Beuckeleer, C. Dean, M. Zabeau, M. van Montagu, y J. Leemans. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature*, 328 (6125) :33-37.
- Van Emden, H. F. 1991. The role of host plant resistance in insect pest mis-management. *Bull. Ent. Research*, 81: 123-126.
- Van Haren, R. J. F., M. M. Steenhuis, M. W. Sabelis, y O. M. B. de Ponti. 1987. Tomato stem trichomes and dispersal success of *Phytoseiulus persimilis* relative to its prey *Tetranychus urticae*. *Exp. Appl. Acarol.* 3: 115-121.
- Vickers, R. A., G. H. Rothschild, y E. L. Jones. 1985. Control of the oriental fruit moth, *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), at a distric level by mating disruption with synthetic female pheromone. *Bull. Ent. Research*, 75: 625-634.



Heidelberg