



# *El Control de Insectos: Alternativas al uso de los Pesticidas Convencionales\**

R. W. HOLCOMB

En varios países, entre ellos Suecia y los Estados Unidos, se ha prohibido el uso de algunos compuestos químicos artificiales utilizados como insecticidas, particularmente el DDT. Aunque estas prohibiciones de venta y uso de ciertos productos químicos no van a reducir en el futuro inmediato la utilización de los pesticidas, ellas podrían significar un comienzo en el uso decreciente de los mismos. Como consecuencia se ha comenzado a prestar atención a un gran número de técnicas que puedan sustituir a los pesticidas químicos convencionales en el control de plagas.

Las principales alternativas consideradas para el control de plagas han sido las siguientes: el uso de productos químicos no persistentes, la obtención por vía genética de plantas resistentes a los insectos, la utilización de enemigos naturales de dichos insectos (predadores, parásitos, bacterias y virus), el uso de otros productos químicos (particularmente toxinas extraídas de patógenos de insectos, atrayentes y hormonas de insectos) y la técnica de esterilización de los machos.

---

\* Resumen del artículo "Insect Control: Alternatives to the Use of Conventional Pesticides", publicado en *Science* 168: 456-458 (1970) por R. W. Holcomb. Resumen y traducción realizados por Eovaldo Hernández.

## El uso de productos químicos no persistentes

La persistencia en el suelo o en las aguas del DDT y de algunos otros insecticidas convencionales y su tendencia a ser incorporados a los sistemas biológicos, ha sido la razón principal para su prohibición. Si esta fuera la única desventaja de los pesticidas, los problemas de control de plagas podrían resolverse con los productos químicos actualmente existentes.

Un número de pesticidas nuevos —principalmente varias docenas de fosforados y algunos carbamatos— han sido desarrollados para reducir estas características. Si el uso de estos insecticidas y de varios insecticidas clorados se adecuara a las condiciones de cultivos específicos, los problemas de persistencia y de residuos biológicos podrían ser controlados. Sin embargo, aun el uso cuidadoso de nuevos productos químicos podría no resolver la mayor parte de los problemas asociados con los pesticidas. Los insectos podrían todavía ser capaces de desarrollar resistencia a los mismos, los nuevos pesticidas podrían continuar matando a otros animales y a otros insectos beneficiosos o, simplemente, no dañinos y sería todavía difícil lograr una solución permanente al problema de los insectos.

### Plantas resistentes

La utilización de cultivos que sean total o parcialmente resistentes al ataque de insectos, ha sido considerado por expertos agrícolas como el método natural más exitoso para controlar a los insectos. El control de la mosca Hesiana, *Phytophaga destructor* (Say), mediante la utilización de variedades de trigo resistentes es uno de los mejores ejemplos. La primera variedad de trigo resistente se introdujo en Estados Unidos en el año 1942 y desde entonces el trigo en algunas regiones ha perdido su capacidad para resistir a la mosca Hesiana, pero el problema no parece ser tan serio como el desarrollo de resistencia a los productos químicos por parte de los insectos. Cuando se descubre un área habitada por la mosca Hesiana, se introduce otra de las 22 variedades resistentes de trigo y este cambio es generalmente efectivo durante un período de unos 10 años. En California, la población de la mosca se ha reducido a niveles tan bajos mediante el uso de variedades de trigo resistentes que ya no es un problema.

Actualmente se están utilizando o desarrollando cultivos resistentes; entre ellos se incluye la alfalfa resistente al áfido manchado de la alfalfa, al áfido de la arveja, *Macrosiphum pisi* (KALTENABACH), al saltahoja, al gorgojo de la alfalfa, *Phytonomus variabilis* (HERBST), y al áfido de la cebada, *Toxoptera graminum* (RONDANI). Se han producido maíces que son resistentes al perforador europeo del maíz, *Prausta nubilalis* (HUBNER), al gusano del jojoto, *Heliothis armigera* (HUBNER), al gorgojo del arroz, *Sytophilus oryza* (LINNE), y al gusano de la raíz del maíz, *Diabrotica longicornis*.

nis (SAY). En estaciones experimentales se han obtenido varias clases de trigo que son altamente resistentes al coquito de la hoja de los cereales, pero aún no han sido utilizadas por los agricultores. Actualmente se está estudiando un cierto número de árboles y de hortalizas en busca de resistencia a los insectos que los atacan.

Debido a estos éxitos, los investigadores agrícolas son optimistas en cuanto a la futura utilización de cultivos resistentes. Ellos señalan, sin embargo, que se tarda generalmente de 10 a 15 años en desarrollar variedades aún parcialmente resistentes de la mayor parte de los cultivos y que en algunas áreas claves —por ejemplo en el cultivo del algodón— el progreso ha sido lento. Los investigadores progresistas atribuyen esto a que no se han establecido prioridades adecuadas en la investigación, mientras que otros opinan que el desarrollo de plantas resistentes es difícil y que el progreso ha sido tan rápido como se podía esperar.

### **Enemigos de los Insectos**

El uso de enemigos naturales como el único medio de controlar las plagas en un cultivo estacional rara vez encuentra éxito, debido a que el intervalo natural entre el tiempo en que la población del insecto alcanza un máximo y el tiempo en que la población del enemigo es lo bastante numerosa como para reducir la población del insecto, es tal que el daño al cultivo tiene lugar antes de que se pueda controlar el insecto. Generalmente, este es el caso tanto con los predadores y con los parásitos de insectos, como con las bacterias y virus patogénicos de los mismos.

Además, los enemigos de los insectos no eliminan generalmente la población insectil, sino que establecen una relación de equilibrio en la cual la población de insectos es a menudo demasiado elevada para el cultivo. Esto significa, por consiguiente, que estos agentes deben de ser utilizados en combinación con otros métodos de control —tales como plantas resistentes— o ser aplicados artificialmente en la época apropiada durante la estación del crecimiento del cultivo para que su efecto produzca una reducción satisfactoria de la población de insectos. Los enemigos naturales pueden ser utilizados para obtener un buen control en insectos de árboles y arbustos, cuando se considere aceptable la pérdida de algún follaje antes de que el enemigo del insecto se establezca.

Uno de los mayores problemas actuales y del futuro inmediato es el establecimiento de enemigos naturales. De más de 700 enemigos de insectos que han sido introducidos, menos de la cuarta parte se ha establecido. Indudablemente que la reducción en el uso de los pesticidas químicos, ayudará al establecimiento de estos enemigos naturales, pero habrá que hacer mucha investigación sobre los métodos de dispersión de enemigos de los insectos a un costo aceptable y con equipo y personal que lo haga factible.

## Predadores y Parásitos

El primer programa de control exitoso que utilizó un insecto introducido artificialmente fue el control de la escama algodonosa de las cítricas mediante el predator *Rodolia cardinalis*. Si el uso excesivo de pesticidas de espectro amplio se redujera, este coleóptero y otros insectos similares podrían aumentar en número suficiente como para jugar un papel importante en el control de insectos. Existen actualmente varios programas para introducir predadores artificialmente en grandes números. Uno de los más promisoros es el cultivo masivo de larvas de crisópidos, *Chrysopa* spp., para controlar el gusano del mamón del algodón, *Heliothis armigera* (HUBNER).

Muchas ciudades de Estados Unidos utilizan el olmo holandés como árbol ornamental en sus calles y avenidas y la aparición de una enfermedad viral de este árbol estaba destruyendo el paisaje de las ciudades. Actualmente se ha introducido un parásito del insecto vector del virus y la destrucción del árbol parece haber sido interrumpida. En Estados Unidos también se están introduciendo parásitos europeos —unos de los cuales ya está establecido— que prometen controlar efectivamente el coquito de la hoja de los cereales —un insecto europeo que se descubrió por primera vez en Michigan hace menos de 10 años y que ha causado grandes pérdidas en los cultivos de avena y de trigo.

Muchos entomólogos han citado el establecimiento de varios parásitos del áfido manchado de la alfalfa como uno de los casos de mayor éxito en el control de insectos mediante enemigos naturales. El éxito de este programa se ha debido, en parte, al desarrollo previo de especies resistentes de alfalfa y actualmente se cree que la combinación de estas dos técnicas de control de plagas puede resultar en una solución permanente al problema del áfido de la alfalfa.

Hace algunos años se logró controlar el perforador europeo del maíz, *Pirausta nubilalis* (HUBNER), mediante un parásito y la utilización de variedades resistentes de maíz, pero recientemente la plaga ha vuelto a aparecer sin el parásito. Se supone que el uso de variedades resistentes de maíz pudo haber reducido la población del perforador por debajo de la necesaria para soportar al parásito. Cualquiera que sea la razón, este fracaso ilustra las dificultades del control de insectos mediante parásitos y ayuda a explicar por qué muchos parásitos que están disponibles no han sido todavía utilizados ampliamente.

Así por ejemplo, *Trichogramma* (un género numeroso de insectos similares a las avispas que parasitan los huevos de muchas especies de insectos), ha sido considerado como un medio potencialmente útil de controlar plagas. Se han realizado muchos ensayos de laboratorio y de campo con estos insectos, y algunas de las especies están disponibles comercialmente. Antes de que

se puedan utilizar los *Trichogrammas* con seguridad, es necesario conocer la genética de la especie de *Trichogramma* para cada cultivo en particular y para cada insecto, pero los entomólogos especialistas en este género no están realmente seguros de qué es lo que constituye una especie.

## **Bacterias y Virus**

Actualmente se están utilizando algunas bacterias patogénicas, pero para las aplicaciones en cultivos en gran escala, parece mucho más promisor el uso de toxinas bacterianas. El *Bacillus thuringiensis* se identificó como un patógeno de insectos en el año 1927. Durante el comienzo de la década del 50 se aisló su toxina y actualmente se han aislado 11 tipos serológicos de diferentes partes del mundo. Las toxinas tienen una estructura química compleja y es difícil que puedan ser sintetizadas económicamente, aunque dos compañías han estado produciendo toxinas comerciales a partir del cultivo. En los laboratorios Abbott se están realizando intentos para producir una sustancia comercial a partir de una cepa especialmente patogénica aislada hace dos años en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y existe información de que otras casas farmacéuticas están trabajando en cepas altamente patogénicas desarrolladas por ellas mismas.

Las toxinas del *Bacillus thuringiensis* no son específicas, aunque diferentes insectos muestran grandes variaciones en su susceptibilidad, de modo que en algunos casos podrían ser utilizadas como un insecticida de amplio espectro. Sin embargo, las toxinas tienen poco efecto sobre los animales superiores y probablemente los insectos no serán capaces de desarrollar resistencia a la toxina tan fácilmente como lo han hecho a los insecticidas convencionales.

En cuanto a especificidad, los virus de los insectos parecen ser mucho más promisoros que las bacterias que atacan a los insectos. En el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se han aislado 254 virus que son patogénicos a los insectos y de ellos unos 10 se consideran como de desarrollo factible en un futuro próximo. De estos 10, un virus que es efectivo contra *Helicoverpa zea* (gusano del jojoto) se encuentra en la etapa más avanzada de su desarrollo. Durante los pasados 5 años, dos compañías han solicitado del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y del Food and Drug Administration (FAD), permiso para producir comercialmente el virus. Aunque se han realizado más de 2.000 ensayos en animales, incluyendo al hombre, y no se ha observado una respuesta al virus, no existen precedentes sobre el registro de virus y la Administración de Alimentos y Drogas (FAD), está procediendo con mucho cuidado.

Aún si se conceden permisos para la producción comercial de virus, existen varios obstáculos que deben ser salvados antes de que el uso de los virus se generalice. Se deben desarrollar métodos para cultivarlos económicamente en medios artificiales y técnicas para dispersarlos bajo las condiciones

de campo. Así, por ejemplo, muchos virus son dañados por las radiaciones ultravioletas, de modo que se deben desarrollar métodos para hacer que estén en contactos con las cosechas, al mismo tiempo que son protegidos de la luz solar.

## Productos Químicos

Además de las toxinas producidas por los patógenos de insectos, existen otras dos clases de productos químicos que son potencialmente útiles para el control de insectos. Un grupo puede reunirse bajo la denominación de atrayentes; el otro grupo está formado por un número de productos químicos que están asociados con las hormonas de desarrollo de los insectos.

Los investigadores en este campo se refieren generalmente a tres tipos de atrayentes: alimenticios, sexuales y oviposicionales. Se conocen varios de estos últimos, pero parecen tener poco potencial para el control de insectos. Se hacen muchos usos de los atrayentes alimenticios y varios de ellos son muy exitosos. Así, por ejemplo, el metilbutanol atrae y mata al macho de la mosca oriental de las frutas, *Dacus dorsalis* (HENDEL), y está siendo ampliamente usado en programas de control. El área más activa de investigación es, sin embargo, la que se refiere al uso de atrayentes sexuales.

El primer atrayente sexual (estas sustancias también se denominan feromonas) se aisló a partir de las hembras de mariposa gitana, *Porthetria dispar* (LINNE), en el año 1960 y desde entonces se han descubierto unas 200 feromonas. De ellas, se han identificado unas dos docenas que pueden ser útiles para el control de plagas. Ya existen en el mercado algunos atrayentes, así, por ejemplo, para el macho del gusano rosado del mamón, *Pectinophora gossypiella* (SAUDER), para el medidor del repollo, *Trichoplusiani* (HUBNER), y para el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (SMITH). En un comienzo estos atrayentes se obtuvieron a partir de insectos hembras, pero ya se están utilizando compuestos sintéticos.

El uso de las feromonas puede ser muy promisor. Así, por ejemplo, se han obtenido resultados muy halagadores en ensayos de campo con el atrayente sintético de la hembra del picudo del algodón, *Anthonomus grandis* (BOH). Sin embargo, su uso en programas de control de insectos puede estar limitado, ya que su efecto sobre el comportamiento del insecto es al mismo tiempo sutil y complejo. Se ha demostrado, por ejemplo, que cambios en la hora de aplicación de la feromona y pequeñas variaciones en su concentración pueden determinar que el insecto sea atraído o repelido y, en algunos casos, puede determinar, incluso, la especie que es afectada.

El uso de hormonas de desarrollo o de compuestos relacionados, parece mostrar mayor promesa que las feromonas debido a su mayor economía. Muchos fisiólogos de insectos creen que el desarrollo de los insectos está con-

trolado por una hormona cerebral, que regula la producción de hormona juvenil y de ecdisona, hormonas responsables por los desarrollos larval y pupal, respectivamente. Ambas sustancias son potencialmente útiles para el control de insectos, ya que cuando están presentes en ciertas etapas del desarrollo, causan la formación de insectos anormales que no pueden desarrollarse o reproducirse.

En 1964 Carrol Williams y Karel Slama, trabajando entonces en la Universidad de Harvard, encontraron que una sustancia producida por el árbol denominado bálsamo del Canadá, afectaba de la misma manera que lo hacía la hormona juvenil a la chinche que ataca al tilo, *Pyrrhoderus apterus*, la cual había sido traída desde Checoslovaquia por Slama. El análisis químico demostró que su estructura era similar a la de la hormona juvenil, pero que era específica para la chinche del tilo y de insectos estrechamente relacionados.

A partir del año 1964, varios laboratorios han estado buscando extractos vegetales que contengan hormona juvenil, ecdisona y compuestos relacionados; otros investigadores han sintetizado la hormona juvenil y un grupo de sustancias similares. La ecdisona, aunque valiosa para el estudio de la fisiología de los insectos, tiene una estructura química compleja, que hace difícil su síntesis comercial, y actúa sobre los insectos únicamente después de ser ingerida; de modo que no es un buen candidato como agente de control de insectos.

Por otra parte, la hormona juvenil y cientos de compuestos relacionados que han sido sintetizados actúan por contacto y parecen ser inocuos para los animales superiores —aunque después del fiasco del DDT nadie puede hacer tal generalización de un modo definitivo. Según Williams, algunas de estas sustancias, si estuvieran disponibles, podrían ser usadas como sustitutos del DDT. Sin embargo, hasta el presente los científicos han estado trabajando con cantidades de sustancias del orden de miligramos, de modo que no se han realizado ensayos de campo, ni estudios con animales en gran escala.

No existen actualmente facilidades para el desarrollo de nuevos pesticidas y la industria privada es con frecuencia reacia a trabajar en compuestos que son del dominio público, tales como los desarrollados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Sin embargo, el uso, para el control de insectos, de compuestos similares a las hormonas, es actualmente lo bastante promisor como para que varias compañías comiencen programas dirigidos a la producción de dichos compuestos en escala comercial.

En este sentido, quizás el mayor esfuerzo está siendo realizado por la Zoecon Corporation, de Palo Alto, California, Estados Unidos, una compañía formada hace aproximadamente dos años, con el solo propósito de desarrollar métodos para el control de insectos utilizando compuestos simi-

lares a las hormonas. Ellos esperan producir un producto comercial en un plazo de unos 5 años, después de emplear unos 10 millones de dólares aproximadamente la misma cantidad de tiempo y dos veces la cantidad de dinero que se requiere para el desarrollo de un pesticida convencional.

#### **La técnica de esterilización de los machos**

Desde hace varios años se ha venido utilizando en los Estados Unidos la técnica de liberación programada de machos estériles, como un medio de eliminar las poblaciones de insectos. Aunque en la práctica hay dificultades para la realización de tal técnica, los principios básicos son simples. Los insectos se esterilizan de tal modo que sus hábitos de apareamiento normales no se alteran. Las hembras se aparean con los machos esterilizados y los huevos que ponen son infértiles, con lo que no se forma descendencia. Cuando se mantiene una alta relación de machos estériles a machos normales, la población disminuye.

De este modo se eliminó la mosca del gusano productor de la miasis (*Callitroga hominivorax*), primeramente en Florida y luego en el Suroeste de los Estados Unidos. Mediante la liberación de un promedio de 125 millones de machos estériles semanales en las áreas donde la mosca reaparece y en una zona de 300 millas a lo largo de la frontera con Méjico, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos mantiene dicho insecto bajo control. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el gobierno mejicano están considerando la extensión de dicha zona hasta el Istmo de Panamá, para eliminar la mosca del gusano productor de la miasis de toda Norteamérica.

La técnica de esterilización de los machos es utilizada con éxito a lo largo de la frontera entre California y Méjico para controlar la mosca mejicana de las frutas y se han utilizado insectos esterilizados de gusanos rosados del mamón, *Pectinophora gossypiella* (SAUDER), en un esfuerzo para eliminar esta plaga del algodón de los valles de San Joaquín y Coachella, en California. Los investigadores creen que tal método se podría utilizar para controlar el medidor del repollo y otros insectos.

La técnica de esterilización forma parte actualmente de un esquema de control integral que podría algún día eliminar el picudo del algodón, *Anthonomus grandis* (BOH). Como primer paso en este proyecto, un comité de representantes federales, estatales e industriales, ha elaborado un plan para un programa piloto de 2 años sobre un área de ensayo de 5 mil hectáreas en la parte Sur del Estado Missisipi. En dicho proyecto se van a utilizar insecticidas, medidas de manejo de cultivos y atrayentes sexuales de un modo integral para averiguar si la población del picudo del algodón puede ser eliminada.



Algunos investigadores creen que si tales programas se hubiesen comenzado hace unos 10 años, su éxito ya sería manifiesto. Los recientes avances en este campo harían que la probabilidad de éxito fuese aún mayor. Entre estos avances se deben mencionar las técnicas de cría masiva de insectos, el desarrollo de métodos químicos y hormonales de esterilización y varios ensayos de campo éxitosos donde la esterilidad o algún otro carácter "favorable" fue pasado genéticamente de un insecto a otro.

En resumen, se conocen los métodos de control de plagas que resolverán muchos de los problemas asociados al uso de los pesticidas convencionales. El uso de estos métodos podría ser, a la larga, más beneficioso que el uso de los pesticidas.