

## ANÁLISIS Y COMENTARIOS

# PROCEDIMIENTOS BIOLÓGICOS PARA REDUCIR EL USO DE PIAGUICIDAS Y MEJORAR LA AGRICULTURA TROPICAL

*Vanessa Nielsen<sup>1</sup>*

**Palabras clave:** Métodos de control de plagas, control biológico, agricultura orgánica, protección ambiental, Costa Rica.

**Key words:** Pest control methods, biological control, organic farming, environmental protection, Costa Rica.



A nivel mundial existe en la actualidad una marcada preponderancia por la utilización unilateral y excesiva de los plaguicidas de origen químico, para el combate de las plagas agrícolas, forestales, veterinarias y médicas. El uso indebido de estos productos, además de los problemas relacionados con la salud de los productores y el ambiente en general, ha provocado consecuencias agroecológicas negativas como: eliminación de los enemigos naturales de las plagas, destrucción de animales polinizadores, estímulo de la reproducción de la plaga y el desarrollo de la resistencia a los insecticidas.

El uso de plaguicidas se encuentra sometido a las presiones ejercidas por el consumidor y los medios de comunicación. Residuos de los plaguicidas encontrados en los productos agrícolas, son objeto de fuertes críticas y advertencias. Con frecuencia, la población no comprende que también mediante la aplicación de medidas fitosanitarias protectoras

concretas, se logran productos de alta calidad. Ante esta circunstancia, los productores se ven obligados a modificar sus metodologías de producción, de acuerdo con las exigencias de los consumidores y compradores, por un lado, y a la presión política, por el otro.

El control fitosanitario es un sistema, dentro del cual se procura aplicar en la mejor armonía posible, todos los procedimientos económicos, ecológicos y toxicológicos, con el fin de mantener los organismos dañinos a un nivel que se mantenga por debajo del límite de daño económico, dándole prioridad al uso de los factores de control de origen natural. En la práctica, esto implica una supervisión o seguimiento constante de las poblaciones plaga, la eliminación de aspersiones de rutina, según un plan fijo y el uso de plaguicidas u otros procedimientos adecuados, sólo cuando se haya superado el nivel límite de los daños (Heitefuss en Hansen *et al.* 1992).

---

<sup>1</sup> Bióloga, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Teléfono (506) 244-7690; Fax (506) 244-2816.

El método de combate directo de plagas, mediante la aplicación de agroquímicos, es una forma simplista y superficial de eliminar una especie plaga de un cultivo. La mayoría de estos productos son formulados con base en su toxicidad para un determinado grupo de insectos, según algunos experimentos de laboratorio y campo. Una vez importado e insecticida (u otro agroquímico), este consigue la aceptación local. Con base en su efecto no fitotóxico en el cultivo, su corto o largo efecto residual y principalmente su alta capacidad para eliminar al organismo deseado, se recomiendan diferentes productos en determinadas dosis. Sin embargo, lo Único que se consigue es la reaparición de la plaga pocas semanas después (Hansen *et al.* 1992).

Desde hace ya varias décadas, se ha venido consolidando la idea de que para combatir significativamente una determinada plaga, hay que conocer tres aspectos importantes: a) la biología del insecto (comportamiento, ciclo biológico, preferencias alimentarias, fluctuación de su densidad poblacional, CTE), b) la planta hospedera (condiciones microambientales, fenología, adaptación a diferentes tipos de suelo, polinizadores, depredadores, malezas asociadas, características de las variedades, etc.) el medio circundante al cultivo (hospederos alternas, regímenes de lluvia, efecto de la escorrentía, del viento y otros). Una vez bien conocidos estos factores, la planificación para ajustar los elementos en un plan de manejo integrado resulta sorprendente.

Para lograr resultados exitosos, se le debe dar mucha importancia al conocimiento e integración de los factores abióticos (suelo, clima) y bióticos (enemigos naturales, microorganismos patógenos, hospederos alternas, etc.), que influyen en las poblaciones de insectos; así como a la relación planta-insecto-ambiente. De manera que se recurra a métodos alternativos no tóxicos, que en muchos casos han tenido una buena aceptación, al resolver problemas relacionados con plagas insectiles.

Recientemente se ha logrado conocer numerosos procedimientos biológicos para combatir las

plagas, parásitos, enfermedades y malezas; algunos de los cuales se basan en el uso de diferentes organismos, como virus, bacterias, hongos, nemátodos e insectos. Estos organismos permiten, generalmente, el combate específico de los organismos dañinos, que desde el punto de vista toxicológico, no resultan nocivos para el ambiente ni para el que los aplica. Al mismo tiempo, se evitan los problemas ocasionados por los residuos tóxicos, el inadecuado almacenamiento y la producción excesivamente costosa (Hansen *et al.* 1992).

Es conveniente, en la medida de lo posible, el uso de procedimientos biológicos o productos selectivos, aptos para combatir en forma específica y dirigida, el organismo dañino. De tal forma, que se puedan conservar los factores de control natural, así como los enemigos naturales de las plagas. Muchas empresas de agroquímicos se han dado cuenta de esta situación y actualmente invierten una mayor cantidad de sus fondos en el desarrollo de este tipo de productos.

Desde la década de los ochenta también se ha incrementado la síntesis de productos naturales o sus análogos, debido a que se pueden utilizar para combatir plagas insectiles. La mayoría de los productos naturales con actividad biológica provienen de tres fuentes: fermentación de microorganismos, plantas e insectos (Cutler 1987). Algunos de los productos naturales aislados de insectos y subsecuentemente copiados mediante síntesis química, son las feromonas y las secreciones defensivas (Baker *et al.* 1978; Saito *et al.* 1986; Aldrich 1987). Mientras que en plantas se han aislado metabolitos secundarios por su actividad biológica y su potencial como agroquímicos (Cutler 1987).

Los diversos métodos para combatir plagas, se pueden clasificar en las siguientes categorías: prácticas silviculturales, desarrollo de plantas resistentes, control biológico, liberación de insectos estériles, empleo de atrayentes sexuales y de repelentes generales, uso de plaguicidas y establecimiento de medidas cuarentenarias o legales (Hilje *et al.* en Bolaños y Bolaños, 1989). A continuación se resu-

me y discute la información de algunos seminarios y simposios, cuya valiosa información es importante divulgarla, para contribuir con el mejoramiento de la agricultura tropical.

## COMBATE DE INSECTOS MEDIANTE PROCEDIMIENTOS BIOLÓGICOS

### Uso de plaguicidas

Manejo integrado de plagas es un sistema de manejo de poblaciones plagas que utiliza todas las técnicas adecuadas, en una forma compatible para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico (Smith y Reynolds en Clavijo 1993).

Según el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, se han llevado a cabo estudios cuyos resultados sugieren que aplicando correctamente las técnicas del manejo integrado de plagas (MIP), se puede reducir el uso de agroquímicos en el mundo desde un 50 hasta 75 % CUNEP, en García y Fuentes 1992).

Con respecto a los plaguicidas, debe darse cierta prioridad a la utilización de insecticidas biológicos como *Bacillus thuringiensis* (Dipel, Bactospeine o Thuricidae), de cierta especificidad (García 1988-89; Fernández, 1991; Fernández y Arauz 1992; Hilje *et al.* en Bolaños y Bolaños 1989). Sin embargo, no debemos ignorar que para la mayoría de las plagas y enfermedades forestales en Costa Rica, los plaguicidas sintéticos cumplen un papel muy importante y es oportuno destacar que ciertos productos moderadamente tóxicos y relativamente baratos, como el malatión, tienen un gran potencial de empleo en la protección forestal (Hilje *et al.* en Bolaños y Bolaños 1989).

### Desarrollo de plantas resistentes

El método de combatir plagas mediante el desarrollo de plantas resistentes es muy actual, hay un

gran interés de investigación en este campo, sin embargo no se profundizará en este tema. El método ofrece algunas desventajas: los cultivares mejorados de alta capacidad de producción ofrecen beneficios inmediatos, pero desafortunadamente la mayoría de las veces, la introducción de estos nuevos materiales también obliga al productor a utilizar agroquímicos sintéticos y así, alcanzar los rendimientos máximos ofrecidos por estos materiales genéticos. De esta manera, poco a poco se abandonan valiosos materiales fitogenéticos locales aclimatados, producto de numerosas generaciones de selección y adaptación, así como algunas prácticas culturales tendientes a controlar los diversos problemas fitosanitarios y a mejorar o mantener la fertilidad de los suelos (García y Fuentes 1992).

### Atrayentes sexuales

El uso de feromonas sexuales es una tecnología empleada, con mucho éxito, para controlar ciertas plagas. En Costa Rica esta práctica se inició en la década de los años setenta, principalmente en el distrito de Tierra Blanca, Cantón Central de Cartago. Los agricultores comenzaron a usar trampas con feromonas, para controlar la polilla de la papa, logrando de esta forma reducir el número de aplicaciones y la dosis de insecticidas (Rodríguez 1989).

En los últimos años, se ha logrado la introducción exitosa de la feromona sexual de otra plaga importante, el gusano medidor de las crucíferas (*Plutella xillostela*). Esta es una plaga de muy amplia distribución geográfica, lo que permitió la obtención de la feromona en uno de los países desarrollados. Finalmente, en 1991, después de muchas pruebas de campo y laboratorio se logró también sintetizar la feromona del picudo de la palma (*Rhynchophorus palmarum*), en un trabajo donde participaron investigadores de una de las compañías productoras de aceite de palma (Palma Tica), la Universidad de Costa Rica y Simon Fraser University (Canadá).

Desde 1992, mediante un esfuerzo de investigación en la Estación Experimental Fabio Baudrit, se establece en Costa Rica un laboratorio para la

cría masiva de la mosca del mango (*Anastrepa obliqua*) y el taladrador de las meliáceas (*Hypsipylla grandella*), con el objeto de extraer los compuestos volátiles de las formas adultas y desarrollar las respectivas pruebas de campo para la adaptación de las feromonas obtenidas.

Recientemente, también se logró proponer un modelo de manejo integrado de la mosca de las frutas que afecta al mango en América Central, *Anastrepha obliqua*. Se incluye aquí el manejo de aspectos como distribución de variedades de esta especie frutal, inducción de la floración, tipo de cercas vivas, distancias de siembra, abundancia estacional de la población plaga, aplicación de insecticidas en un número mínimo (2), eliminación de las frutas tempranas y tardías, colocación de árboles tapaviento apropiados, liberación de insectos parasitoides, etc. También se sugiere realizar esfuerzos en otros aspectos sobre los cuales no se tiene, aun, información y que podrán integrarse en un futuro, a este tipo de manejo (Jirón 1995).

### **Atrayentes, repelentes y otros productos naturales**

La producción y utilización de sustancias repelentes es un método muy poco explorado, pero con un gran potencial de uso en la agricultura costarricense. Las metodologías naturales, por ejemplo, el uso de plantas medicinales como plaguicidas y en general la agricultura biológica, también tienen un gran potencial (Rodríguez en Bolaños y Bolaños 1989).

La idea de utilizar compuestos químicos que modifiquen el comportamiento para afectar la oviposición, como una alternativa para controlar plagas, no ha sido profundamente investigado; pero representa una forma de control natural con muy buenas expectativas para la agricultura moderna.

Los factores químicos que interfieren en la localización y aceptación de la planta hospedera para

la oviposición incluyen: atrayentes, repelentes, estimulantes e inhibidores. La selección del hospedero por los insectos involucra uno o varios comportamientos de respuesta mediados por los constituyentes de las plantas. Estos incluyen orientación, oviposición y alimentación (Miller y Strickler 1984; Renwick 1987).

Hay diferentes estrategias que se pueden utilizar para manipular la oviposición de plagas insectiles (Renwick 1987). La primera consiste en interferir con la orientación o evitar que los insectos se posen en las plantas hospederas, mediante el intercalamiento de plantas aromáticas o por el uso directo de repelentes en los cultivos.

Otra estrategia consiste en introducir inhibidores de la oviposición en los cultivos, como resultado de la propagación de plántulas o mediante la técnica del ADN recombinante; también se puede rociar inhibidores directamente en el cultivo que se desea proteger.

El uso de inhibidores de la oviposición como agentes protectores involucra constituyentes no volátiles de las plantas, cuyo efecto es más persistente. Es así como se han probado extractos de varias especies de plantas como inhibidores de la oviposición para controlar plagas de lepidópteros.

La utilización de inhibidores de la oviposición puede conducir a la habituación de los insectos; el control podría depender de la presencia de sitios alternativos para la oviposición, por lo que se hace necesario la combinación de posibles estrategias para obtener los mejores resultados. La idea de usar cultivos trampa o plantas con estimulantes como un tratamiento inhibitor en los principales cultivos, es considerado un mérito. En la Estación Experimental Fabio Baudrit, se utilizan cultivos trampa de "gandul" (*Cajanus cajan*) con muy buenos resultados para proteger las plantaciones de macadamia de la "abeja arragre" (*Trigona*), que provoca daño en los árboles jóvenes, ya que utiliza los brotes y hojas tiernas para la formación de sus

nidos, provocando disminuciones notables en el área fotosintética y alteraciones en la arquitectura de los árboles.

Por último, estimulantes de la oviposición pueden ser utilizados para que los insectos ovipositen en plantas no hospederas, las cuales no son aptas para el desarrollo de las larvas (Renwick 1987). Mediante manipulación genética se podrían remover los estimulantes de la oviposición en los cultivos que se quieren proteger. Algunos ejemplos de estimulantes de la oviposición que se han identificado en plagas de lepidópteros son: glucosinolatos, obtenidos de las crucíferas que son las plantas hospederas de *Pieris brassicae*; glicósidos de flavononas para papilia protenor y flavonoides ácidos que actúan junto con otro componente de la planta hospedera de la mariposa que come umbelíferas, *Papilio polyxenes* (Ma y Schoonhoven 1973; Honda 1986; Renwick 1987).

### Organismos benéficos

El uso de organismos benéficos constituye uno de los métodos más conocidos de control de plagas nativas, las cuales por lo general mantienen los enemigos naturales (parasitoides, depredadores y entomopatógenos) en sus áreas de origen o residencia.

En el continente americano, el taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) causa pérdidas cuantiosas, principalmente en las fases inicial y final del cultivo (Pemberton y Williams en Badilla *et al.* 1991). Un estudio de los enemigos nativos de *Diatraea*, en Costa Rica, reveló un porcentaje bajo de parasitismo natural que no ejercía un control económico de la plaga (Badilla *et al.* 1991). Las especies de este género, son de gran importancia económica en Costa Rica debido al daño que ocasionan (Fernández 1960; Valverde *et al.* 1991). Es así como mediante el Programa de Control Biológico del Barrenador de la Caña de Azúcar, se identificaron las

especies de este género en las zonas cañeras del país; se estudiaron los enemigos naturales y su potencial en el control biológico, se estableció la dinámica poblacional de *Diatraea* spp.; se instaló un laboratorio para la reproducción de parasitoides (*Catesia flavipes*, *Metagonistylum minense* y *Paratheresia clari-palpis*) y se determinó la relación costo-beneficio del programa (Badilla *et al.* 1991).

Un ejemplo exitoso registrado en el cultivo del maíz en Europa, es el combate biológico de *Ostrina nubilalis*, parásito del maíz, con avispa del género *Trichogramma*. El insecto, afecta a los huevos y fue aislado en varios criaderos con un huésped sustituto llamado *Sitotroga cerealella*, una polilla que afecta a los cereales. Al comienzo del proceso de desove de *Ostrina nubilalis*, se realiza dos veces una liberación masiva del mismo (Hansen *et al.* 1992).

### Microorganismos

En general, la utilización de ciertos microorganismos, representa una alternativa de gran importancia en la agricultura moderna. El ejemplo más conocido de uso de microorganismos para el combate de insectos es el bacilo denominado *Bacillus thuringiensis*. El agente activo no es la bacteria, sino una endotoxina producida al final del crecimiento de la bacteria. Debido a la corta duración de su efecto y a su escaso espectro de acción para el combate de algunas pocas especies de lepidópteros, se ha tenido que utilizar nuevas cepas, para combatir la dorifora (escarabajo de la papa) y las larvas de zancudo. La duración del efecto hasta ahora relativamente reducido, puede prolongarse mediante la biotecnología (Hansen *et al.* 1992).

En los Estados Unidos existe un producto, a punto de ser autorizado, que incluye la endotoxina de *Bacillus thuringiensis* en forma de bacterias muertas del tipo *Pseudomonas fluorescens*, de

modo que la endotoxina se encuentra protegida ante la acción de los rayos ultravioleta y otras influencias ambientales. Un perfeccionamiento adicional de su efecto, se esperaría mediante una combinación natural o la basada en la técnica del uso de genes de diferentes cepas de *Bacillus thuringiensis* (Gelernter 1990).

La biotecnología ha logrado abrir otro campo de acción que consiste en insertar los genes que codifican la producción de la endotoxina de *Bacillus thuringiensis* en el genoma de plantas de crecimiento anual como tomate, papa, algodón o maíz. De modo que la nueva planta produzca en sus células la endotoxina que provoca la muerte de los insectos dañinos sensibles a ella. Utilizando esta misma endotoxina, también se puede combatir a ciertos parásitos que pasan parte de su ciclo de vida en el interior de la planta hospedera y que se encuentran normalmente protegidos ante la acción de los insecticidas de contacto (Hansen *et al.* 1992).

Recientemente se han obtenido plantas de maíz que expresan proteínas insecticidas provenientes de *Bacillus thuringiensis*, lo que les confiere resistencia contra los insectos depredadores (Kozziel *et al.* 1993). Sin embargo, aún existe controversia en este aspecto, debido a que algunos investigadores han argumentado que en el campo, los insectos podrían volverse resistentes a este tipo de productos, mediante el proceso de selección natural. Por ejemplo, se ha encontrado que las larvas de la polilla que ataca al repollo, las cuales se consideran resistentes, no fueron controladas por *Bacillus thuringiensis*. Debido a que como los insectos atacados por toxinas no hacen distinciones entre compuestos naturales y sintéticos durante su desarrollo, continuarán siendo resistentes (Tabashnik 1992).

## **Virus de insectos**

La utilización de virus entomopatógenos constituye otro ejemplo de combate de plagas insectiles. Hasta el momento se ha determinado que un virus determinado es capaz de matar, como máximo, a unas pocas especies de insectos dentro de una sola familia, pero en la mayoría de los casos actúa de manera eficiente contra solamente una especie de insecto fitoparásito (Hansen *et al.* 1992).

Actualmente los virus entomopatógenos más importantes son los pertenecientes al grupo de los baculovirus. Entre sus huéspedes se encuentran insectos de los órdenes: Lepidóptera, Hymenoptera y Diptera; tres grupos muy importantes desde el punto de vista agrícola (Hansen *et al.* 1992).

Por el momento, solamente se han logrado aislar baculovirus de artrópodos, por lo que no resultan nocivos para otros organismos. De los 1.100 virus de insectos conocidos hasta el momento, el 60 % pertenece a los baculovirus y de acuerdo con las estimaciones más recientes, aproximadamente 30 % de todos los parásitos conocidos pueden combatirse mediante la acción de virus (Huber 1990). Pese al gran potencial que tienen los baculovirus, son pocos los que se han registrado como agentes con poder insecticida en el mundo, sugiriendo esto que en este campo falta mucho por hacerse.

## **Utilización de nematodos**

Aparte de los nemátodos patógenos para las plantas, existen otras especies especializadas en parasitar insectos. Todas las fases del desarrollo de los insectos son susceptibles al ataque de nemátodos,

ninguno de los cuales afecta a la planta. Sin embargo, los nemátodos que parasitan insectos son susceptibles a la humedad y se secan rápidamente, además necesitan suficiente líquido para poder moverse. Sus espacios vitales preferidos son, el suelo o algunas partes protegidas de la planta. La aplicación de nemátodos se efectúa mediante los aparatos de aspersión de uso común en la agricultura. Para una aplicación práctica exitosa en la mayoría de los cultivos, la cantidad necesaria de nemátodos requerida, varía entre 1 y 9,5 millones de individuos, diluidos de 1 a 2 litros de agua por metro cuadrado de suelo (Hansen *et al.* 1992).

Actualmente, los géneros más importantes de nemátodos que parasitan insectos son: *Heterorhabditis* y *Steinernema* o *Neoaplectana*. Estos parásitos son atraídos quimiotácticamente a su insecto huésped y penetran en su cuerpo a través de los orificios naturales que poseen (Krieg y Franz, en Hansen *et al.* 1992).

En algunos casos, los nemátodos se encuentran asociados simbióticamente con la bacteria *Xenorhabdus*, causante de una infección mortal en el insecto huésped. El parasitismo por nemátodos ha demostrado ser muy eficiente, pues los insectos mueren entre 24 y 48 horas después de que las larvas de los nemátodos han penetrado en ellos. Los nemátodos se alimentan de las células bacterianas o del tejido del insecto en descomposición. Después de unas dos semanas, una nueva generación de nemátodos abandona el insecto muerto, para buscar otros hospederos. Los nemátodos son capaces de sobrevivir durante algunos meses en el suelo, siempre y cuando dispongan de la humedad necesaria para su sobrevivencia (Krieg y Franz, en Hansen *et al.* 1992).

Los nemátodos en tanto parásitos no parecen tener propiedades selectivas. Son capaces de multiplicarse en una gran variedad de insectos y en pocos casos, resultan nocivos para las plantas. Esto constituye una gran ventaja para la producción masiva, utilizando larvas de insectos de cría fácil. Además, permite la producción masiva en medios semi-

sintéticos, los cuales desplazan en la actualidad a los procedimientos usuales de producción. Estas metodologías tendrán en el futuro, cada vez mayor importancia, debido a los escasos requerimientos necesarios para su registro comercial (Bélair, en Hansen *et al.* 1992).

### Utilización de hongos

Los hongos entomopatógenos pertenecen al grupo de los Eumycetes, los cuales tienen un sólo micelio septado, o a los Ficomycetes, que poseen un micelio no septado. Cuando los conidios llegan al cuerpo de un insecto, germinan bajo condiciones ambientales adecuadas y luego penetran en el mismo. Después de algunos días, el insecto muere debido al efecto tóxico del hongo o a la destrucción de sus tejidos. La especie de hongo más conocida para el control fitosanitario biológico es *Metarhizium anisopliae* (Hansen *et al.* 1992).

Del grupo de los Eumycetes, algunas variedades de *Beauveria*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii*, son potencialmente útiles en la lucha antiparasitaria. En Suiza ha tenido éxito el uso de *Beauveria tenella*, para combatir una especie de abejón de mayo, *Melolontha* sp.; *Beauveria bassiana* ha mostrado niveles de eficiencia variables, bajo condiciones europeas. Este mismo hongo se ha utilizado en China para combatir la cigarrita del arroz *Ostrina nubilalis* (Krieg y Franz; Keller; en Hansen *et al.* 1992).

La importancia de los hongos entomopatógenos se manifiesta, con frecuencia, cuando se procede a la utilización de fungicidas de amplio espectro contra las enfermedades de las plantas. Después de su aplicación, se puede observar un aumento de los parásitos que anteriormente solían permanecer en poblaciones con densidad baja, debido a las enfermedades producidas por hongos. De modo que también al escoger los plaguicidas, se debe procurar obtener una selectividad lo más amplia posible (Hansen *et al.* 1992).

A manera de conclusión, es conveniente aclarar que la escasa difusión y aceptación de los productos fitosanitarios, es su alto grado de especificidad y para los países subdesarrollados, sus precios. El proceso para encontrar un producto eficaz para combatir a un sólo parásito, con frecuencia no vale la pena. Sin embargo, la biotecnología ofrece la oportunidad de mejorar marcadamente, en el futuro, las propiedades de los productos fitosanitarios.

Aún no es posible hablar de un producto fitosanitario ideal, sin embargo, de los que se encuentran registrados hasta el momento o en proceso de desarrollo, la mayoría llena muchas necesidades requeridas en la actualidad. El problema para los países pequeños es su dependencia de los países con alto desarrollo biotecnológico y de gran poder económico.

El agricultor deberá tomar en el futuro una actitud muy crítica frente al uso de productos biológicos, para así garantizar un verdadero control fitosanitario integral.

### **Agradecimiento:**

Un agradecimiento muy especial al Sr. Luis Fernando Jirón, Catedrático de la Universidad de Costa Rica y a la Dra. Ana Sittenfeld, Directora del Departamento de Prospección de Biodiversidad (INBio), por su apoyo y la revisión del manuscrito.

### **LITERATURA CITADA**

- ALDRICH. 1987. Chemistry and biological activity of pentatomoid sex pheromones. *In: Biologically active natural products. Potential use in agriculture.* American Chemical Society. Meeting (194th, New Orleans, Louisiana August 30 - September 4, 1987).
- BADILLA, F.F.; S011S A.; ALFARO, D. 1991. Control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* sep. (Lepidoptera: Pyralidae) en Costa Rica. *Manejo integrado de plagas (Costa Rica)* No 20-21 p.39-44.
- BAKER, R.; BRINER, P. H.; EVANS, D. A. 1978. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 410.
- BOLAÑOS, M.A.; BOLAÑOS, LA. 1989. Primer Simposio Nacional sobre Tecnología Apropriada y Agricultura Biológica para un Desarrollo Rural Alternativo. 26-28 julio 1989. Sede Regional del Atlántico, Turrialba.
- CLAVIJO, S. 1993. Fundamentos de manejo de plagas. Universidad Central de Venezuela. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Anaco Ediciones, Caracas, Venezuela. p. 27.
- CUTLER. 1987. Biologically active natural products. Potential use in agriculture. American Chemical Society. Meeting (194th, New Orleans, Louisiana. August 30 - September 4, 1987).
- FERNANDEZ, E. 1960. Estudio de los taladradores de la caña de azúcar *Diatraea* (Pyralidae-Lepidoptera) y su importancia económica en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San Pedro, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. p. 148.
- FERNANDEZ, V.; A.V. 1991. Evaluación del efecto antagonista de una bacteria del género *Bacillus* sobre el hongo *Colletotrichum gloesporides in vitro* y en frutos de mango. Informe presentado en el Curso sobre Problemas Especiales en Protección de Cultivos (SP-2550). Programa de Ciencias Agrícolas, Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica., Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio". p. 12.
- FERNANDEZ, A.Y.; ARAUZ, L.F. 1992. Reduction of mango anthracnose by *Bacillus* sp. *In: IV*

- International Mango Symposium. Miami Beach, Florida, U.S.A. July 5-10, 1992. p. 13.
- GARCIA G., J.E. 1988-89. Plaguicidas y salud. *Biocenosis* (Costa Rica) 5 (1 \ 2):22-26.
- GARCÍA, G.J.E.; FUENTES, G.G. 1992. Opciones al uso unilateral al uso de plaguicidas en Costa Rica. Pasado, Presente y Futuro. San José, Costa Rica: EUNED. p. 2-11.
- GELERNTER, W.D. 1990. *Bacillus thuringiensis*, bioengineering and the future of bio-insecticides. Brighton Crop Protection Conference 1990. p. 617-624.
- HANSEN, B.; HANSEN, W.; HOYOS, E. 1992. Conocimientos actuales del control fitosanitario integrado-biológico. Seminario "Exportación de Plantas Ornamentales y Flores Tropicales hacia Alemania y Europa". San José, Costa Rica.
- HONDA, K. 1986. *J. Chem. Ecol.* 12. p.1999-2010.
- HUBER, J. 1990. Viral insecticides: Potential, problems and prospects. Brighton Crop Protection Conference. p. 601- 606.
- JIRÓN, L.F. 1995. Alternativas al uso unilateral de insecticidas en el cultivo del mango. *In:* García, J. y G. Fuentes, Alternativas al uso unilateral de plaguicidas en la agricultura. editorial UNED, San José Costa Rica (en prensa).
- KOZIEL, M.G.; BELAND, G.L.; BOWMAN, c.; CARO-ZZI, N.B.; CRENSHAW, R.; CROSSLAND, L.; DAWSON,); DESAI, N.; HILL, M.; KADWELL, S.; LAUNIS, K.; LEWIS, K.; MADDIX, D.; MCPHERSON, K.; MEGHJI, M.R.; MERLIN, E.; RHODES, R.; WARREN, G.W.; WRIGHT, M.; EVOIA, S.V. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Biotechnology*. Vol. 11. No 2. February p.194-99.
- MA, W.C.; SCHOONHOVEN, L.M. 1973. *Ent. exp. appl.* 16. p.343-57.
- MILLER, J.R.; STRICKLER, K.L. 1984. *In:* "Chemical ecology of insects" (W.J. Bell & R.T. Cardé, eds.); Chapman and Hall: London. p. 127-57.
- RENWICK, 1987. Plant constituents as oviposition deterrents to lepidopterous insects. *In:* Biologically active natural products. Potential use in agriculture. American Chemical Society. Meeting (194th, New Orleans, Louisiana. August 30 - September 4, 1987).
- RODRIGUEZ, C. 1989. Investigación y transferencia de tecnología para combatir las polillas de la papa en Costa Rica. *In:* Memoria del Primer Simposio Nacional sobre tecnología agro-piada y agricultura biológica. Para un desarrollo rural alternativo. CO-PROALDE, Universidad de Costa Rica. 26-28 julio, p. 97-98.
- SAITO, A.; MATSUSHITA, B.; KANEKO, H. 1986. *Agric. Biol. Chem.* 50. p. 1309.
- TABASHNIK, B. 1992. Firms revamp Bt strategies to overcome resistance problems. *Genetic Engineering news*. March 1.Vol.12, No 3.
- VALVERDE, L.A.; BADILLA, F.; FUENTES, G. 1991. Measurement of sugar losses at factory level caused by *Diatraea tabernella* in three sugar cane varieties (*Saccharum* spp.) in the high zone of San Carlos, Costa Rica. *Sugar Cane* No 2. p.13-16.