

INVESTIGADOR INVITADO

CONTROL BIOLÓGICO EN AGROECOSISTEMAS MEDIANTE EL MANEJO DE INSECTOS ENTOMOFAGOS

Clara Inés Nicholls¹, Miguel A. Altieri²

RESUMEN

La importancia que tienen los enemigos naturales de los organismos nocivos ha sido reconocida desde hace varias décadas. Desafortunadamente la implementación del control biológico no ha tenido la dimensión deseada. El empleo indiscriminado de productos biocidas ha alterado la biodiversidad de los agroecosistemas. Los parasitoides y predadores han sufrido los efectos nocivos de los plaguicidas. Estos enemigos naturales de las plagas juegan un papel trascendental en la regulación de las poblaciones de insectos nocivos.

Los predadores de la clase insecta se registran en diversos órdenes y la abundancia de especies es impresionante. Pero el conocimiento que se tiene sobre su importancia aún es parcial. En muchos países no se ha precisado aún la bondad de estos organismos y no se les protege. En el caso de los parasitoides ocurre algo similar. Se afirma que su diversidad biótica es incalculable, pero se explotan muy pocas especies. En estos dos grupos descansan los proyectos de Control Biológico clásico. Los éxitos en proyectos de control biológico se reconocen y se han expandido en varios países pero se requiere de un mayor impulso. Debido a las exigencias de una producción agrícola sostenible se debe de apoyar el Control Biológico de Plagas. En este documento se plantean aspectos generales sobre el tema.

¹ University of California, Davis.

² University of California, Berkeley.

ABSTRACT

From several decades ago the importance of natural enemies of the noxious organisms has been recognized. Unfortunately the introduction of the biological control has not had the desired dimension. The indiscriminate use of biocide products has altered the biodiversity of the agroecosystem. The parasitoids and predators have suffered the noxious effects of the plaguicides. These natural enemies of the plagues play a momentous paper in the regulation of noxious insects population.

The predators of the insecta class register in diverse orders and the abundance of species is impressive. But the knowledge of their importance is only partial. In many countries the kindness of these organisms has not been specified and doesn't protect them. In the case of parasitoids something similar occurs. It is say that their biotic diversity is incalculable but very few species are exploited. In these two groups rest the classic biological control projects. The successes in projects of biological control are recognized and they are enlarge in several countries but more impulse is required. Due to demands of a sustainable agricultural production it should support the biological control of plagues. In this document general looks on the topic are expounded.

INTRODUCCION

Para finales del siglo XX, los investigadores agrícolas deberían haber aprendido una importante lección ecológica: las comunidades vegetales que han sido artificializadas para satisfacer las necesidades especiales de alimento y fibra de los seres humanos son altamente susceptibles al daño ocasionado por plagas. En general cuanto mas una comunidad vegetal ha sido modificada, más abundantes y serias son las plagas (Altieri,

1994). Los monocultivos extensos compuestos comúnmente de plantas genéticamente similares o idénticas y que han sido seleccionadas por su mayor palatabilidad son altamente vulnerables a herbívoros adaptados a ellos (Price, 1981). Es más, prácticas agrícolas comúnmente usadas en el manejo de monocultivos (pesticidas, fertilizantes químicos, etc.) tienden a alterar las poblaciones de enemigos naturales de los herbívoros, desencadenando así frecuentemente los problemas de plagas (Papavizas, 1981).

La estabilidad ecológica y autorregulación inherente como de las dos características de los ecosistemas se pierde cuando el hombre simplifica las comunidades naturales a través de la ruptura del frágil tejido de interacciones a nivel de comunidades. De todas formas, esta ruptura puede ser reparada restituyendo los elementos homeostáticos perdidos en la comunidad a través de la adición o el incremento de biodiversidad funcional en los ecosistemas agrícolas. Una de las razones más importantes para restaurar y/o mantener la biodiversidad en la agricultura es que ésta presta una gran variedad de servicios ecológicos. Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través de la predación, parasitismo y competencia (Altieri, 1994). Probablemente cada población de insectos en la naturaleza es atacada en alguna medida por uno o más enemigos naturales. Así, predadores, parásitos y patógenos actúan como agentes de control natural que cuando son adecuadamente manejados pueden determinar la regulación de poblaciones de herbívoros en una agroecosistema particular. Esta regulación ha sido llamada control biológico y ha sido definida por DeBach (1964) como "la acción de parásitos, predadores o

patógenos para mantener la densidad de la población de un organismo plaga a un promedio menor del que ocurriría en su ausencia". Dependiendo como se practique, el control biológico puede ser autosostenido y se diferencia de otras formas de control porque actúa dependiendo de la densidad de la población de plagas. De esta manera los enemigos naturales aumentan en intensidad y destruyen una mayor parte de la población de plagas en la medida que éstas aumentan en densidad y viceversa (DeBach y Rosen, 1991).

En un sentido estrictamente ecológico, la aplicación del control biológico puede ser considerada como una estrategia válida para restaurar la biodiversidad funcional en ecosistemas agrícolas, al adicionar entomófagos "ausentes" mediante las técnicas clásicas o aumentativas de control biológico, o incrementando la ocurrencia natural de predadores y parásitos a través del manejo del hábitat. En este artículo se discute el rol de los predadores y parásitos en agroecosistemas y se analizan las diferentes estrategias usadas en control biológico para emplear insectos entomófagos en la regulación de poblaciones de plagas en la agricultura.

Predadores: rol e impacto. Los insectos predadores se presentan en muchos grupos, principalmente en los órdenes Coleóptera, Odonata, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera y Hemiptera. Los insectos predadores se alimentan en todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos. Desde el punto de vista de los hábitos alimenticios existen dos tipos de predadores, los masticadores (ej: cochinitas, *Coccinellidae*) y escarabajos del suelo (*Carabidae*) los cuales simplemente mastican y devoran sus presas, y aquellos con partes succionadoras en su boca, que chupan los jugos de sus presas (ej: chinches asesinos (*Reduviidae*), larvas de *crysopa* (*Chrysopidae*), larvas de moscas (*Syrphidae*), etc.). El tipo que se alimenta por medio de la succión generalmente inyecta una sustancia tóxica que rápidamente inmoviliza la presa. Muchos predadores son ágiles, feroces cazadores, y activamente capturan sus presas en el suelo o en la vegetación como lo hacen los escarabajos, las larvas de *crysopa* y los ácaros, o los cazan en vuelo, como las libélulas y las moscas de la familia *Asilidae* (Huffaker y Messenger, 1976).

Muchas especies son predadores tanto en el estado larval como en el estado adulto, aunque no necesaria-

mente sea el mismo tipo de presa la que casen. Otros son predadores solamente en el estado larval, mientras que como adultos tan sólo se alimenten de néctar, mielecilla, etc. Algunos proveen presas para sus larvas, depositando sus huevos entre sus presas, ya que en algunas ocasiones las larvas son incapaces de encontrarlas por sí mismas (DeBach y Rossen, 1991).

La importancia de los predadores en el control biológico natural es crucial. Su papel ha sido evidenciado por la explosión mundial de ácaros en muchos sistemas de cultivo causada por el uso indiscriminado de insecticidas químicos que tiene como resultado la eliminación de los predadores de estos ácaros (Van den Bosch y Messenger, 1973). Este es el caso de los ácaros de la familia *Tetranychidae* que se presentan en gran abundancia en huertos comerciales de manzanas debido a la eliminación de la población de predadores por el uso de pesticidas y/o al uso de fertilizantes químicos que inducen un mayor vigor nutricional de los manzanales, un factor conocido como estimulante del crecimiento de ácaros fitófagos (Croft, 1990).

La riqueza de especies predatoras en agroecosistemas particulares

puede ser impresionante. Por ejemplo, Whitcomb y Bell (1964) reportaron 602 especies de artrópodos predadores en sistemas de algodón en Arkansas y cerca de 1.000 especies de predadores en cultivos de soya en la Florida (Whitcomb, 1981). Este tipo de diversidad puede ejercer una importante presión reguladora sobre los herbívoros, lo que llevó a DeBach (1964) a considerar al complejo nativo de enemigos naturales, como un elemento balanceador al tender a alimentarse de cualquier plaga presente en abundancia. Aún en situaciones donde los predadores son incapaces de alcanzar un control natural por debajo del nivel económico de daño, ellos disminuyen el grado de desarrollo de plagas y/o reducen la infestación. En campos de algodón del Valle de San Joaquín en California, los predadores son mucho más importantes para el control de plagas de Lepidoptera (ej: gusano bellotero, gusano enrollador del repollo, gusano soldado de la remolacha) que los parásitos (Van den Bosch y Messenger, 1973). En Canadá, los investigadores encontraron que en huertos de manzanas libres de insecticidas, cinco especies de predadores de la familia Miridae ejercieron una mortalidad en huevos de la polilla de la manzana del 43.5-68.3%. En

Maine (USA), se encontró una correlación positiva entre la predación y la reducción de las poblaciones de áfido en cultivos de papas (Croft, 1990).

Entre los predadores más ignorados y menos entendidos se encuentran las arañas, las cuales pueden tener un tremendo efecto estabilizador en sus presas. Las arañas dependen usualmente de un ensamble complejo de presas. El resultado es una diversa comunidad de arañas que mantiene el control sobre una población asociada de presas sin llegar a extinguirla. De esta forma, las arañas funcionan como reguladores que limitan el crecimiento exponencial inicial de una población específica de presas (Riechert y Lockley, 1984). En Israel, la población de larvas de la plaga *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) no desarrolló niveles dañinos en árboles en presencia de arañas, mientras se observó un daño significativo en árboles donde las poblaciones de arañas fueron artificialmente eliminadas. Investigaciones posteriores revelaron que la actividad de las arañas fue responsable por un 98% en la reducción de la densidad larval. La reducción fue el resultado del consumo de presas por las arañas (64% de las larvas presentes) y el

abandono por las larvas de las ramas ocupadas por arañas (34%). En la ausencia de arañas, las larvas abandonaban las ramas con una frecuencia de tan solo 1.4%. En otro estudio, la presencia de especies de arañas de la familia Linyphiidae en parcelas experimentales determinó un daño significativamente menor causado por el gusano cortador *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) que el observado en parcelas en las que la población de arañas había sido removida. En este caso, el efecto predatorio primario fue el causante del abandono, por las larvas, de los árboles ocupados por arañas (Riechert y Lockley, 1984).

En los sistemas agrícolas, los predadores pueden ser incrementados mediante liberaciones directas en los campos, como en el caso de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera Chrysopidae), varios Coccinellidae, *Geocoris* (Hemiptera: Lygaeidae), *Nabis* (Hemiptera: Nabidae), y ácaros Phytoseiidae, o proporcionado alimento suplementario (ej: soluciones azucaradas, polen, productos a base de levadura, etc.) para retener o atraer especies de predadores específicos a los campos de cultivo (Huffaker y Messenger, 1976). Otra alternativa para incrementar los recursos y las oportunidades ambientales para los

predadores, es a través de un diseño complejo de cultivos en el tiempo y en el espacio (Altieri, 1994).

Parasitoides: Características biológicas, su rol e impacto. La mayoría de los insectos que parasitan a otros insectos, son parásitos que lo hacen solamente en su estado inmaduro (larval) y llevan una vida libre en su estado adulto. Usualmente consumen todo o casi todo el cuerpo de su huésped y luego pupan, ya sea al interior o al exterior del huésped. Los parasitoides pueden clasificarse como *koinobiontes* o *idiobiontes* dependiendo del lugar donde estos se desarrollen: dentro del huésped vivo, en huéspedes móviles o dentro de huéspedes muertos o paralizados. El parasitoide adulto emerge de la pupa y se inicia así la próxima generación buscando activamente nuevos huéspedes en los cuales depositar sus huevos. La mayoría de los parásitos adultos requieren de alimento suplementario tales como miel, polen o néctar. Muchos se alimentan de los fluidos del cuerpo de sus huéspedes, como se mencionó anteriormente. Otros requieren sólo agua como adultos (DeBach y Rossen, 1991).

Los parásitos se pueden categorizar como ectoparásitos, los cuales se alimentan externamente de

sus huéspedes, y como endoparásitos, los cuales se alimentan internamente. Los parásitos pueden tener una generación (univoltinos) por una generación del huésped, o dos o más generaciones (multivoltinos) por cada una de los huéspedes. El ciclo de vida de los parásitos es usualmente corto, algunos alcanzan desde 10 días hasta 4 semanas aproximadamente a mediados del verano, pero correspondientemente son más largos en clima frío. Los principales grupos de parásitos utilizados en el control biológico de plagas de insectos pertenecen a los órdenes: Hymenoptera (la mayoría de avispas de las superfamilias Chalcidoidea, Ichneumonoidea y Proctotrupeoidea) y Diptera (moscas, especialmente de la familia Tachinidae).

Las investigaciones sobre la diversidad de parásitos del orden Hymenoptera en agroecosistemas se han concentrado principalmente en el estudio de los complejos de parasitoides que atacan especies de plagas nativas en particular, así como especies exóticas. Algunas especies de plagas sustentan un gran número de especies de parasitoides tales como: la plaga del trigo *Mayetiola destructor* (Diptera: Cecidomyiidae), la plaga del tallo en pastos y trigo *Cephus pygmaeus*

(Hymenoptera: Cephidae), el curculionido del coco *Promecotheca caeruleipennis* (Coleoptera: L Curculionidae), *Pontania proxima* (Hymenoptera: Tenthredinidae) en frijol, y el minador de la hoja del café *Perileucoptera coffeella*. Diferentes cultivos soportan especies particulares de herbívoros, quienes a su vez, son atacados por una o muchas especies de parasitoides (Tabla 1). Sin embargo, estas asociaciones pueden cambiar dependiendo de la ubicación geográfica, intensidad del manejo agrícola y los arreglos espaciales y temporales de los cultivos (Waage y Greathead, 1986).

La complejidad relativa de la comunidad de parasitoides del orden Hymenoptera asociados con diferentes sistemas de cultivo está determinada por factores biológicos, ambientales y de manejo. En monocultivos de gran escala, la diversidad es eliminada por el uso continuo de pesticidas, la simplificación de la vegetación y otros disturbios del medio ambiente. En agroecosistemas menos disturbados, además de la ausencia de pesticidas, la diversidad de parasitoides parece relacionarse con la diversidad de los cultivos, la cobertura del suelo, la presencia de malezas y la vegetación nativa adyacente a los cultivos. De hecho,

Tabla 1. Complejos de especies de parasitoides asociados con insectos plaga en un rango de sistemas de cultivos anuales (Altieri *et al.*, 1993).

Sistema de cultivo	Especie plaga	No. de especies de parasitoides	Localidad
Algodón	<i>Spodoptera exigua</i>	11	California, USA
	<i>Trichoplusia ni</i>	11	California, USA
	<i>Heliothis zea</i>	14	California, USA
	<i>Bucculatrix thurberiella</i>	3	California, USA
	<i>Estigmene acrea</i>	3	California, USA
	<i>Spodoptera praefica</i>	13	California, USA California, USA
Sorgo	<i>Schizaphis graminum</i>	3	USA
Yuca	<i>Erynnys ello</i>	4	Brasil, Colombia
	<i>Jatrophia brasiliensis</i>	4	Islas del Caribe,
	<i>Saissetia</i> sp.	2	Perú, Cuba
Soya	<i>Plathypena scabra</i>	14	Missouri, USA
	<i>Pseudoplusia includens</i>	12	Louisiana, USA
Papa	<i>Myzus persicae</i>	7	Maine, USA
	<i>Acyrtosiphon solani</i>	5	Maine, USA
	<i>Aphis nasturtii</i>	5	Maine, USA
Arroz	<i>Nephotettix</i> spp.	3	Filipinas
	<i>Chilo suppressalis</i>	5	Filipinas
Alfalfa	<i>Colias eurytheme</i>	2	California, USA
	<i>Spodoptera exigua</i>	11	California, USA
	<i>Spodoptera</i> (= <i>Prodenia</i>) <i>praefica</i>	13	California, USA
	<i>Heliothis zea</i>	13	California, USA
Tabaco	<i>Heliothis virescens</i>	2	North Carolina, USA

los pocos estudios conducidos sobre este tópico indican que la vegetación asociada con un cultivo en particular, influye en el tipo, abundancia y tiempo de colonización de los parasitoides (Waage y Greathead, 1986).

En muchos casos, tan sólo una o dos especies de tales complejos prueban ser vitales en el control biológico natural de importantes plagas de insectos. Por ejemplo en los cultivos de alfalfa en California la avispa *Apanteles medicaginis* (Himenoptera: Braconidae) cumple una función vital en la regulación del número de larvas de *Colias eurytheme* (Lepidoptera: Pieridae). Aparentemente, este sistema mariposa-avispa se mueve de los tréboles nativos a los cultivos nuevos de alfalfa. Similarmente, en los cultivos de tabaco de Carolina del Norte al comienzo del verano, previo al florecimiento, cuando las plantas son más susceptibles al daño causado por el gusano cogollero *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), la avispa *Campoletis perdistinctus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) ejerce un alto grado de parasitismo. Con el tiempo, el parasitismo de *C. perdistinctus* declina y la acción de otro parasitoide *Cardiochiles nigriceps* (Hymenoptera: Braconidae) se vuelve un importante factor de

mortalidad para la plaga (Huffaker y Messenger, 1976). En otros casos, es una combinación de muchas especies de parasitoides la que ejerce la regulación sobre una plaga específica de insectos (Ehler y Miller, 1978).

ESTRATEGIAS DE CONTROL BIOLÓGICO

Control biológico clásico. El control biológico clásico es la regulación de la población de una plaga mediante enemigos naturales exóticos (parásitos, predadores y/o patógenos) que son importados con este fin. Usualmente, la plaga clave es una especie exótica que ha alcanzado una alta densidad poblacional en el nuevo ambiente debido a condiciones más favorables que en su lugar de origen (Rosen Bennett y Capinera, 1994). Por lo tanto, la introducción de un enemigo natural específico, autoreproductivo, dependiente de la densidad, con alta capacidad de búsqueda y adaptado a la plaga exótica introducida, usualmente resulta de un control permanente (Caltagirone, 1991).

Frecuentemente, debido a que los agentes de control biológico son cuidadosamente seleccionados para que se adapten mejor a sus huéspedes, éstos se diseminan espontáneamente a través de todo el

rango de sus hospederos, para realizar un control biológico efectivo a un costo relativamente bajo. Caltagirone (1981) describe 12 casos exitosos de proyectos de control biológico clásico en los cuales, por medio de la introducción de enemigos naturales, las especies plaga tratadas fueron reducidas a un

nivel en el cual no se consideran plaga (Tabla 2). Otros estudios de caso en los cuales se describen las diferentes etapas (descubrimiento, introducción y evaluación) necesarias para el desarrollo de un programa de control biológico clásico, son descritos en Van Driesche y Bellows (1996).

Tabla 2. Ejemplos exitosos de control biológico clásico (Caltagirone, 1991).

Plaga exótica	Enemigo natural introducido	Sistema de cultivo
<i>Tetranychus urticae</i> (arañita de dos manchas)	<i>Phytoseiulus persimilis</i> (predador)	Invernadero
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Mosca blanca de los invernaderos)	<i>Encarsia formosa</i> (parásito)	Invernadero
<i>Nezara viridula</i>	<i>Trissolcus basalís</i> (parásito)	Vegetales-cultivos de campo
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	<i>Eretmocerus serius</i> (parásito)	Cítricos
<i>Terioaphis trifolii</i> (pulgón de la alfalfa)	<i>Praon exsoletum</i> , <i>Trioxys complanatus</i> y <i>Aphelinus asychis</i> (parásitos)	Alfalfa
<i>Chromaphis juglandicola</i> (pulgón de los nogales)	<i>Trioxys pallidus</i> (parásito)	Nogales
<i>Aonidiella aurantii</i> (escama roja de California)	<i>Aphytis</i> spp. (parásitos)	Cítricos
<i>Parlatoria oleae</i> (escama del olivo)	<i>Aphytis maculicornis</i> y <i>Coccophagoides utilis</i> (parásitos)	Olivos

Continuación Tabla 2.

Plaga exótica	Enemigo natural introducido	Sistema de cultivo
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i> (escama de San José)	<i>Prospaltella perniciosi</i>	Frutales
<i>Antonina graminis</i>	<i>Anagyrus antoninae</i> (parásito)	Pastos
<i>Operophtera brumata</i>	<i>Cyzenis albicans</i> y <i>Agrypon flaveolatum</i> (parásitos)	Manzanos
<i>Oryctes rhinoceros</i>	<i>Rabdionvirus oryctes</i> (baculovirus)	Palma de coco y aceite

Desde el control biológico exitoso de la escama algodonosa de los cítricos *Icerya purchasi* (Homoptera: Margarodidae) en California con la cochinilla *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) importada desde Australia en 1888, cientos de proyectos de control biológico se han llevado a cabo alrededor del mundo. La campaña de control biológico realizada para controlar la escama negra de los cítricos *Saissetia oleae* (Homoptera: Coccidae) en California, incluyó cerca de 42 especies diferentes de enemigos naturales introducidos de Africa, México, Pakistán, China, Brasil, Argentina y Taiwan (Luck, 1981). De todos los esfuerzos de

importación de enemigos naturales realizados en los Estados Unidos, se ha estimado que cerca de 128 especies de enemigos naturales han resultado en algún grado de control biológico (Luck, 1981). Los ahorros económicos de tales introducciones han sido substanciales. Se ha estimado que la combinación de ahorros atribuidos a la industria agrícola de California desde el inicio de los programas de control biológico entre 1928 y 1979 fue de cerca de 320 millones de dólares sin considerar la inflación (Van den Bosh; Messenger y Gutiérrez, 1982).

Por definición, todos los proyectos de control biológico clásico involucran la introducción de enemigos naturales exóticos. En la mayoría de los casos, se conduce una exploración en la presunta área de origen de la especie a tratar. Después de que la exploración ha sido realizada, los insectos entomófagos deben ser introducidos al país donde se encuentra la plaga, donde son sujetos a cuarentena. Luego de la cuarentena, la mayoría de los enemigos naturales son criados masivamente para garantizar la liberación de un considerable número de ellos en los lugares particulares de colonización en diversos ambientes de una región, seguido por repetidas colonizaciones a lo largo del tiempo si es necesario (Van den Bosch y Messenger, 1973). Los récords históricos indican que solamente el 34% de los intentos de colonización de los enemigos naturales se han realizado exitosamente. Estas bajas tasas de establecimiento pueden deberse a factores tales como una inapropiada selección de enemigos naturales, diferencias climáticas entre el lugar de origen de los enemigos naturales y el lugar de su liberación y algunas características negativas del cultivo y/o del agroecosistema. Una vez que el establecimiento del enemigo natural es documentado, el efecto de la regulación de éstos en la

población de la plaga necesita ser evaluado incluyendo un análisis económico del costo y de los beneficios sociales involucrados.

Control biológico aumentativo.

Esta estrategia requiere la propagación masiva y la periódica liberación de enemigos naturales exóticos o nativos que puedan multiplicarse durante la estación de crecimiento del cultivo pero que no se espera se conviertan en una parte permanente del ecosistema (Batra, 1982). La liberación aumentativa puede realizarse con expectativas de corto o largo plazo, dependiendo de la especie plaga a tratar, las especies de enemigos naturales y el cultivo. La cría masiva y la diseminación de los enemigos naturales fue un método muy popular en la Unión Soviética y en China donde la estructura socioeconómica, incluyendo la colectivización de la agricultura, la integración de la investigación y la producción, además de una fuerza de trabajo numerosa y bien organizada, permitieron exitosamente la cría masiva y la amplia liberación aumentativa de agentes de control biológico. Los recientes cambios políticos y socioeconómicos que abrazan el modelo capitalista de producción han producido cambios drásticos en este escenario en estas regiones. Desde el colapso del

bloque Soviético en 1989, Cuba es el único país que está experimentando un masivo crecimiento de la técnica de control biológico aumentativo. La isla ha sufrido una reducción del 80% en la importación de fertilizantes y pesticidas, y para garantizar la seguridad alimenticia bajo esta circunstancia, investigadores y agricultores han impulsado proyectos masivos de control biológico. Para finales de 1994, unos 222 centros de producción de insectos entomopatógenos y entomófagos (CREEs) han

sido creados (Rosset y Benjamín, 1993). En dichos centros se producen cantidades masivas de avispas parasitoides del género *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), y algunos entomopatógenos tales como: *Beauveria bassiana* (78 toneladas métricas) *Bacillus thuringiensis* (1312 toneladas), *Verticillium lecanii* (196 toneladas) y *Metarhizium anisopliae* (142 toneladas) para el control de varias plagas en los principales cultivos de la isla (Tabla 3).

Tabla 3. Organismos biológicos para el control de insectos plaga en Cuba (Rosset y Benjamín, 1993).

Organismos	Cultivo	Plaga
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Col, Tomate Pimentón	<i>Pieris</i> sp. <i>Heliothis</i> <i>Spodoptera</i>
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Yuca Yuca Batata Papa Maíz Tabaco	<i>Erynnis</i> sp. <i>Spodoptera</i> <i>Spodoptera</i> <i>Heliothis</i>
<i>Beauveria bassiana</i>	Banano Batata Arroz Cítricos	<i>Cosmopolites sordidus</i> Curculionidae (picudos)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Pastos Arroz Cítricos	Cercopidae (salivitas) Curculionidae

Continuación Tabla 3.

Organismos	Cultivo	Plaga
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Guayaba Café Banana	Nemátodos del género <i>Meloidogyne</i> <i>Meloidogyne</i> Nemátodos: <i>Radopholus similis</i>
<i>Verticillium lecanii</i>	Tomate Pimentón Pepino Calabaza Papa frijol	Mosca blanca Mosca blanca Mosca blanca Mosca blanca Mosca blanca
<i>Trichogramma</i> sp.	Pastos yuca	<i>Mocis</i> sp. <i>Erynnis</i> sp.
<i>Trichogramma</i> sp.	Caña de azúcar	Barrenador de la caña
<i>Pheidole megacephala</i> (hormiga)	Batata	Picudos

En los Estados Unidos, el éxito del control biológico aumentativo depende del número total de individuos liberados (Ables y Ridgeway, 1981). Entre los agentes biológicos más comunes, comercialmente disponibles para ser utilizados se encuentran: *Trichogramma* spp., *Chrysopa carnea* y algunos patógenos de insectos tales como *Bacillus thuringiensis*, *B. popillae*, *Beauveria bassiana* y varios virus de la poliedrosis nuclear. Además existe una gran cantidad de enemigos

naturales potenciales para el control biológico aumentativo de *Heliothis* spp. en numerosos cultivos. Algunos ejemplos incluyen *Cardiochiles carnea* (Hymenoptera: Braconidae), *Trichogramma* spp., *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) y *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Los áfidos en muchos cultivos presentan también un amplio rango de parasitismo por *Praon* spp., *Lysiphlebus* spp., *Aphidus* spp., *Diaeretiella* spp. (Hymenoptera:

Aphidiidae) y otros, los cuales pueden ser criados y liberados masivamente (Huffaker y Messenger, 1976). Ejemplos seleccionados de entomófagos con potencial para control biológico aumentativo en los Estados Unidos se listan en la Tabla 4 (Ables y Ridgeway, 1981).

Tabla 4. Algunos enemigos naturales con potencial para el control biológico aumentativo en USA (Ables y Ridgeway, 1981).

Enemigo natural candidato para la aumentación	Plaga(s)	Sistema de cultivo(s)
ACARI		
<i>Typhlodromus</i> spp.	<i>Tetranychus medanieli</i>	Manzanos
<i>Phytoseiulus</i> spp.	<i>Steneotarsonemus pallidus</i>	Fresas
	<i>Tetranychus urticae</i>	Fresas
	<i>Tetranychus</i> spp.	Cultivos bajo invernadero
HEMIPTERA		
<i>Jalysus spinosus</i>	<i>Heliothis virescens</i>	Tabaco
	<i>Manduca</i> spp.	
NEUROPTERA		
<i>Chrysopa carnea</i>	<i>Heliothis</i> spp.	Cultivos para fibra y alimento
	<i>Pseudococcus</i> spp.	Peras
		Otras frutas
	<i>Trichoplusia ni</i>	Repollo
	Pulgones	Papas
COLEOPTERA		
<i>Stethorus picipes</i>	<i>Oligonychus punicae</i>	Aguacate, otras frutas y vegetales
<i>Coccinella</i> spp.	Pulgones	Vegetales, frutas y nueces
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	Chanchito blanco (Margarodidae)	Cítricos
HYMENOPTERA		
<i>Bracon kirkpatricki</i>	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Algodón
<i>Bracon mellitor</i>	<i>Anthonomus grandis</i>	Algodón
<i>Macrocentrus ancylicivorus</i>	<i>Grapholitha molesta</i>	Duraznos
<i>Chelonus blackburni</i>	<i>P. gossypiella</i>	Algodón
<i>Apanteles melanoscetus</i>	<i>Lymantria dispar</i>	Forestales
<i>Apanteles rebecca</i>	<i>Pieris rapae</i>	Repollo
<i>Microplitis croceipes</i>	<i>Heliothis</i> spp.	Numerosos cultivos
<i>Campoletis sonorensis</i>	<i>Heliothis</i> spp.	Numerosos cultivos
<i>Praon</i> spp.	Pulgones	Numerosos cultivos
<i>Lysiphlebus</i> spp.	Pulgones	Numerosos cultivos

Continuación Tabla 4.

Enemigo natural candidato para la aumentación	Plaga(s)	Sistema de cultivo(s)
HYMENOPTERA		
<i>Aphidius smithi</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Arveja y otros vegetales
<i>Diaeretiella</i> spp.	Pulgones	Col
<i>Aphytis melinus</i>	Escama roja de California	Cítricos
<i>Encarsia formosa</i>	Moscas Blancas	Cultivos bajo invernadero
<i>Pediobius foveolatus</i>	<i>Epilachna</i> spp.	Soya, legumbres, calabaza
<i>Trichogramma</i> spp.	<i>Heliothis</i>	Cultivos para fibra y alimento
	<i>Plusiine</i> (Noctuidae)	Cultivos para fibra y alimento
	<i>Pieris</i> spp.	Col
	<i>Manduca</i> spp.	Tabaco y tomates
	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Maíz
	<i>Laspeyresia pomonella</i>	Manzanos, otras frutas
DIPTERA		
<i>Lixophaga diatraeae</i>	<i>Diatraea</i> spp.	Caña de azúcar
<i>Eucelatoria</i> spp.	<i>Heliothis</i> spp.	Numerosos cultivos
<i>Voria ruralis</i>	<i>Trichoplusia ni</i>	Col, otros cultivos

En algodón, investigaciones han demostrado que de 50.000 a 100.000 *Trichogramma* spp. por acre deben ser liberados con un intervalo de 2-5 días durante el máximo período de oviposición de *Heliothis* spp. para incrementar significativamente el parasitismo y obtener el máximo control. Otros trabajos indican que liberaciones de más de 28.000 *Lysiphlebus testaceipes* por acre no disminuyeron las poblaciones de áfidos por debajo del umbral económico bajo condiciones de monocultivos en las planicies altas de Texas. Por otro lado, recientes estudios con semioquímicos (Ej: kairomonas) demostraron la gran posibilidad de

incrementar la respuesta y eficacia de muchos parasitoides bajo condiciones de monocultivos (Nrodlund y otros, 1981). La gran utilidad de las kairomonas parece deberse a su efecto sobre la agregación y/o retención de los parásitos liberados en lugares específicos (Hoy y Herzog, 1985).

El control aumentativo puede ser muy efectivo a nivel de costos. Muchas empresas, corporaciones están comercializando un gran número de avispas parasitoides, el predator de áfidos *Chrysopa carnea*, y entomopatógenos tales como *Bacillus thuringiensis*, *B. popillae*, *Beauveria bassiana*, y muchos virus

de la poliedrosis nuclear. En la década de los 80s, los costos de los tratamientos fueron aproximadamente entre US\$24.70-US\$29.60 por hectárea en huertos de cítricos o manzanas y de US\$133-US\$2.398 por hectárea en invernaderos (Barra, 1982). Hoy en día los precios se mantienen competitivos.

Conservación y manejo de hábitat.

Este enfoque pone énfasis en el manejo de agroecosistemas con el objetivo de proveer un ambiente general que conduzca a la conservación y al crecimiento de una biota compleja de enemigos naturales. Las posibilidades de incrementar las poblaciones de artrópodos benéficos y de mejorar su comportamiento predatorio y parasítico efectivo son viables a través del manejo del hábitat que a su vez medía la disponibilidad de alimentos, refugio y otros recursos dentro y fuera del cultivo (Huffaker y Messenger, 1976). Pequeños cambios en las prácticas agrícolas pueden causar un incremento substancial en la población de enemigos naturales durante el período crítico de crecimiento de los cultivos. Algunas prácticas pueden simplemente incluir la eliminación del uso de pesticidas químicos o evitar prácticas disturbantes tales como el control de malezas con herbicidas y el arado. Con la

eliminación total de pesticidas se puede restituir la diversidad biológica y conducir a un control biológico efectivo de plagas específicas. En Costa Rica, en el transcurso de dos años, virtualmente todos los insectos plagas del banano alcanzaron niveles por debajo del umbral económico, dado el incremento en el parasitismo y la predación por parte de algunos enemigos naturales, luego del abandono de los insecticidas Dieldrin y Carbaryl. Similarmente en nogales de California, el control biológico natural de dos especies de escamas se logró rápidamente a través de la introducción de algunos parasitoides de la familia Encyrtidae y después de la eliminación total del uso del DDT (Croft, 1990).

Algunas veces es necesario proveer recursos suplementarios. Por ejemplo, la construcción de nidos artificiales para la *Polistes annularis* (Hymenoptera: Vespidae) ha incrementado la predación de plagas tales como *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) en algodón y *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae) en tabaco. La aspersion de alimentos suplementarios (mezclas de levadura, azúcar y agua) multiplicó seis veces la oviposición de *Chrysopa carnea* e incrementó la abundancia de *Syrphidae*.

Coccinellidae y *Malachiidae* en parcelas de algodón y alfalfa. Para mejorar la supervivencia y reproducción de insectos benéficos en un agroecosistema, es conveniente tener poblaciones alternativas de presas fluctuantes permanentemente a niveles subeconómicos presentes en los cultivos (Van den Bosch y Messenger, 1976). Por ejemplo, en Sudáfrica la abundancia relativa de áfidos en repollos, fue un factor determinante en la efectividad de los predadores contra larvas de *Plutella maculipennis* (Lepidoptera: Plutellidae). La introducción de poblaciones de huéspedes garantizó una gran efectividad en el control de *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) en el campo. La continua liberación de mariposas *Pieris* fértiles incrementó la población de la plaga cerca de diez veces por encima de la población normal en la primavera, permitiendo a los parásitos *Trichogramma evanescens* y *Cotesia rubecula* incrementarse tempranamente y mantenerse a un nivel efectivo durante la estación de crecimiento del cultivo (Van den Bosch y Messenger, 1973).

Es ampliamente aceptado que la diversidad del agroecosistema está asociada con la estabilidad a largo plazo de las poblaciones insectiles presentes, presumiblemente porque

una variedad de parásitos, predadores y competidores está siempre disponible para suprimir el crecimiento potencial de las poblaciones de las plagas. La dispersión de cultivos entre otras plantas no hospederas, puede hacer más difícil la migración y la búsqueda de plantas hospederas y consecuentemente afectar el crecimiento exponencial de fitófagos o patógenos (Andow, 1991). La diversificación de agroecosistemas resulta generalmente en el incremento de oportunidades ambientales para los enemigos naturales, y consecuentemente, en el mejoramiento del control biológico de plagas. La amplia variedad de diseños vegetacionales disponibles en forma de policultivos, sistemas diversificados de cultivos-malezas, cultivos de cobertura y mulches vivos, y su efecto sobre la población de plagas y enemigos naturales asociados han sido extensivamente revisados (Altieri, 1994 y referencias ahí incluidas). Algunos factores relacionados con la regulación de plagas en agroecosistemas diversificados incluyen: el incremento de la población de parasitoides y predadores, la disponibilidad de huéspedes y/o presas para los enemigos naturales, la disminución en la colonización y reproducción de las plagas, la inhibición de la



alimentación mediante repelentes químicos de plantas no-atractivas a las plagas, la prevención del movimiento y aumento de emigración de plagas, y la óptima sincronización entre enemigos naturales y plagas.

Estudios realizados han mostrado que a través del aumento de la diversidad de plantas en monocultivos anuales, es posible efectuar cambios en la diversidad del hábitat, lo que a su vez, favorece la abundancia y efectividad de los enemigos naturales. Esta información puede ser usada para dise-

ñar sistemas de policultivos que incrementen la diversidad y la abundancia de predadores y parásitos, resultando así en niveles de plagas más bajos que en los monocultivos correspondientes. En general, está bien documentado que en agroecosistemas diversificados hay un incremento en la abundancia de artrópodos predadores y parásitos ocasionado por la expansión en la disponibilidad de presas alternativas, fuentes de néctar y microhábitats apropiados (Altieri, 1994). En la Tabla 5 se presentan varios ejemplos de reducción de poblaciones de plagas observadas en policultivos.

Tabla 5. Ejemplos de sistemas de cultivos múltiples que efectivamente previenen la explosión de plagas mediante el incremento de enemigos naturales (Altieri, 1994).

Sistema múltiple de cultivo	Plaga(s) regulada	Factor(es) involucrados
Cultivos de <i>Brassica</i> y frijol	<i>Brevicoryne brassicae</i> y <i>Delia brassicae</i>	Alta predación e interrupción del comportamiento de oviposición
Brusselas intercaladas con habas y/o mostaza.	<i>Phyllotreta cruciferae</i> , y áfidos de la col <i>Brevicoryne brassicae</i>	Reducción de la apariencia de la planta, actuando como cultivo trampa e incrementando así el control biológico.
Coles intercaladas con trébol rojo	<i>Erioischia brassicae</i> , <i>Pieris rapae</i>	Interferencia con la colonización y el incremento de carabidos en el suelo.

Continuación Tabla 5.

Sistema múltiple de cultivo	Plaga(s) regulada	Factor(es) involucrados
Yuca intercalada con caupí	Moscas blancas, <i>Aleurotrachelus socialis</i> , y <i>Trialeurodes variabilis</i>	Cambios en el vigor de la planta e incremento en la abundancia de enemigos naturales.
Maíz intercalado con habas y calabaza	Pulgonés, <i>Tetranychus urticae</i> y <i>Macroductylus</i> sp.	Incremento en la abundancia de predadores.
Maíz intercalado con batata.	<i>Diabrotica</i> sp. y cicadelidos <i>Agallia lingula</i> .	Incremento del parasitismo
Algodón intercalado con caupí forrajero	Picudo <i>Anthonomus grandis</i>	Incremento en la población del parásito <i>Eurytoma</i> sp.
Policultivo de algodón con sorgo o maíz	Gusano del maíz <i>Heliothis zea</i> .	Incremento en la abundancia de predadores.
Franjas de cultivo de algodón y alfalfa	Chinches <i>Lygus hesperus</i> y <i>L. elisus</i> .	Prevención de la emigración y sincronización entre las plagas y los enemigos naturales.
Duraznos intercalados con fresas	Enrollador de la hoja de la fresa <i>Ancyliis comptana</i> y la polilla <i>Grapholita molesta</i>	Incremento en la población de parásitos (<i>Macrocentrus ancylivora</i> , <i>Microbracon gelechise</i> , y <i>Lixiphaga variabilis</i>).
Maní intercalado con maíz	Barrenador del maíz <i>Ostrinia furnacalis</i>	Abundancia de arañas (<i>Lycosa</i> sp.).
Sesamo intercalado con algodón	<i>Heliothis</i> spp.	Incremento en la abundancia de insectos benéficos y cultivos trampa.

Al incrementar la diversidad de plantas dentro de huertos se puede facilitar el control biológico. Varios trabajos realizados en la ex-URSS indican que el uso de plantas productoras de néctar en huertos de frutales, eran un recurso alimenticio importante para incrementar la efectividad de insectos entomófagos. Experimentos de campo en el norte del Caucaso, demostraron que la siembra de *Phacelia* spp. en los huertos incrementaba el parasitismo de *Quadraspidiotus perniciosus* por su parásito *Aphyris proclia* (Hymenoptera: Aphidiidae). Tres siembras sucesivas de flores *Phacelia* en otros campos, incrementó el parasitismo en alrededor de un 70%. Estas mismas plantas han mostrado además, un incremento en la abundancia de *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de los áfidos de la manzana, y una marcada actividad del parásito *Trichogramma* spp. en el mismo cultivo (Van den Bosch y Telford, 1964).

La manipulación de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo puede también ser usada para promover el control biológico, ya que la supervivencia y actividad de muchos enemigos naturales frecuentemente depende de los recursos ofrecidos por la vegetación contigua al campo. Los cercos

y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención en Europa debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Fry, 1995). En general se reconoce la importancia de la vegetación natural alrededor de los campos de cultivo como reservorio de enemigos naturales de plagas (Van Emden, 1965). Estos hábitats pueden ser importantes como sitios alternos para la invernación de algunos enemigos naturales, o como áreas con recursos alimenticios tales como polen o néctar para parásitos y predadores. Muchos estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde márgenes adentro de cultivos, demostrando un mayor nivel de control biológico en hileras de cultivo adyacentes a márgenes de vegetación natural que en hileras (Altieri, 1994). Estudios de los parásitos *Tachinidae* e *Ichneumonidae* atacando *Barathra brassicae* y *Plutella xylostella* fueron conducidos cerca de Moscuú y los datos muestran que la eficiencia del parasitismo fue substancialmente mayor en hileras de repollo cercanas a márgenes con plantas en floración de la familia umbelífera (Huffaker y Messenger, 1976).

En California, se ha observado que el parásito de huevos *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) es

efectivo en el control del cicadelido de la uva *Erythroneura elegantula* (Homoptera: Cicadellidae) en viñedos adyacentes a moras silvestres, puesto que éstas albergan otro cicadelido *Dikrella cruentata* que no es considerado plaga, pero que sus huevos sirven en el invierno como el único recurso alimenticio para el parásito *Anagrus*. Recientes estudios han mostrado además, que árboles de ciruelos plantados alrededor de los viñedos pueden incrementar la población de *Anagrus epos* y promover parasitismo temprano en la estación (Flint y Roberts, 1988). También en California en el valle de San Joaquín, el parasitismo del gusano de la alfalfa, *Colias eurytheme*, por *Apanteles medicaginis* fue mucho mayor en secciones del campo donde las malezas se encontraban en floración junto a los canales de irrigación en contraste con áreas del cultivo donde la maleza fue destruida (DeBach, 1964).

En huertos de manzanas en Noruega, la densidad de la plaga más importante, *Argyresthia conjugella* (Lepidoptera: Argyresthiidae) depende enormemente de la cantidad de alimento disponible, por ejemplo, el número de grosellas del arbusto silvestre *Sorbus acuparia* que crecen cada año. Debido a que una larva se desarrolla dentro de una

grosella, el número de *Argyresthia* no puede ser mayor que el número total de grosellas. Así en los años en los que *Sorbus* no produce grosellas, ninguna larva de la plaga *Argyresthia* se desarrolla y por consiguiente el parásito *Microgaster politus* (Hymenoptera: Braconidae) no se presenta en el área. Entomólogos han sugerido plantar *Sorbus*, con el fin de producir una cosecha abundante y regular frutas cada año, lo cual permitiría a *Argyresthia* encontrar suficiente alimento para mantener su población a un nivel razonablemente elevado. Bajo estas condiciones el parásito *Microgaster* y otros enemigos naturales podrán también mantenerse y reproducirse suficientemente cada año, y mantener así la población de *Argyresthia* por debajo del nivel al cual la plaga está forzada a emigrar, evitando de esta manera la infestación de las manzanas (Edland, 1995).

CONCLUSIONES

El control biológico por medio de la importación, aumento y/o conservación de los enemigos naturales puede proveer una regulación de especies de plagas a largo plazo, asumiendo que se de un apropiado manejo cultural de los agroecosistemas (descartando prácticas agrícolas destructivas e

incrementando la diversificación de los sistemas de cultivo), garantizando así un ambiente apropiado para incrementar la abundancia y la eficiencia de predadores y parásitos. Bajo estas condiciones, el control biológico puede convertirse en una estrategia potencialmente auto-perpetuante, garantizando un control a bajo costo y con mínimo o inexistente impacto ambiental (Flint y Roberts, 1989).

La agricultura comercial a gran escala que involucra monocultivos atacados por complejos de plagas, requiere inicialmente la integración de métodos de control químico y cultural en asocio al uso cuidadoso de enemigos naturales. Para convertir estos sistemas a sistemas totalmente dependiente del control biológico, se requerirá de un proceso escalonado de conversión agroecológica que incluye: el uso eficiente de pesticidas (Manejo Integrado de Plagas-MIP), sustitución de insumos (el reemplazo de insecticidas químicos por insecticidas botánicos o microbiológicos), finalizando con el rediseño diversificado del sistema agrícola, el cual debe proveer las condiciones medio-ambientales necesarias para el desarrollo de enemigos naturales, permitiendo así al agroecosistema auspiciar su propia protección natural contra plagas

(Altieri, 1994).

Sistemas de cultivo diversificados, tales como aquellos basados en policultivos, agroforestería o uso de cultivos de cobertura en huertos de frutales, han sido el tópico principal de muchas investigaciones recientes. Esto se relaciona con la amplia evidencia que ha emergido últimamente, de que estos sistemas de cultivo son más sustentables y conservan mejor los recursos naturales (Vandermeer, 1995). Muchos de estos atributos de sustentabilidad asociados con los altos niveles de biodiversidad funcional (incluyendo enemigos naturales) son inherentes a los sistemas complejos de cultivo. La clave es identificar el tipo de biodiversidad que es deseable mantener o incrementar con el fin de auspiciar los servicios ecológicos deseados y determinar así las mejores prácticas que podrían implementarse para incrementar los componentes deseables de biodiversidad. Como se muestra en la Figura 1 son muchas las prácticas y los diseños que tienen un gran potencial, ya sea para incrementar o afectar negativamente la biodiversidad funcional. La idea es implementar un manejo eficaz de las prácticas agrícolas con el objeto de incrementar y/o regenerar el tipo de biodiversidad que puede subsidiar la

sustentabilidad de los agroecosistemas a través del mejoramiento de

la eficacia del control biológico de plagas.

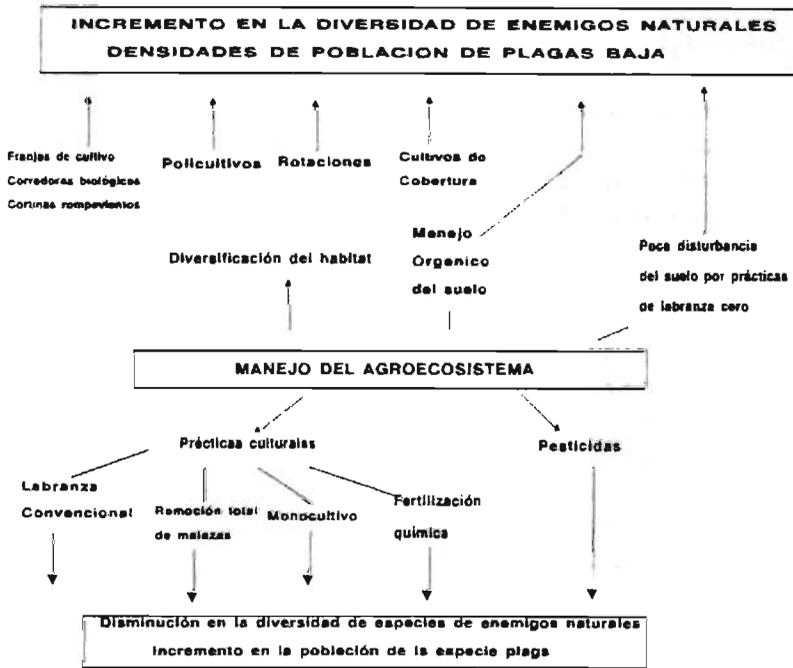


Figura 1. Efectos del manejo del agroecosistema y prácticas culturales asociadas con la diversidad de enemigos naturales y la abundancia de insectos plaga.

BIBLIOGRAFIA

ABLES, J.R. and RIDGEWAY, R.L. Augmentation of entomophagous arthropods to control insect pests and mites. *En: PAPAVIDAS G.; ed. Biological Control in crop production.* London: Allanheld, Osmun Pub., 1981.

p.273-305.

ALTIERI, M.A. Biodiversity and pest management in agroecosystems. New York: Haworth, 1994. 185p.

- ALTIERI, M.A.; CURE, J.A. and GARCIA, M.A. The role and enhancement of parasitic hymenoptera biodiversity in agroecosystems. *En: LA SALLE and GAULD, I.D. Hymenoptera and biodiversity.* Wallingford, U.K.: CAB International, 1993. p. 257-275.
- ANDOW, D.A. Vegetational diversity and arthropod population response. *En: Annual Review of Entomology.* Vol. 36 (1991); p.561-586.
- BATRA, S.W.T. Biological control in agroecosystems. *En: Science.* Vol. 215 (1982); p.134-139.
- CALTAGIRONE, C.E. Landmark examples in classical biological control. *En: Annual Review of Entomology.* Vol. 26 (1991); p.213-232.
- CROFT, B.A. Arthropod biological control agents and pesticides. New York: John Wiley, 1990. 235p.
- DeBACH, P. Biological control of insect pests and weeds. New York: Reinhold, 1964. 844p.
- DeBACH, P. and ROSEN, D. Biological control by natural enemies. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 440p.
- EDLAND, T. Integrated pest management in fruit orchards. *En: HOKKANEN, H.M.T. and LYNCH, J.M. Biological control: benefits and risks.* Cambridge University, 1995. p.97-105.
- EHLER, L.E. and MILLER, J.C. Biological control in temporary agroecosystems. *En: Entomophaga.* Vol. 23 (1978); p.213-232.
- FLINT, M.L. and ROBERTS, P.A. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *En: American Journal of Alternative Agriculture.* Vol. 3 (1989); p.164-167.
- FRY, G. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. *En: GLEN, D.M. et al. Ecology and integrated farming systems.* Bristol, U.K.: John Wiley, 1995.
- HAGEN, K.S.; BOMBOSCH, S. and McMURTRY, J.A. The biology and impact of predators. *En: HUFFAKERER, C.B. and MESSENGER, P.S. Theory and practice of biological control.* New York: Academic, 1976. p.93-142.
- HALL, R.W. and EHLER, L.E. Rate of establishment of natural enemies in classical biological control. *En: Bulletin of the Entomological Society of America.* Vol. 25 (1976); p.280-282.
- HOY, M.A. and HERZOG, D.C. Biological control in agricultural IPM systems. Orlando: Academic, 1985. 589p.

- HUFFAKER, C.B. and MESSENGER, P.S. Theory and practice of biological control. New York: Academic, 1976. 788p.
- LUCK, F.R. Parasitic insects introduced as biological control agents for arthropod pests. *En: PIMENTEL, D. Handbook of pest management in agriculture.* Boca Ratón, Florida: CRC, 1981. v.2. 105p.
- NORDLUND, D.A.; JONES, R.L. and LEWIS, W.J. Semiochemicals: their role in pest control. New York: John Wiley, 1981. 306p.
- PAPAVIZAS, G.C. Biological control in crop production: beltsville symposia in agricultural research. London: Allanheld, 1981. 461p.
- PRICE, P.W. Semiochemicals in evolutionary time. *En: NORDLUND, D.A.; JONES, R.L. and LEWIS, W.J. Semiochemicals: their role in pest control.* New York: John Wiley, 1981. p.251-279.
- RIECHERT, S.E. and LOCKLEY, T. Spiders as biological control agents. *En: Annual Review of Entomology.* Vol. 29 (1984); p.294-320.
- ROSEN, D.; BENNETT, F.D. and CAPINERA, J.L. Pest management in the tropics: biological control, a Florida perspective. Andover: Intercept, 1994. 737p.
- ROSSET, P. and BENJAMIN, M. Two steps backward, one step forward: Cuba's nation wide experiment with organic agriculture. San Francisco: Global Exchange, 1993. 56p.
- VAN Den BOSCH, R. and MESSENGER, P.S. Biological control. New York: Intext Educational, 1973. 180p.
- _____; _____ and GUTIERREZ, A.P. An introduction to biological control. New York: Plenum Press, 1982. 247p.
- VAN DERMEER, J. The ecological basis of alternative agriculture. *En: Annual Review of Ecology System.* Vol. 26 (1995); p.201-224.
- VAN DRIESCHE, R.G. and BELLOWS, T.S. Biological control. New York: Chapman and Hall, 1996. 180p.
- WAAGE, J. and GREATHEAD, D. Insect parasitoids. London: Academic, 1986. 389p.
- WHITCOMB, W.H. The use of predators in insect control. *En: PIMENTEL, C.R.S.: ed. Handbook of pest management in agriculture.* Vol. II. Boca Ratón, Florida: CRC Press, v.2. 1981.
- _____; _____ and BELL, K.O. Predaceous insects, spiders and mites in Arkansas cotton fields. *En: Arkansas Agricultural Experiment Station Bulletin.* Vol. 690 (1964); p.1-84.