

García-Hernández, J.L.; Valdez Cepeda, R.D.; Servín-Villegas, R.; Murillo-Amador, B.; Rueda-Puente, E.O.; Salazar-Sosa, E.; Vázquez-Vázquez, C.; Troyo-Diéguex, E.
Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas
Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, 2009, pp. 15-28
Universidad Autónoma de Yucatán
Mérida, Yucatán, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243002>

REVISION [REVIEW]

*Tropical and
Subtropical
Agroecosystems*

MANEJO DE PLAGAS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS
ORGÁNICAS

[PEST MANAGEMENT IN ORGANIC VEGETABLE PRODUCTION]

J.L. García-Hernández^{1*}, R.D. Valdez Cepeda², R. Servín-Villegas¹,
B. Murillo-Amador¹, E.O. Rueda-Puente³, E. Salazar-Sosa⁴,
C. Vázquez-Vázquez⁴ and E. Troyo-Diézquez¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo Santa Rita, CP 23090, La Paz, B.C.S., México. *Autor para correspondencia Email: jlgarcia04@cibnor.mx. Tel: 01 612 12 3 84 84.

²Centro Regional Universitario Centro Norte, Universidad Autónoma Chapingo. Guest Researcher Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas, México. E-mail: vacrida@hotmail.com

³Universidad de Sonora-Campus Santa Ana, Carretera internacional y 16 de septiembre s/n, Santa Ana, Sonora, México.

⁴Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

*Corresponding author

RESUMEN

Los alimentos orgánicos son producidos mediante prácticas que promueven la fertilidad del suelo y la diversidad biológica, y excluyen todos aquellos productos químicos que se usan en la agricultura convencional. En regiones aisladas este tipo de producción no presenta serios inconvenientes, ya que el mismo sistema protege los cultivos de altos niveles de plagas y enfermedades. La demanda de alimentos orgánicos se ha incrementado desde hace dos décadas, por lo que producir en baja escala y en forma aislada no puede satisfacer los requerimientos del mercado. Esta demanda se ha convertido en una oportunidad de desarrollo importante en varios países. En superficies mayores tienden a aumentar las poblaciones de plagas y enfermedades, por lo que es necesario implementar actividades que ayuden al sistema a reducir dichas poblaciones. Este tipo de agricultura permite el control biológico, cultural, mecánico y físico, aunque su utilización la limitan los estándares y reglamentos señalados por las agencias certificadoras. Los productores deben determinar el manejo óptimo de plagas mediante estrategias que estén consideradas dentro del ambiente regulatorio del movimiento orgánico. Se presentan algunas alternativas adecuadas para implementar un programa de manejo, con un enfoque que considera la regulación actual para lograr y no poner en riesgo de pérdida, la certificación como productor orgánico.

Palabras clave: agricultura orgánica, manejo de plagas, ambiente regulatorio, certificación.

SUMMARY

Organic food is produced using practices that promote soil fertility and biological diversity, and exclude chemical products being used in conventional agriculture. In isolated regions this production system does not show serious inconveniences, because the system by itself protects these crops from high levels of pests and diseases. Organic food demand has increased in the last two decades, and isolated-small productions cannot satisfy market requirements. This demand has become an important opportunity for farmer's development in several countries. In larger areas pest and disease populations are higher, and activities to help the system to reduce such harmful populations are needed. Organic agriculture, allows the use of biological, cultural, mechanical, and physical methods, with the restrictions and limitations that are imposed by the standards and regulations of certification agencies. Growers must follow an optimum pest management program, based on recommended strategies that are adequate to regulatory agencies of organic agriculture. Several outstanding alternatives to implement management programs, focusing on the current organic regulation are presented, especially those that prevent the risk of losing the certification as organic producer.

Key words: organic agriculture, pest management, regulatory environment, certification.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las estadísticas del 2005 de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM, siglas por su nombre en inglés), y después de un desarrollo acelerado, la agricultura orgánica es practicada en aproximadamente 110 países en el mundo. Tanto la superficie como el número de agricultores continúan creciendo; actualmente más de 26 millones de hectáreas son manejadas orgánicamente por al menos 558,449 agricultores en todo el mundo (Yussefi, 2005). La demanda de productos orgánicos, sobre todo de hortalizas frescas y procesadas se incrementa continuamente, lo que permite a los productores orgánicos un mayor potencial de desarrollo económico, al mismo tiempo que protege sus recursos naturales (Zamorano-Ulloa, 2005).

Por su naturaleza, este tipo de agricultura promueve la sostenibilidad integral de los recursos genéticos, agronómicos y ecológicos (Lamas Nolasco *et al.*, 2003; Álvarez-Rivero *et al.*, 2005). Sin embargo, a pesar de que bajo manejo orgánico adecuado los problemas fitosanitarios y agronómicos en general se minimizan, en ocasiones aparecen inconvenientes difíciles de manejar en el corto plazo que ponen en riesgo la producción en calidad o cantidad de las cosechas (García-Hernández *et al.*, 2004a). Uno de los principales retos de la producción orgánica es el manejo adecuado de plagas y enfermedades (Willer y Zanoli, 2000).

Desde el inicio de la producción de hortalizas en el mundo, el hombre ha tenido que competir con otros organismos, resaltando sobremanera los insectos (Davidson y Lyon, 1992; Anaya y Romero, 1999). Muchas plagas han elevado su nivel de incidencia y daño por prácticas culturales que incrementan su capacidad de reproducción y distribución, como el monocultivo y la reducción de variabilidad genética (García-Hernández *et al.*, 2003a). Este problema es exacerbado por el excesivo uso de insecticidas que generan la aparición de plagas resistentes difíciles de controlar (García-Hernández *et al.*, 2000; 2001; 2005). La producción orgánica en ocasiones colinda con áreas de producción convencional, por lo que debe enfrentar dichos inconvenientes. El problema se agrava debido a que la regulación de gobiernos y agencias certificadoras limita las alternativas de control de plagas. Por tal razón, los investigadores, técnicos y productores que trabajan en agricultura orgánica buscan afanosamente soluciones a estos problemas (Willer y Zanoli, 2000). El control biológico (CB) aparece ahora como una de las principales alternativas de solución; sin embargo, este tipo de control no es sencillo, requiere entender las relaciones entre organismos y encontrar los enemigos naturales adecuados para manejar correctamente una plaga

(Rechcigl y Rechcigl, 2000). El objetivo de este trabajo es revisar y analizar algunos conceptos generales que ayuden a entender la agricultura orgánica y cuáles son las principales alternativas de solución de problemas de plagas en la producción de hortalizas y cultivos en general, considerando las limitaciones impuestas por la regulación orgánica.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

De acuerdo con el Manual Internacional de Inspección Orgánica (Riddle y Ford, 2000), la agricultura orgánica incluye todos aquellos sistemas agrícolas que promueven la producción de alimentos y fibras que sean ambiental, social y económicamente sustentables. La agricultura orgánica, también llamada biológica se define mejor como aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mejoran la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a la finca, toma en cuenta las condiciones regionales que requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales, lo que se logra al utilizar en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex Alimentarius, 1999; Gómez, 2000).

Para muchos, la agricultura orgánica nace con nuestros ancestros indígenas mayas, que tuvieron la capacidad de alimentar más de treinta millones de habitantes en áreas reducidas, utilizando únicamente insumos naturales locales (FIDA-RUTA-CATIE-FAO, 2003).

La nueva escuela de agricultura orgánica tomó fuerza en Europa y Estados Unidos alrededor de 1970, nació como respuesta a la revolución verde y la agricultura convencional (García, 1998; Amador, 2001). La agricultura orgánica es en definitiva un concepto diferente de la actual agricultura industrial o convencional (Toyes-Aviles, 1992; 2003; Beltrán-Morales *et al.*, 2005; García-Hernández, 2005). No es una nueva técnica agrícola ni es algo restrictivo o retrógrado; por el contrario, debe ser creativa, científica y vanguardista para lograr producir sin los insumos convencionales (Toyes-Aviles, 2003) y se reconoce ampliamente su potencial en la solución de problemas ambientales, sanitarios y sociales, producidos por el desequilibrio de los monocultivos convencionales (Riddle y Ford, 2000; Gómez, 2000; Beltrán-Morales *et al.*, 2005). No se permite el uso de agroquímicos, ahorra dinero al productor y evita la contaminación por estos insumos (Toyes-Aviles, 1992; 2003). Además, al evitar sistemáticamente el uso de variedades transgénicas (Riddle y Ford, 2000; NOP, 2002; OCIA, 2005) se considera que puede ayudar a conservar y ampliar la variabilidad de las plantas cultivadas (Marco-Brown y Reyes-Gil, 2003). Un

beneficio adicional para los agricultores es el “premium” o diferencia de precio con respecto al precio de venta de los productos convencionales que se paga actualmente por los productos orgánicos en el mundo (Lamas Nolasco et al., 2003; Willer y Yussefi, 2004).

El ambiente regulatorio y la toma de decisiones en manejo de plagas

El problema de plagas en agricultura orgánica puede convertirse en la principal limitante de la producción, además se enfrenta a serias limitaciones que se tienen para su manejo. La certificación y las normas orgánicas fueron desarrolladas a partir de iniciativas de organizaciones privadas, no gubernamentales y basadas en la participación voluntaria (Riddle y Ford, 2000). Los gobiernos han establecido definiciones legales de “orgánico” e implementado mecanismos de cumplimiento obligatorio. Como un ejemplo de ello, en México se publicó la Ley de Productos Orgánicos en febrero de 2006 (DOF, 2006), y actualmente se desarrollan foros de consulta nacionales para elaborar el Reglamento correspondiente. En la mayoría de los países, especialmente los industrializados, la certificación se ha vuelto obligatoria para los operadores que etiqueten sus productos como “orgánicos”. Los acuerdos internacionales y los requerimientos de acreditación tienen impacto ahora en los inspectores y en las agencias de certificación (NOP, 2002; OCIA, 2005).

A pesar de que desde su fundación en 1972, la IFOAM ha trabajado para armonizar las normas y sistemas de certificación, aún existen algunas diferencias en las normas y métodos de operación de varias agencias y programas de certificación, incluso en los principales países consumidores como EUA, Japón y Unión Europea (Lamas Nolasco et al., 2003). Algunos gobiernos establecen normas mínimas, lo que permite que cada agencia establezca sus propias normas, aunque prácticamente todas se sujetan a normas generales establecidas en el propio Codex Alimentarius, los Reglamentos CEE No. 2092/91 y No. 2078/92 (CEE, 2000; Díaz, 2000) de Europa, las Normas Orgánicas Americanas, el Acta para la Producción de Alimentos Orgánicos de EUA y la Guía ISO 65, establecida por la Organización Internacional para la Normalización y la Comisión Internacional Electrotécnica (Riddle y Ford, 2000).

Todas estas normas generales y las específicas de cada agencia y programa afectan la toma de decisiones en el manejo de plagas, ya que cada una contempla una lista de productos aprobados, restringidos y prohibidos para el manejo fitosanitario. En todos los casos, contemplan sólo unos cuantos productos para el control de plagas, por lo que las alternativas son reducidas. De acuerdo a

la filosofía de la agricultura orgánica, la estrategia de manejo más eficiente proviene de la capacidad de autodefensa del sistema en sí; a diferencia de una planta tolerante a una plaga, que independientemente del entorno puede evitar el daño, en este caso, es el sistema como un todo el que debe tolerar la presencia de los organismos nocivos, con base en la sanidad del sistema suelo-planta y al equilibrio entre las mismas especies de plantas y animales que conviven en el sistema. Por ello, la producción orgánica promueve una eficiente nutrición del cultivo a través de fuentes naturales como estiércol y compost (Nieto-Garibay et al., 2001; 2002), y la rotación de multi-cultivos en su sistema como estrategias básicas de protección vegetal (Guzmán et al., 2000; Loya-Ramírez et al., 2003; García-Hernández et al., 2003a).

Control de plagas en agricultura orgánica

La prevención y convivencia, son claves en agricultura orgánica. Los productores orgánicos con experiencia actúan antes de que los problemas alcancen niveles de daño considerable (Fouche et al., 2000). La costumbre de prevenir los problemas antes de que se presenten es quizá el aspecto más difícil de asimilar cuando se quiere convertir a producción orgánica, especialmente en los países subdesarrollados, en los que la mayoría de los agricultores están acostumbrados a combatir los problemas cuando ya no tienen remedio. Por esa razón la normatividad orgánica implementa en todos los casos, mecanismos que obligan a los productores a prevenir los problemas de plagas (Riddle y Ford, 2000). Entre otros requerimientos de prevención, las normas de certificación obligan a los productores a planear todo el proceso de producción (incluyendo el manejo de plagas) con suficiente anticipación para llevar a buen término el proceso completo y llegar a su término exitoso. El Plan de Finca es uno de los documentos que los productores certificados deben preparar con antelación a la certificación, otro más es la Estrategia de Manejo de Plagas (NOP, 2002; OCIA, 2005).

Estos documentos deben establecer cuáles son las plagas potenciales y cuáles serán las medidas para evitar que tales eventos se presenten, así como detallar cuáles otras medidas de control se realizarán en caso que se presenten a pesar de las prácticas preventivas. Por ello, es indispensable que se realicen estudios históricos locales con la finalidad de predecir eficientemente los problemas esperados y estar preparado para realizar prácticas de manejo adecuadas. Muchas de las prácticas preventivas se refieren a estrategias agronómicas como fechas de siembra, tipo de cultivo, variedades resistentes y nutrición adecuada, además del manejo con sustancias naturales o sintéticas permitidas, que para poder ser usadas deben encontrarse en las listas de productos permitidos de

cada programa y agencia certificadora (Tourte *et al.*, 2000).

Cada programa de certificación (gubernamental o privado) contempla una lista de productos prohibidos, permitidos y restringidos para el manejo orgánico. Como ejemplo, el programa de Estados Unidos de América permite los productos de la Lista General de Materiales del Instituto Revisor de Materiales Orgánicos (OMRI) y de la Lista Nacional de Producción o de Manejo Orgánico del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (NOP, 2002). Esta información generalmente está disponible en los sitios web de OMRI y USDA. El agricultor y el técnico que trabaja en producción orgánica debe estar perfectamente conciente que la utilización de un producto natural o sintético no permitido es un incumplimiento mayor que pone en alto riesgo la certificación de un producto (NOP, 2002; OCIA, 2005). Los agrónomos y agricultores deben actualizarse constantemente en el manejo de estas listas debido a que son dinámicas; inclusive la Lista Nacional (USDA) puede sufrir enmiendas si un productor realiza una propuesta a la Junta Nacional de Estándares Orgánicos para que valide y demuestre que un producto deba ser incluido o suprimido de la Lista Nacional (NOP, 2002).

Como ya se mencionó, el manejo de plagas es otro de los aspectos en los que la agricultura orgánica difiere más de la convencional. En la convencional se busca –aunque pocas veces se logra– eliminar las plagas de un predio, mientras que en la orgánica se reconoce el hecho fundamental de que el sistema requiere de la presencia de todos los individuos para preservar la salud del mismo; es decir, se prefiere que existan algunas plagas, siempre y cuando no sobrepasen un nivel de daño aceptable, y para ello se realizan toda clase de prácticas necesarias para el desarrollo de la fauna beneficiosa que mantenga las plagas en niveles de daño aceptable (Letourneau y Goldstein, 2001). En otras palabras, si un inspector orgánico acude a una finca y no encuentra plagas, él puede pensar que se están utilizando productos prohibidos, lo mismo en el caso de la maleza. Obviamente ninguna práctica limpia puede eliminar por completo una plaga, y ello repercute muchas veces en el rendimiento de una cosecha de calidad adecuada; sin embargo, en la mayoría de los casos el precio del producto y la disminución de gastos de inversión compensan con creces las pérdidas por daño de plagas (García, 1998; INFOAGRO, 2002; Marco-Brown y Reyes-Gil, 2003).

La correcta identificación de plagas y organismos benéficos en el predio orgánico es de importancia crítica (Fouche *et al.*, 2000), más la de sus estados inmaduros como huevecillos, ninfas y larvas, lo cual previene eficientemente daños económicamente importantes (García-Hernández *et al.*, 2002). También

es importante identificar a los adultos, sobre todo los primeros que se presentan en una temporada para tratar de evitar que se reproduzcan. Retomando ideas de Seoánez (1998) y Marco-Brown y Reyes-Gil (2003), las tecnologías limpias más apropiadas para manejar las plagas en agricultura orgánica son: a) control biológico, b) asociación y rotación de cultivos, c) control etológico, d) formulaciones microbiológicas, y e) extractos y preparados orgánicos. A continuación se presentan algunas prácticas preventivas y de solución que investigadores y agricultores han desarrollado en sus campos orgánicos.

Control biológico

En años recientes, se han incrementado los casos exitosos de CB clásico; se ha iniciado la búsqueda de enemigos naturales en diferentes partes del planeta. De 1890 a 1960, aproximadamente 2300 especies de parasitoides y depredadores han sido introducidos en aproximadamente 600 diferentes situaciones alrededor del mundo para controlar artrópodos plagas (Hall y Ehler, 1979). El nivel de éxito en dichos caso ha sido establecido en forma general de la siguiente forma: 16% con supresión completa de la plaga, y un menor nivel de supresión en 42% de las situaciones (Hall y Ehler, 1979). Dentro de los enemigos naturales más conocidos en México están las catarinitas (especialmente *Hippodamia convergens*) para control de plagas en invernadero (Cranshaw *et al.* 1996), la crisopa (*Chrysoperla* spp.) para el control de áfidos y mosquitas blancas (García-Hernández *et al.*, 2002), las avispas *Trichogramma* y una gran cantidad de avispas bracónidas, diferentes especies de chinches piratas (*Orious* spp.), *Nabis* spp., entre otras (Loya *et al.*, 2003; García-Hernández *et al.*, 2003b).

Actualmente no existe un consenso claro si es mejor utilizar liberaciones de enemigos naturales múltiples o individuales en CB clásico (Myers *et al.*, 1989). DeBach (1987) argumenta que es muy común que exista solo un mejor enemigo natural para cada plaga en un hábitat dado, el cual por sí solo puede suprimir eficientemente dicha especie. Sin embargo, una serie de experiencias señalan que la mezcla de diversos enemigos naturales puede dar mayor supresión de una plaga debido al rango de plagas, estados de desarrollo, localidades y temporadas en que pueden actuar (Murdoch *et al.*, 1984; Tagaki y Hirose, 1994). De acuerdo con DeBach (1987), otras recomendaciones en CB son las siguientes: se debe identificar correctamente la plaga que afecta al cultivo (posición taxonómica, ciclo de vida, capacidad de reproducción, hospederos alternativos, etc.), se debe realizar una búsqueda bibliográfica intensiva y exhaustiva acerca de los enemigos naturales reportados y de los potenciales de acuerdo a la posición taxonómica de la plaga; en caso que el enemigo natural potencial se encuentre presente en la localidad se debe estimar su

población. En caso de existir disponibilidad comercial se deben establecer las necesidades por densidad y tamaño del predio. Para la identificación de la plaga y los potenciales enemigos naturales puede realizarse un pequeño muestreo de estas especies y mandarlo a un laboratorio entomológico, si no se tiene perfectamente identificado por métodos directos. Si la población de plaga es demasiado alta, los enemigos naturales no actúan con tanta rapidez que si fuese una población baja. Una vez producida una plaga en la cosecha, se introduce el enemigo natural para que impida el desarrollo de la población del parásito y no produzca elevados daños.

En México no existe suficiente infraestructura para obtener enemigos naturales de todas las plagas importantes en agricultura orgánica, en general únicamente se cuenta con crisopa (aproximadamente 28.9 millones de dosis anuales de *Chrysoperla carnea* producida en 6 insectarios) y *Trichogramma* (aproximadamente 20,484 mil millones de insectos anuales en 43 insectarios) (Lamas Nolasco et al., 2003), en EUA se pueden obtener más de 130 especies de enemigos naturales (53 artrópodos depredadores y 46 parasitoides) ofrecidos por más de 140 proveedores (Hunter, 1997). Esta industria ha crecido en extremo en dicho país en los últimos 30 años, ya que en 1977 apenas se reportaban 50 proveedores (Ridgway y Vinson, 1977).

La comparación de la oferta de enemigos naturales entre EUA y México indica que en el segundo es necesario impulsar el estudio y desarrollo de este mercado. Además, se deben estudiar no solo la relación entre una plaga y su enemigo natural, sino todos los ciclos y cadenas en que participan en el suelo, sobre la planta, y a nivel espacio-temporal (Stiling, 1993), siendo uno de los aspectos más importantes la depredación inter-gremial, que puede tener repercusiones negativas con respecto al resultado esperado en un cultivo dado (Rosenheim, 1998). En este sentido, García-Hernández et al. (2003a) y Rosenheim (2005) han reportado el caso recurrente de depredación de *Orius tristis* por *Geocoris* spp en algodonero.

Los casos de control biológico exitoso en México no siempre se reportan; sin embargo, se sabe que las crisopas y las avispas *Trichogramma* generalmente presentan un buen nivel de control en agricultura orgánica y aún en la convencional, en control de áfidos y lepidópteros, respectivamente (García-Hernández et al. 2002). En la búsqueda de enemigos naturales deben considerarse todas las variantes del control biológico: aumentación, conservación, preservación y uso de enemigos naturales nativos (Orr y Baker, 1997ab). Diversos autores reconocen que la dinámica de población es un componente crítico en el desarrollo de

enemigos naturales exitosos (Valenti et al., 1999; Fagan et al., 2002), por ello los estudios que se desarrollen en el futuro inmediato, deben incorporar herramientas de análisis avanzadas como la teoría matemática de dinámicas de invasión, explicada por Fagan et al. (2002) para entender y predecir las dinámicas espacio-temporales que ocurren cuando un agente de CB es liberado para el control de una plaga. Esta clase de estudios han contribuido a la predicción de resultados en casos particulares de invasiones de plagas como la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y el pulgón de la alfalfa (*Theroaphis maculata*) (Ehler, 1998) y de la distribución de parasitoides enemigos naturales de lepidópteros (Hastings, 2000).

Asociación y rotación de cultivos

La asociación de cultivos promueve la diversidad de enemigos naturales. El establecimiento de diferentes cultivos asociados en un predio es una práctica que antes de la agricultura extensiva moderna se realizaba en forma normal por nuestros antepasados americanos (Loya-Ramírez et al., 2003; García-Hernández et al., 2003a). En agricultura orgánica la asociación y rotación de cultivos cumple múltiples funciones al controlar maleza, plagas y enfermedades (Kristensen, 1999), independientemente del papel que esta práctica cumple en el balance de nutrientes (Asdal y Bakken, 1999), especialmente en la fijación y aprovechamiento de nitrógeno (Jones y Harris, 1999; Loges et al., 1999). De acuerdo con Davidson y Lyon (1992), los sistemas de monocultivo tienden a incrementar una plaga del cultivo, mientras que recientemente se ha propuesto y soportado con evidencias, que los agroecosistemas en asociaciones proporcionan un control de plagas en forma natural (Ekesi et al. 1999; Khan et al., 2000; Sekamatte et al. 2002), debido en parte a que los enemigos naturales suelen requerir hospedantes alternos para reproducirse (Davidson y Lyon, 1992).

Numerosos reportes evidencian la utilidad de los cultivos intercalados con el cultivo de importancia comercial para disminuir la incidencia de diversas plagas en este último (Altieri y Letourneau, 1982; Risch et al., 1983; Baliddawa, 1985; Trenbath, 1993). Los agroecosistemas complejos pueden incrementar la incidencia de agentes de control biológico (Huffaker y Messenger, 1994a); dentro de cada ecosistema, una especie en particular encuentra una posición de equilibrio dinámico determinada a diferentes niveles de densidad de población, y el equilibrio de una población particular puede ser manejada modificando la diversidad de tal ecosistema (Doutt y DeBach, 1964; Huffaker y Messenger, 1994b).

Wilby y Thomas (2002) sostienen que el control de plagas es un beneficio natural provisto por la

biodiversidad. Dentro de los tipos de asociaciones se encuentran: a) el establecimiento de dos cultivos asociados, b) maleza en asociación con un cultivo, c) cultivo para cría, acolchado viviente o cubierta vegetal se nombra cuando se siembra en asociación a una planta sin fines económicos, y d) poli-cultivos, más de dos genotipos, independientemente de la especie, coexisten en tiempo y espacio (Andow, 1991; Vet y Dicke, 1992). Andow (1991) encontró que los enemigos naturales generalistas son más abundantes en policultivos por tres razones: a) mayor variedad de alimento disponible, b) mayor número de hembras reproductoras, mientras que en monocultivos predominan los machos y la diversidad es menor y c) mayor diversidad microclimática que favorece la llegada de insectos más variados. En el Congreso Internacional de Rotación de Cultivos en Agricultura Orgánica, realizado en Dinamarca en 1999 se reconoció que se tiene muy poco conocimiento en relación a las asociaciones de cultivos en agricultura orgánica y que aún es necesario estudiar muchos aspectos para obtener todos los beneficios posibles de esta actividad (Rasmussen *et al.*, 1999).

En casos concretos, Pfiffner *et al.* (2003) encontraron que la presencia de flores silvestres en asociación con el cultivo de col propició un mayor parasitismo de diversas avispas sobre lepidópteros. En un estudio de dos años, Rasmussen *et al.* (1999) encontraron un menor desarrollo de biomasa de maleza en una combinación de cultivos de avena y chícharo en comparación con avena sin combinación. El mismo estudio señala que una mezcla de variedades otorga un alto nivel de resistencia a enfermedades debido a los diferentes niveles de resistencia de las variedades y debido a los diferentes genes responsables de la resistencia (Askegaard *et al.*, 1999).

Control etológico

Las aplicaciones del control etológico incluyen la utilización de atrayentes en trampas y cebos, repelentes, inhibidores de alimentación y sustancias diversas que tienen efectos similares conocidos como semioquímicos (Karg y Suckling, 1997). Estos compuestos son "sustancias que son secretadas hacia el exterior por un individuo y recibidas o detectadas por un segundo individuo de la misma especie, en el cual se genera una reacción específica, por ejemplo, un comportamiento definido o un proceso de desarrollo" (Karlson y Lüscher, 1959). Asimismo, en el mismo concepto se incluyen relaciones de comunicación química entre individuos de diferente especie, entre un organismo y un vegetal, o entre algún individuo y un factor físico (color, sonido) u objeto. La aplicación más común de semioquímicos está involucrada en el monitoreo de la presencia, distribución, densidad y/o dispersión de una plaga (Howse *et al.*, 1998); sin embargo, cada vez es más utilizada para el control

(Karg y Suckling, 1997), especialmente en agricultura orgánica. Además de las feromonas, existen otros semioquímicos (alomonas, sinomonas y kairomonas) que cumplen funciones diferentes como por ejemplo atracción floral para polinización (Millar y Cowles, 1990). La experiencia más exitosa en el control en predios orgánicos ha sido con feromonas sexuales e interruptoras del apareamiento (Inscote *et al.*, 1998). Aunque se han identificado miles de feromonas sexuales y cientos de otras feromonas (Arn *et al.*, 1992; 1998), este tipo de productos se han estudiado relativamente poco en México. Uno de los ejemplos conocidos es el amplio uso de feromonas de interrupción del apareamiento ($[E][Z]$ -4-tridecen-1-yl acetato) para control de gusano alfíiler (*Keyferia lycopersicella*) en predios orgánicos y convencionales de tomate del norte de México (Lamas Nolasco *et al.*, 2003).

Dado que las feromonas y atrayentes son componentes aceptados en programas de manejo integrado de plagas y orgánicos (NOP, 2002; OCIA, 2005) es importante realizar mayor investigación en esta materia.

James *et al.* (2000), señalan que en un programa de manejo con feromona para plagas de hortalizas es deseable incluir una combinación de tratamientos contra un complejo de plagas del mismo género, tal como lo observaron en un programa contra tres insectos del género *Carpophilus*. Aldrich y Cantelo (1999) reportaron resultados positivos en el control de la catarinita de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*) mediante el uso de un depredador (chinche soldado *Podisus maculiventris*), del que se incrementó su volumen por medio de la utilización de infestaciones de feromona. El incremento en el número de depredadores para ser liberados se observó con éxito durante tres años. Esta metodología debe ser aprovechada en las regiones de México donde la catarinita de la papa es una plaga importante; recientemente, Kuhar *et al.* (2006) realizaron nuevas pruebas con esa misma especie y encontraron que la feromona de agregación [(S)-CPB I] ha sido la más destacada en la atracción de esta plaga, lo cual se reflejó en un nivel de control cinco veces mayor que en las parcelas sin tratamiento.

Un tipo de feromonas tiene la función de interrumpir la comunicación de los individuos de una especie. Se ha reportado la utilización de dos cepas de feromona experimentales para la interrupción del apareamiento del falso minador (*Trichoplusia ni*) en cultivo de col (Evenden y Haynes, 2001), plaga secundaria que en ocasiones incrementa sus niveles de incidencia. Por su parte, Bosa *et al.* (2005), al evaluar la composición química de la feromona sexual de la palomilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), concluyeron que el compuesto es una mezcla de (E)-3-dodecenil acetato, (Z)-3-dodecenil acetato y dodecenil

acetato; al evaluar diversas mezclas de tales elementos encontraron diferencias significativas entre las diversas concentraciones, la mezcla que logró atraer el mayor porcentaje de hembras fue 100:1:20, respectivamente. Este tipo de análisis es igual de importante para mejorar la eficiencia de los programas de control de plagas en hortalizas orgánicas.

Uno de los inconvenientes en el manejo de plagas con el auxilio de atrayentes es la disponibilidad de mano de obra para la aplicación, debido a que el cambio de dispositivos de liberación de feromona en muchas ocasiones debe ser continuo y laborioso (Kuhar et al., 2006). Por tal razón se continúan evaluando diversos tipos de trampas y dispositivos para encontrar los mejores diseños. Por ejemplo, Smit et al. (1997) reportaron diversos diseños y combinaciones de trampas con feromona para controlar dos plagas (*Cylas puncticollis* y *C. brunneus*) del camote en Uganda. De un conjunto de diseños a base de trampas pegajosas en forma de cono y acuosas, el diseño de bidón de plástico fue el más efectivo. Trimble et al. (2003) encontraron en la palomilla de la vid (*Endopiza viteana*) que la feromona comercial 3M® (20% 9-dodecenil acetato [Z9-12:Ac] y 80% de ingredientes inertes) de interrupción del apareamiento en presentación de “spray” o atomización logró ser igual de eficiente que la feromona Isomate® GBM convencional.

Otra línea de investigación es la densidad apropiada de trampas. En este sentido, Tinzaara et al. (2005) evaluaron tres niveles de trapeo (0 [control], 4 [baja densidad] y 8 [alta densidad] liberadores de feromona por trampa) para el picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*), sin encontrar diferencias significativas en el daño a las plantas entre los tratamientos de 4 y 8 dispositivos por trampa. Asimismo, debido a que el manejo por interrupción del apareamiento de la palomilla gitana (*Lymantria dispar*) se ha intentado por más de 30 años (Stevens y Beroza, 1972), Tcheslavskaja et al. (2004) reportaron un experimento de dos años evaluando seis dosis de aplicación (0.15, 0.75, 3, 15, 37.5 y 75 g de ingrediente activo) de una feromona ((Z)-7,8-epoxi-2-metiloctadecano) colocada en hojuelas de plástico de 3.0 X 1.0 X 0.5 mm, encontrando una fuerte y positiva relación dosis-respuesta entre la dosis de feromona y la interrupción del apareamiento.

Formulaciones microbiológicas

En las listas de productos permitidos de los programas de certificación aparecen las formulaciones a base de microorganismos que pueden ser utilizadas en producción orgánica (OCIA, 2005). En hortalizas, los productos de mayor uso son insecticidas a base de distintas cepas de bacterias, virus, hongos y

nematodos, aunque no son los únicos (Rechcigl y Rechcigl, 2000). Sin embargo, no se debe pensar que los productos a base de microorganismos están permitidos por su origen biológico; muchos de ellos están prohibidos hasta que no se compruebe que los microorganismos de los que parten no han sido manipulados genéticamente y no han estado expuestos a ningún tipo de radiación (NOP, 2002; OCIA, 2005).

En el caso de bacterias entomopatógenas, la mayoría pertenecen a las familias *Bacillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Streptococcaceae* y *Micrococaceae* (Tanada y Kaya, 1993). A la primera de éstas pertenece *Bacillus thuringiensis*, la bacteria entomopatógena más estudiada y utilizada en todo el mundo (Lamas Nolasco et al., 2003). De las cepas *kurstaki* y *aizawai* de *B. thuringiensis* se han formulado aproximadamente 50 productos comerciales para control de lepidópteros, mientras que de la cepa *israelensis* se han desarrollado más de 15 formulaciones comerciales para control de dípteros (Rechcigl y Rechcigl, 2000). Otras cepas de *B. thuringiensis* y de otras bacterias como *B. sphaericus* y *Serratia entomophila* también se han formulado para controlar diferentes plagas (Copping, 1998).

Con respecto a virus, se han aislado miles de ellos de al menos 13 órdenes de insectos (Tanada y Kaya, 1993) y actualmente se cuenta con al menos 23 productos comerciales (por ejemplo: Granupom® de Agrevo, VPN-80® de Agrícola El Sol y Elcar® de Novartis) formulados a base de virus que controlan larvas de lepidópteros principalmente (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

En relación a los hongos, el número de productos comerciales es similar al de productos a base de bacterias. Los hongos entomopatógenos más importantes están clasificados taxonómicamente en cuatro subdivisiones de la División Eumycota: Mastigomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina y Deuteromycotina.

Asimismo los órdenes más importantes son: Entomophthorales (Zygomycotina: Zygomycetes) y Moniliales (Deuteromycotina: Hyphomycetes syn. Deuteromycetes) (Tanada y Kaya, 1993).

Existen varias decenas de productos comerciales para control de una variedad de plagas. Las principales especies en el mercado son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* spp. y *Verticillium lecanii* (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

De acuerdo con Gaugler y Kaya (1990), los nematodos ocupan un lugar intermedio entre los depredadores, parasitoides y entomopatógenos. Actualmente se

encuentran más de 35 productos comerciales en el mercado, con varias de especies de los géneros *Heterohabditis* y *Steinernema* principalmente para control de plagas del suelo (Rechcigl y Rechcigl, 2000).

Extractos y preparados orgánicos

No cualquier sustancia de origen natural puede ser utilizada en la agricultura orgánica. Los únicos productos naturales o sintéticos permitidos son aquellos que así aparecen en las listas de los programas de certificación y en las ya mencionadas listas de OMRI y Lista Nacional. Cuando se presenta algún problema en la finca, lo mejor es buscar una alternativa entre los productos permitidos. Sin embargo, como un sistema joven y en pleno desarrollo, la agricultura orgánica está en evolución, y se debe continuar desarrollando investigación y realizando evaluaciones de nuevas alternativas, las que una vez evaluadas, deben ser propuestas para que se validen oficialmente y según el caso sean admitidas en las listas de productos permitidos (NOP, 2002).

El potencial de uso de extractos botánicos debe ser explorado y explotado en México, país que cuenta con una riqueza biológica incalculable (García-Hernández, 2005). En algunas ocasiones, estos productos presentan el mejor nivel de control contra una plaga que ha desarrollado resistencia a los insecticidas convencionales y no contamina con residuos tóxicos persistentes (Weinzierl y Henn, 1991). En su forma más simple los insecticidas botánicos pueden ser preparaciones crudas de partes de plantas para producir un polvo o talco, que en ocasiones se diluye en agua o algún polvo de arcilla o tierra de diatomeas, entre otros.

Las funciones de los extractos botánicos pueden ser desde la repelencia hasta la interrupción de una fase del ciclo de vida o provocar la muerte de una plaga (Hayes, 1982). Como repelentes existen ya en el mercado un buen número de productos a base de ajo (*Allium sativum*) y chile (*Capsicum annuum* y *C. frutescens*) (Nieto-Garibay *et al.*, 2001). Las preparaciones más conocidas incluyen (en mezclas o individualmente) piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), rotenona (géneros *Derris*, *Lonchocarpus* y otras leguminosas), sabadilla (*Schoenocaulon officinale*), ryania (*Ryania speciosa*), neem (*Azadirachta indica*) y nicotina (varias especies de los géneros *Nicotiana*, *Duboisia*, *Anabasis*, *Asclepias*, *Equisetum* y *Lycopodium*) (Campbell, 1989; Hedin, 1997).

El piretro es el nombre común de las flores de un tipo de crisantemo y sus ingredientes activos son denominados piretrinas. Las piretrinas son las más ampliamente activas de la clase de insecticidas

naturales. El piretro debe su importancia a la notable rápida acción de derribo que tiene sobre insectos voladores, aunado a la muy baja toxicidad para los mamíferos debido a su rápido metabolismo (Casida y Quistad, 1995).

Todas las piretrinas se obtienen de las cabezas florales del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) por medio de la extracción con queroseno o dicloruro de etileno y el extracto se concentra por destilación al vacío. La piretrina es un compuesto ampliamente utilizado en diversas especies de insectos (Lamas Nolasco *et al.*, 2003).

Dentro de las especies botánicas más importantes se encuentra el neem (*Azadirachta indica*), originario de la India, que tiene como uno de sus ingredientes activos a la azadiractina (García-Hernández *et al.*, 2004b). Además de su especificidad (con efectos en el comportamiento, desarrollo y procesos bioquímicos peculiares en los insectos), el neem no es mutagénico, es biodegradable y con actividad sistémica en las plantas, ya que es absorbido por hojas y raíz. Se ha determinado que los materiales del neem pueden afectar más de 200 especies de insectos, así como garapatas, hongos, bacterias y algunos virus (Lamas Nolasco *et al.*, 2003; Borboa *et al.*, 2004). Dentro de las plagas en que se ha probado su acción, se encuentran los escarabajos mexicanos del frijol, de la papa de Colorado, langostas, chapulines, gusanos del tabaco, minador de la hoja, plagas de algodón, café y arroz, pulgones del melón y de la col, barrenador del fruto del café, gusano alfiler del jitomate, minador de la hoja de los cítricos, palomilla dorso diamante, gusano cogollero, falso medidor, entre otros (Lagunes y Rodríguez, 1996).

Por su parte los alcaloides son compuestos alcalinos que contienen nitrógeno y sus sales cuaternarias son consideradas como alcaloides. La clase de alcaloides más importantes para el control de insectos han sido los nicotinoides (Hayes, 1982). Los nicotinoides son más efectivos contra insectos pequeños con cuerpo blando por ejemplo: *Eriosoma americanum*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphoniella sanborni*, *A. rumicis* y *A. forbesii* (Lamas Nolasco *et al.*, 2003).

Otras especies vegetales actualmente en estudio San Luis Potosí, México son: *Trichilia havanensis*, *T. americana*, *Risinus communis*, *Hipocratea* spp., *Tecoma stans*, *Cordia boissieri*, *Erodium cicuratum*, *Dodonaea viscosa*, *Sphaeralcea angustifolia*, entre otras (Villar Morales *et al.*, 2003). De igual forma en otros estados se realiza investigación en muchas otras especies (Tequida *et al.*, 2003).

Prohibiciones mayores

Las restricciones más exigentes en el manejo de plagas en producción orgánica se refieren al uso de

variedades transgénicas o cualquier otro tipo de uso de especies vegetales o animales con cualquier tipo de manipulación genética, así como el uso de cualquier animal, vegetal o cualquier derivado de estos que haya recibido algún tipo de radiación o que haya sido tratado, regado o producido con aguas residuales. La no utilización de ninguno de éstos debe demostrarse mediante la presentación de documentos probatorios (NOP, 2002; OCIA, 2005).

La misión fundamental de la agricultura es la producción de materias primas y alimentos en cantidad y calidad suficiente para atender las necesidades de la población mundial en constante aumento. Sin embargo, cada vez es más necesario que la agricultura encuentre un punto de equilibrio entre la productividad y la sostenibilidad. En el futuro inmediato, la agricultura deberá desarrollar los mecanismos de equilibrio entre los muy diversos factores físicos, químicos, biológicos, sociales y ambientales que convergen en la finca. Se debe fundamentar una cultura adecuada en la sociedad para que los nuevos especialistas en agricultura orgánica desarrollen paquetes tecnológicos de manejo de plagas que sean capaces de controlar la incidencia de las plagas en niveles en que los bienes del hombre no sufran daños, pero que permitan mantener un estado ambientalmente saludable.

Por otro lado, la demanda de hortalizas orgánicas frescas y transformadas en todo el mundo continúa incrementándose. Tan sólo la demanda nacional está insatisfecha en 80%. Los principales consumidores de hortalizas orgánicas son países industrializados, razón que enfoca a los mexicanos hacia estos mercados con mayor rentabilidad. Como ejemplo, el mercado de Alemania tiene un crecimiento anual de 20%, alcanzando ventas de 3.5 miles de millones de dólares, que representa cerca de 3% de su mercado total de alimentos y bebidas, por lo que 40% de sus orgánicos son importados. Con un incremento gradual de la demanda, la oportunidad para México continúa creciendo. Varios países como China y España, compiten ya por estas oportunidades, por lo que México debe evolucionar en forma rápida y crecer en superficie orgánica certificada, no sólo en hortalizas, sino en todas aquellas áreas de oportunidad orgánica

CONCLUSIONES

En la agricultura orgánica, el manejo de plagas puede ser el reto más difícil de resolver. Se requiere aprender a administrar los recursos disponibles en bienestar de la generación presente y de las futuras. Se deben valorar y aprovechar las innumerables especies vegetales con potencial repelente o insecticida. Es importante aprovechar la guerra interna que se desarrolla en la clase Insecta, encontrar y desarrollar

los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos. El ser humano tiene ante sí otra oportunidad de demostrar su capacidad de ingenio y creatividad para sostenerse como parte de los ecosistemas del planeta. Hasta el momento el hombre ha sido capaz de defenderse de sus enemigos naturales para permanecer sobre la faz de la tierra, la utilización de técnicas limpias como la agricultura orgánica son probablemente la mejor alternativa para superar las condiciones actuales.

REFERENCIAS

- Aldrich, J.R., Cantelo, W.W. 1999. Suppression of colorado potato beetle infestation by pheromone-mediated augmentation of the predatory spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Agricultural Forest Entomology*, 1: 209-217.
- Altieri, M.A., Letourneau, D.K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1: 405-430.
- Alvarez-Rivero, J.C., Díaz-González, J.A., López-Naranjo, J.I. 2005. Agricultura orgánica v.s. agricultura moderna como factores en la salud pública. *¿Sustentabilidad?* Horizonte Sanitario, 5: 28-40.
- Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. In: Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Abril, 2001. IICA.
- Anaya Rosales S., Romero Nápoles, J. 1999. *Hortalizas, Plagas y Enfermedades*. Trillas. 544 p.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response, *Annual Review Entomology*, 36: 561-86.
- Arn, H., Tóth, M., Priesner, E. 1998. <http://www.nysaes.cornell.edu/pheronet/>. Revisado 12 dic de 2005.
- Arn, H., Tóth, M., Priesner, E. 1992. List of Sex Pheromones of Lepidoptera and Related Attractants. Organisation Internationale de Lutte Biologique, Section Régionale Ouest Paléarctique. Montfavet. 179 p.
- Asdal, A., Bakken, A.K. 1999. Nutrient balances and yields during conversion to organic farming in two crop rotation systems. pp: 125-132. In: J.E. Olsen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (Eds.) *Designing and testing crop rotations for organic farming*. Proceedings from an International

- workshop. Danish Research Centre for Organic Farming.
- Askegaard, M., Olsen, J.E., Rasmussen, I.A. 1999. Agronomic considerations and dilemmas in the Danish crop rotation experiment. pp. 49-62. In: J.E. Olsen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (Eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming.
- Baliddawa, C.W. 1985. Plant species diversity and pest control, a mini-review. *Insect Science and its Application*, 6: 474-479.
- Beltrán-Morales F.A., García-Hernández, J.L., Valdez-Cepeda, R.D., Murillo-Amador, B., Troyo-Dieguez, E., Larrinaga, J., Ruiz, F.H., Fenech, L., García, F. 2005. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde en la recuperación de un yermosol háplico. *TERRA Latinoamericana* 23: 381-387.
- Borboa-Flores J., Barrales, S.M., Wong-Corral, F.J., Cortez, M.O., Rubio, M., Fu, A. 2004. Polvos y extractos de Neem para el control del gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). *Biotecnia* 6: 13-22
- Bosa, C.F., Cotes, A.M., Fukumoto, T., Bengtsson, M., Witzgall, P. 2005. Pheromone-mediated communication disruption in Guatemalan potato moth, *Tecia solanivora*. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 114: 137-142.
- CEE (Comunidad Económica Europea). 2000. Origen y desarrollo de la agricultura ecológica y de su normalización. Comunidad Europea. <http://europa.eu.int>. (5 de septiembre de 2005).
- Campbell, W.C. (Ed.) 1989. Ivermectin and Abamectin. Springer-Verlag. New York. 363 pp.
- Casida, J.E., Quistad, G.B. 1995. Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology, and Uses. Oxford University Press. 356 p.
- Codex Alimentarius. 1999. Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organic produced products. GL-32 - 1999. Rev. 2001.
- Copping, L.G. (Ed.) 1998. The Biopesticide Manual. British Crop Protection Council. Franham, Surrey, UK. 333 p.
- Cranshaw, W., Sclar, D.C., Cooper, D. 1996. A review of 1994 pricing and marketing by suppliers of organisms for biological control of arthropods in the United Status. *Biological Control* 6: 291-296.
- Davidson, R.H., Lyon, W.F. 1992. Plagas de insectos agrícolas y del jardín. Limusa, Noriega, México. 743 p.
- Díaz, C. 2000. La nueva agricultura española en su contexto comunitario y mundial. pp. 1-24. In: Reforma de la PAC y Agenda 2000, Nuevos tiempos, nueva agricultura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. Ley de Productos Orgánicos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Centro de Documentación, Información y Análisis.
- Doutt, R.L., DeBach, P. 1964. Some biological control concept questions, pp 118-142, In: P., DeBach [Ed.], *Biological Control of Insect Pests and Weeds*, Reinhold Publishing Corporation, New York. 844 p.
- Ehler, L.E. 1998. Invasion biology and biological control. *Biological Control* 13: 127-133.
- Ekesi, S., Maniania, N.K., Ampong, K., Onu, I. 1999. Effect of intercropping cowpea with maize on the performance of *Metarhizium anisopliae* against *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera, Thripidae) and predators. *Environmental Entomology*. 28: 1154-1161.
- Eveden, M.L., Haynes, K.F. 2001. Potential for the evolution of the resistance to pheromone-based mating disruption tested using two pheromone strains of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 100: 131-134.
- Fagan, W.F., Lewis, M.A., Neubert, M.G., van den Driessche, P. 2002. Invasion theory and biological control. *Ecology Letters* 5: 148-157.
- FIDA-RUTA-CATIE-FAO. 2003. Agricultura Orgánica: Una Herramienta para el Desarrollo Rural Sostenible y la Reducción de la Pobreza. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA)-Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA)-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Turrialba, Costa Rica. 111 pp.

- Fouche, C., Gaskel, M., Koike, S.T., Mitchel, J., Smith, R. 2000. Insect pest management for organic crops. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7251. 5 pp.
- García, J. 1998. La agricultura orgánica en Costa Rica. UNED: San José, Costa Rica.
- García-Hernández, J.L. 2005. Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. pp. 89-102. In: 5º Simposio Nacional de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México, 26-28 de octubre de 2005.
- García-Hernández J.L., Troyo-Diéquez, E., Jones, H., Nolasco, H., Ortega, A. 2000. Efectos de dosis y frecuencias de aplicación de insecticidas organofosforados sobre parámetros fisiológicos de hoja en ají (*Capsicum annuum* L. cv. Ancho San Luis). Phyton International Journal Experimental Botany, 67: 103-112.
- García-Hernández , J.L., Troyo-Diéquez, E., Murillo-Amador, B., Flores-Hernández, A., González, A. 2001. Efecto de algunos insecticidas y un promotor de crecimiento sobre variables fisiológicas y el rendimiento de tomate *Lycopersicon esculentum* L. cv. Río Grande. Agrochimica 45: 189-198.
- García Hernández, J.L., Troyo Diéquez, E., Fraga Palomino, H., Murillo Amador, B. 2002. Manual práctico para reconocimiento y control de plagas del naranjo en B.C.S. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Publicación para la transferencia y divulgación No. 9. 38 p.
- García-Hernández, J.L., Loya, J.G., Troyo-Diéquez, E., Murillo-Amador, B. 2003a. Actividad de insectos entomófagos en algodonero con cultivos promotores intercalados. pp. 450-455. In: J. Romero Nápoles, E. G. Estrada y A. Equihua Martínez (Eds) Entomología Mexicana Vol. 2, Edit. Sociedad Mexicana de Entomología.
- García-Hernández, J.L., Belrán-Morales, L.F., Loya, J.G., Morales, J.R., Troyo-Diéquez, E., Belrán-Morales, F.A.. 2003b. Primer reporte del *Rhynchophorus palmarum* (Coleóptera: Driophthoridae) en Baja California Sur. Folia Entomologa Mexicana 42: 415-417.
- García-Hernández, J.L., Valdez-Cepeda, R.D., Troyo-Diéquez, E., Belrán-Morales, F.A. Avila-Serrano, N.Y., Loya, J.G., Fenech, L., Ruiz F.H., Díaz, O., Murillo-Amador, B. 2004a. Monitoreo de plagas potenciales en el cultivo de chicharo orgánico en Mulegé, B.C.S. pp. 35-39. In: 7º Ciclo académico agropecuario. U.A.B.C.S. La Paz, B.C.S. 24-26 de noviembre de 2004.
- García Hernández, J.L. Troyo-Diéquez, E., Murillo-Amador, B., Valdez-Cepeda, R.D. Nieto-Garibay, A. 2004b. Efecto de azaridachtina y *Myrothecium verrucaria* en la calidad de germinación de ají (*Capsicum annuum* L. cv. Ancho San Luis). Phyton International Journal Experimental Botany, 2004: 1-7.
- García-Hernández, J.L., H. Nolasco, E. Troyo-Diéquez, B. Murillo-Amador, A. Flores-Hernández, I. Orona-Castillo. R.D. Valdez-Cepeda. 2005. The effects of insecticides on the peroxidase activity in hot pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Revista Chapingo-Serie Horticultura. 11: 129-133.
- Gaugler, R., Kaya, H. (Eds.) 1990. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press. Boca Raton, FL, EUA.
- Gómez, A. 2000. Agricultura Orgánica en el Codex Alimentarius. Seminario Protección del Consumidor desde las ONG's y el Codex Alimentarius. CEADU. Montevideo. <http://internet.com.uy/rusinek/tf/04agroecología/agr01.htm> (10 mayo 2005).
- Guzmán, A., González, M., Sevilla, E. 2000. Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible. Mundi Prensa. Madrid, España. 535 p.
- Hall, R.W., Ehler, L.E. 1979. Rate of establishment of natural enemies in classical biological control. Bulletin Entomological Society America, 25: 280-282.
- Hastings, A. 2000. Parasitoid spread: lessons for and from invasion biology. pp. 70-82. In: Hochberg, M.E., A. Ives (Eds.) Parasitoid Population Biology. Princeton University Press. 382 p.
- Hayes, W.J. 1982. Pesticides derived from plants and other organisms. pp. 75-111. In: Hayes, W.J. (Ed.). Pesticides Studies in Man. Williamson and Williamson, Baltimore, EUA. 594 p.
- Hedin, P.A. (Ed). 1997. Phytochemicals for Pest Control. American Chemical Society. Washington, D.C. 372 p.
- Howse, P.E., Stevens, I.D.R., Jones, O.T. 1998. Insect Pheromones and Their Use in Pest Management, Chapman and Hall, London. 369 p.

- Huffaker, C.B., Messenger, P.S. 1994a. Population ecology-historical development, pp, 45-73, In: P, DeBach [ed,] Biological Control of Insect Pests and Weeds, Reinhold Publishing Corporation, New York. 844 p.
- Huffaker, C.B., Messenger, P.S. 1994b. The concept and significance of natural control, pp, 74-117, In: P, DeBach, [ed,], Biological Control of Insect Pests and Weeds, Reinhold Publishing Corporation, New York. 844 p.
- Hunter, C.D. 1997. Suppliers of Beneficial Organisms in North America. Publ. PM 97-01. California Environ. Protec. Agency, Dep.. Pesticida Regul., Sacramento, CA. 32 p.
- IFOAM. 2005. The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends. International Federation of Organic Agriculture Movements IFOAM & Research Institute of Organic Agriculture FiBL. Bonn, Germany.
- INFOAGRO. 2002. <http://infoagro.go.go.cr/prognac/organica/Rentab.htm> (05 septiembre 2005).
- Inscoe, M.N., Leonhardt, B.A., Ridgway, R.L. 1998. Comercial availability of insect pheromones and other attractants. pp. 631-715. In: Ridgway, R.L., R.M. Silverstein, M.N. Inscoe (eds.) Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management. Marcel Dekker, New York. 988 p.
- James, D.G., Bogueéle, B., Faulder, R.J., Moore, C.J. 2000. Efficacy of multispecies pheromone lures for *Carpophilus davidsoni* Dobson and *C. mutilatus* Erichson (Coleoptera:Nitidulidae). Australian Journal Entomology, 39: 83-85.
- Jones, S., Harris, P.M. 1999. Measurement of nitrogen partitioning within different organic systems incorporating strip intercropping, sheep and crop rotation. pp. 173-180. In: J.E. Olsen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (Eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming.
- Karg, G., Suckling, D.M. 1997. Polyethylene dispensers generate large scale temporal fluctuations in pheromone concentrations. Environmental Entomology, 26: 896-905.
- Karlson, P., Lüscher, M. 1959. "Pheromones": a new term for a class of biologically active substances. Nature 153: 55-56.
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., van den Berg, L., Wadhams, C.M. Woodcock, J. 2000. Exploiting chemical ecology and species diversity, stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. Pest Management Science, 56: 957-962.
- Kristensen, E.S. 1999. Preface. pp. 3. In: Olsen J.E., R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming. 358 p.
- Kuhar, T.R., Mori, K., Dickens, J.C. 2006. Potential of a synthetic aggregation pheromone for integrated pest management of Colorado potato beetle. Agricultural Forest Entomology, 8: 77-81.
- Lagunes, T.A., Rodríguez, L.D.A. 1996. Producción y uso de insecticidas vegetales. In: Ruiz, F.J.F. (Ed.) Agricultura Orgánica: Una opción Sustentable para el agro mexicano. 164 p.
- Lamas Nolasco, M.A., Neri Flores, O., Sánchez Rodríguez, G., Galaviz Rivas, J.R. 2003. Agricultura Orgánica, Una Oportunidad Sustentable de Negocios para el Sector Agroalimentario Mexicano. FIRA Boletín Informativo Núm. 322, Volumen XXXV. 123 pp.
- Letourneau, D.K., Goldstein, B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. Journal Applied Ecology 38: 557-570.
- Lodges, R., Kaske, A., Taube, F. 1999. Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. pp. 181-190. In: J.E. Olsen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (Eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming. 358 p.
- Loya-Ramírez, J.G., García-Hernández, J.L., Ellington, J.J, Thompson. D.V. 2003. Impacto de la asociación de cultivos en la densidad de insectos hemípteros entomófagos. Interciencia 28: 415-420.
- Marco-Brown, O.L. y R.E. Reyes-Gil. 2003. Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. Interciencia 28: 252-258.
- Millar, J.R., Cowles, R.S. 1990. Stimulo-deterrant diversion: a concept and its possible applications to onion maggot control. Journal Chemical Ecology, 16: 3197-3212.

- Murdoch, W.W., Reeve, J.D., Huffaker, C.B., Kennet, C.E. 1984. Biological control of olive scale and its relevance to ecological theory. *American Naturalist*, 123: 371-392.
- Myers, J.H., Higgins, C., Kovacs, E. 1989. How many insect species are necessary for the biological control of insects? *Environmental Entomology*, 18: 541-547.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguex, E. 2001. Evaluación de variables ecofisiológicas en plantas de ají (*Capsicum frutescens*) bajo tratamiento de composta y fertilizante químico. *Phyton International Journal Experimental Botany*, 2001:25-34
- Nieto-Garibay, A., Murillo, B., Troyo-Diéguex, E., Larrinaga, J., García-Hernández, J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27: 417-421.
- NOP. 2002. Programa Nacional Orgánico, Reglamento Final. 7CFR Parte 205 – Programa Nacional Orgánico. Departamento de Agricultura de Estados Unidos.
- OCIA (Organic Crop Improvement Association International, Inc.). 2005. Estándares Internacionales de Certoificación. OCIA Internacional. Lincoln, NE, EUA. 198 pp.
- Orr, D., Baker, J. 1997a. Biological Control: Purchasing Natural Enemies. Pub. No. AG-570-1. NC Coop. Ext. Serv., North Carolina State Univ. Raleigh. 57 p.
- Orr, D., Baker, J. 1997b. Biological Control: Purchasing Natural Enemies. Pub. No. AG-570-2. NC Coop. Ext. Serv., North Carolina State Univ. Raleigh. 52 p.
- Pfiffner, L., Merkelbach, L., Luka, H. 2003. Do sown wildflower strips enhance the parasitism of lepidopteran pests in cabbage crops? International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palaearctic Regional Section Bulletin 26(4): 111-116.
- Rasmussen I.A., Askegaard, M., Olsen, J.E. 1999. Plant protection in an organic crop rotation experiment for grain production. pp. 321-330. In: Olsen J.E., R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Köpke (eds.) Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming.
- Rechcigl, J.E., Rechcigl, N.A. (Eds). 2000. Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. Lewis Publishers, Boca Raton, New York. 451 p.
- Riddle, J.A., Ford, J.E. 2000. Manual Internacional de Inspección Orgánica. International Federation of Organic Agriculture Movements. Tholey-Theley, Alemania Independent Organic Inspectors Association. Broadus, MT, Estados Unidos de Norteamérica. 295 p.
- Ridgway, R.L., Vinson, S.B. 1977. Comercial sources of natural enemies in the U.S. and Canada (Appendix), pp. 451-453. In: R.L. Ridgway and S.B. Vinson (Eds.), *Biological control by augmentation of natural enemies*. Plenum Press.
- Risch, S.J., Andow, D., Altieri, M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control, data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology*, 12: 625-629.
- Rosenheim, J.A. 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annual Review Entomology*, 43: 421-447.
- Rosenheim, J.A. 2005. Intraguild predation of *Oris tristis* by *Geocoris* spp. and the paradox of irruptive spider mite dynamics in California cotton. *Biological Control* 32: 172-179.
- Sekamatte, B.M., Ogenga, M., Russell, A. 2002. Effects of maize-legume intercrops on termite damage to maize, activity of predatory ants and maize yields in Uganda. *Crop Protection* 22: 87-93.
- Seoánez, M. 1998. Medio Ambiente y Desarrollo, Manual de Gestión de los Recursos en Función del Medio Ambiente. Mundi Prensa. Madrid, España. 592 p.
- Smit, N.E.J.M., Downham, M.C.A., Odongo, B., Hall, D.R., Laboke, P.O. 1997. Development of pheromone traps for control and monitoring of sweetpotato weevils, *Cylas puncticollis* and *C. brunneus*, in Uganda. *Entomol. Exp. Applicat.* 85: 95-104.
- Stevens, L., Beroza, M. 1972. Mating-inhibition field tests using disparlure, the synthetic gypsy moth sex pheromone. *Journal Economic Entomology*, 65: 1090-1095.
- Stiling, P. 1993. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? *American Entomologist*, 39: 31-37.

- Tagaki, M., Hirose, Y. 1994. Building parasitoid communities: the complementary role of two introduced parasitoid species in a case of successful biological control, pp. 437-448. In: B.A. Hawkins and W. Sheehan (Eds.), *Parasitoid community ecology*, Oxford Univ. Press, New York. 516 p.
- Tanada, Y., Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego, CA, EUA.
- Tcheslavskaja, K.S., Torpe, K.W., Brewster, C.C., Sharov, A., Leonard, D., Reardon, R., Mastro, V., Sellers, P., Roberts, E.A. 2005. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 115: 355-361.
- Tequida, M., Romero, C., Cortez, Mario., Wong-Corral, F., Borboa, J. 2003. *Plantas Silvestres en el Control del Insecto Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae)* Biotecnica 5: 34-41.
- Tinzaara, W., Gold, C.S., Kagezi, G.H., Dicke, M., Van Huis, A., Nankinga, C.M., Tushemereirwe, W., Ragama, P.E. 2005. Effects of two pheromone trap densities against banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, populations and their impact on plant damage in Uganda. *Journal Applied Entomology*, 129: 265-271.
- Tourte, L., Gaskell, M., Smith, R., Fouche, C., Koike, S.T., Mitchell, J. 2000. *Organic Certification, Farm Planning, Management, and Marketing*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7247. 5 pp.
- Toyes-Aviles, S.R. 1992. *La Agricultura orgánica, una alternativa de producción para pequeñas zonas agrícolas*. Los Cabos B.C.S. Memoria Técnica. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.
- Toyes-Aviles S.R. 2003. *Productores Orgánicos del Cabo: Un caso exitoso de producción y comercialización orgánica*. pp. 24-30. In: *Memoria XV Semana Internacional de Agronomía*. FAZ-UJED, México.
- Trenbath, B.R. 1993. Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crop Research*, 34: 381-405.
- Trimble, R.M., Vickers, P.M., Nielsen, K.E., Barinshteyn, G. 2003. Sprayable pheromone for controlling the North American grape berry moth by mating disruption. *Agriculture Forest Entomology*, 5: 263-268.
- Valenti, M.A., Berryman, A., Ferrel, G.T. 1999. Potential for biological control of native competing vegetation using native herbivores. *Agriculture Forest Entomology*, 1: 89-95.
- Vet, L.E.M., Dicke, M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context, *Annual Review Entomology*, 37: 141-172.
- Villar Morales, C., Tiscareño, M.A., Delgadillo, A., Buen Abad, A. 2003. *Insecticidas vegetales en San Luis Potosí*. pp. 427-432. En: Romero, J., Nápoles, E., Estrada, G., Equihua, A. (Eds.) *Entomología Mexicana Vol. 2*, Edit. Soc. Mexicana de Entomología.
- Weinzierl, R., Henn, T. 1991. Alternatives in insect management: biological and biorational approaches. *Regional Extension Publ. NCR 401*, Cooperative Extension Service. University of Illinois. Urbana-Vhampaign. 73 pp.
- Wilby, A., Thomas, M.B. 2002. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters* 5: 353-360.
- Willer, H., Yussefi, M. 2004. *The world of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2004*. International Federation of Organic Agriculture Movements. 6th edition. 126 pp.
- Willer, H., Zanoli, R. 2000. *Organic viticulture in Europe*. pp: 23-27. In: H. Willer and U. Meier (Eds.) *Proceedings 6th International Congress on Organic Viticulture*. 25-26 Agosto 2000. Basel, Alemania.
- Yussefi, M. 2005. Current status of organic farming worldwide. pp: 9-16. In H. Willer and M. Yussefi (Eds.) *The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends*. International Federation of Organic Agriculture Movements.
- Zamorano-Ulloa, J. 2005. *Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México*. Claridades Agropecuarias 140: 3-19.