

BASES PARA LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE TRAMPAS Y ATRAYENTES EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Principles of trapping and attractant systems in integrated pest management

JUAN F. BARRERA¹, PABLO MONTOYA² & JULIO ROJAS¹

¹Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, 30700, México; ²Subdirección de Desarrollo de Métodos, Programa Moscamed-Moscafrut DGSV-SENASICA-SAGARPA, Central Poniente 14, Col. Centro, Tapachula, Chiapas, 30700, México. Correo electrónico: jbarraera@tap-ecosur.edu.mx

Palabras Clave: ecología química, comunicación intra e interespecífica, semioquímicos, feromonas, eficiencia de sistemas de trapeo, detección, monitoreo, trapeo masivo.

CONTENIDO

1. Introducción.....	2
2. Bases de ecología química.....	2
2.1. ¿Qué es ecología química?.....	2
2.2. Comunicación intraespecífica.....	2
2.3. Comunicación interespecífica.....	3
2.4. Interacción de los diferentes sentidos.....	4
3. Bases para la eficiencia de los sistemas de trapeo.....	4
3.1. Diseño de la trampa.....	5
3.1.1. Cuerpo.....	5
3.1.2. Sistema de retención.....	5
3.1.3. Atrayente.....	5
3.2. Factores que la afectan la eficiencia de un sistema de trapeo.....	6
3.2.1. Diseño de la trampa.....	6
3.2.2. Atrayentes.....	6
3.2.3. Factores ambientales.....	6
3.2.4. Factores biológicos.....	7
4. Bases y estrategias para el uso de trampas.....	7
4.1. Sistemas de trapeo para monitorear poblaciones	7
4.1.1. Detección.....	7
4.1.2. Umbrales.....	8
4.1.3. Estimación de la densidad de plagas.....	8
4.2. Sistemas de trapeo para controlar poblaciones.....	9
4.2.1. Mecanismos directos de aniquilación.....	9
4.2.2. Mecanismos indirectos de aniquilación.....	10
4.2.3. Principios operativos de la atracción-aniquilación.....	11
4.2.3.1. Atrayentes sintéticos.....	11
4.2.3.2. Interfase atrayente e insecto-dispositivo.....	11
4.2.3.3. Estado de desarrollo de la plaga.....	11
4.2.3.4. Sexo de la plaga.....	11
4.2.3.5. Tasas de liberación.....	11
5. Trampas, atrayentes y el entorno socioeconómico	11
6. Conclusiones.....	12
7. Agradecimientos.....	13
8. Literatura Citada.....	13

Resumen

Se hace una revisión bibliográfica sobre trampas y atrayentes con el objetivo de presentar las bases sobre las que se fundamenta el uso de esta herramienta del manejo integrado de plagas en la detección, monitoreo y control de insectos de importancia económica. Se inicia exponiendo conceptos y ejemplos de la ecología química, las características de los semioquímicos (principalmente feromonas), y su función en el comportamiento y la comunicación intra e interespecifica. Posteriormente, se presentan los factores que influyen en las capturas de trampas cebadas con atrayentes, ilustrando con ejemplos el efecto sobre la eficiencia. En seguida, se proporcionan ejemplos del uso de las trampas y atrayentes en monitoreo (detección, umbrales, estimación de poblaciones) y control de plagas por medio de trampeo masivo (atracción-aniquilación). Por último, se analiza el efecto del entorno socioeconómico sobre la generación, validación y adopción de la tecnología asociada a trampas y atrayentes, discutiendo mecanismos para mejorar el uso y eficiencia de los sistemas de trampeo en México.

Abstract

We reviewed literature about traps and attractants with the objective of giving the principles for the use of this tool of integrated pest management in the detection, monitoring and control of insect pests. We initially give the concepts and examples of chemical ecology, the semiochemical characteristics (especially pheromones) and their function in the behavior, and intra and interspecific communication. Then, we present the factors affecting the captures of traps baited with attractants, illustrating with examples the effect on the trap efficiency. In addition, we show examples of the use of traps and attractants in monitoring (detection, action thresholds, density estimation) and control of insect pests by mass-trapping (lure and kill). Finally, we analyze the effect of the socioeconomic context upon generation, validation and adoption of the technology associated to traps and attractants, discussing the mechanisms to improve the use and efficiency of trapping systems in Mexico.

1. Introducción

Las trampas cebadas con atrayentes son hoy día una herramienta cotidiana en muchos programas de manejo integrado de plagas. Su uso se acrecentó a partir del descubrimiento, aislamiento y síntesis de las feromonas y de otros atrayentes que median en la conducta de los artrópodos, en particular de los insectos. Los sistemas de trampeo tienen especial aplicación en la detección y monitoreo de plagas, pues brindan información que facilita la toma de decisiones de control; también, su uso directo en el control de plagas por medio de trampeo

masivo ha sido exitoso con varias plagas. No obstante los logros obtenidos, son innumerables los fracasos y bastantes los casos donde la eficiencia de los sistemas de trampeo deja mucho que desear. A fin de mejorar el uso práctico de las trampas cebadas con atrayentes, son imprescindibles los estudios de ecología química tanto a nivel de laboratorio como de campo, pero también, la complejidad de los sistemas urbanos y agroforestales requiere una investigación con enfoque interdisciplinario para hacer más eficientes los sistemas de trampeo, incluyendo el entorno socioeconómico de los agricultores. El presente trabajo pretende hacer una revisión de literatura sobre trampas y atrayentes, a partir de la cual, se puedan configurar las bases principales para una mejor aplicación de los sistemas de trampeo en manejo integrado de plagas.

2. Bases de ecología química

2.1. ¿Que es ecología química?

En contraste a otros animales, los humanos sentimos el mundo principalmente usando los sentidos de la visión, el oído y el tacto. Debido a lo anterior no nos damos cuenta de que el olfato juega un papel muy importante en la vida de muchos organismos. Para las actividades fundamentales tales como la búsqueda de pareja, alimento, sitios de oviposición, para evitar depredadores y competidores, los organismos usan estímulos químicos emitidos desde su ambiente. La ecología química es un campo de investigación multidisciplinario que estudia la estructura, función y biosíntesis de productos naturales de atracción, su importancia en los diferentes niveles de la organización ecológica, su origen evolutivo y su aplicación a las necesidades sociales (Metclaf y Metcalf, 1992). Los compuestos que mediatizan las interacciones químicas entre los organismos y su ambiente son conocidos como semioquímicos (del Griego *semeion* señal) (Law y Regnier, 1971). Los semioquímicos son divididos de acuerdo al tipo de interacción en que participan. Las feromonas (del Griego *pherein*, llevar o transferir, *horman*, excitar o estimular) median en las relaciones intraespecificas, y los aleloquímicos en las interacciones interespecificas.

2.2. Comunicación intraespecifica

Las feromonas pueden afectar tanto la fisiología como el comportamiento de los insectos, siendo las feromonas que afectan el comportamiento las que son usadas principalmente para el manejo de los insectos plagas. Este tipo de feromonas usualmente son clasificadas de acuerdo su función, por ejemplo tenemos feromonas de atracción sexual, de agregación, de alarma, de ruta y reclutamiento, entre otras. Sin embargo, no todas las feromonas tienen posibilidades de ser usadas en sistemas de trampeo. La mayor parte

de ejemplos están relacionados con feromonas de atracción sexual y feromonas de agregación.

Las feromonas de atracción sexual se han documentado en diversos órdenes de insectos, incluyendo Orthoptera (Blattodea), Heteroptera (Hemiptera y Homoptera), Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera (Cardé y Baker, 1984; Hardie y Minks, 1999). Sin embargo, el 60% de las feromonas sexuales identificadas en los insectos pertenecen al orden Lepidoptera. Las feromonas sexuales, que en este orden son producidas principalmente por las hembras, han sido encontradas en todas las familias filogenéticamente más evolucionadas (Ditrysia). La mayoría de estos grupos son de hábitos nocturnos, pero algunas palomillas diurnas también pueden usar este tipo de compuestos (por ejemplo, Sesiidae, Ctenuchidae y Zygaenidae). En contraste poco se conoce acerca de la presencia de feromonas en las mariposas, aunque evidencias de su presencia se han documentado en Pieridae y Lycaenidae (Takanashi *et al.*, 2001, y referencias citadas ahí). Algunas hembras de las familias de lepidópteros menos evolucionadas (Monotrysia) también producen feromonas sexuales (Lofstedt y Kozlov, 1997). Las feromonas de Ditrysia tienen una longitud que va de 10 a 29 átomos de carbono, pero usualmente presentan 12, 14, 16 y 18 átomos en cadenas lineales. Muchas de estas especies utilizan compuestos tales alcoholes primarios, acetatos, aldehídos, cetonas, e hidrocarburos incluyendo epoxidocarburos (Arn *et al.*, 2000). Las feromonas están constituidas por mezclas de varios compuestos, usualmente las mezclas atractivas usadas en campo están constituidas de un compuesto mayoritario y de 2-3 compuestos minoritarios, aunque en algunos casos solamente el compuesto mayoritario puede ser atractivo. La especificidad de cada feromona se logra por variación en el largo de la cadena, número, la localización y la naturaleza isomérica de los dobles enlaces, la naturaleza del grupo funcional y por la proporción precisa de los componentes feromonaes (Morse y Meighen, 1987). La especie-especificidad en especies simpátricas es proveída por la adición de un segundo componente que actúa interespecíficamente para inhibir la atracción de la especie simpátrica. Por ejemplo, en *Heliothis virescens*, los componentes feromonaes principales son (Z)-11-hexadecenal (A) y (Z9)-tetradecenal (B), los cuales son producidos en una proporción 16:1, mientras que en la especie simpátrica *Helicoverpa zea* son (Z)-11-hexadecenal (A) y (Z)-9-hexadecenal (C) producidos en una proporción 16:0.1. El compuesto B interrumpe la atracción de los machos de *H. zea* (Shaver *et al.*, 1982), lo cual parece asegurar el aislamiento entre estas dos especies. También se ha documentado que en algunas especies existe variabilidad dentro de las poblaciones y entre regiones geográficas en la proporción de los componentes feromonaes emitidos por las hembras y en la atracción de los machos (Cardé y Haynes, 2004). Las feromonas son producidas en glándulas epidérmicas, que comúnmente se encuentran como

modificaciones de la membrana intersegmental entre los segmentos abdominales ocho y nueve (Percy-Cunningham y MacDonald, 1987). En adición las feromonas femeninas, en algunas especies se ha encontrado que los machos pueden liberar una feromona que atrae a las hembras a distancia, e incluso en algunos casos tanto las hembras como los machos pueden liberar una feromona atractiva al sexo opuesto (Cardé y Haynes, 2004).

Las feromonas de agregación han sido registradas principalmente en Orthoptera (Blattodea), Heteroptera y Coleoptera. Generalmente las feromonas de agregación se han usado para monitoreo y trapeo masivo de insectos del orden Coleoptera, aunque en algunos casos también se han utilizado feromonas sexuales. Las feromonas de agregación son producidas/liberadas por un sexo y son atractivas a ambos sexos. Los escarabajos que producen feromonas de agregación se alimentan como adultos y tienen ciclos de vida relativamente largos, y sus plantas hospederas tienen una distribución irregular (Schlyter y Birgersson, 1999). La feromona es usada para atraer conoespecíficos a sitios disponibles para la alimentación, apareamiento y procreación. Las feromonas de agregación de Coleoptera usualmente tienen una longitud de 4-14 átomos de carbono, con grupos funcionales que incluye alcoholes, aldehídos, cetonas, dioles, ésteres carboxílicos, hidrocarburos y lactonas macrocíclicas (El-Sayed, 2006). A diferencia de las feromonas sexuales de Lepidoptera, las feromonas de agregación en Coleoptera pueden ser producidas en diferentes partes del cuerpo, incluyendo glándulas localizadas en el fémur, esternitos abdominales, sistema traqueal, tracto digestivo anterior y posterior, y el cuerpo graso (Ma y Ramaswamy, 2003). Al igual que las feromonas sexuales de Lepidoptera, generalmente la atracción en campo es lograda por una mezcla de compuestos, sin embargo, en este caso el material vegetal o sus volátiles sinergizan la respuesta de los insectos a la feromona (ver Rojas *et al.*, en esta memoria).

2.3. Comunicación interespecífica

Los aleloquímicos pueden ser divididos en alomonas, si el organismo emisor se beneficia y el receptor se perjudica; kairomonas, si el organismo receptor se beneficia y el emisor se perjudica; y sinomonas, si ambos organismos, emisor y receptor, son beneficiados. De los diferentes tipos de aleloquímicos, los que han sido utilizados en el desarrollo de atrayentes para el trapeo de insectos plagas son las kairomonas (Metclaf y Metclaf, 1992). Durante la búsqueda de sitios de alimentación, de una potencial pareja y/o sitios de oviposición, los insectos usan compuestos volátiles emitidos por sus plantas hospederas. Generalmente es asumido que insectos monófagos y oligófagos utilizan compuestos "típicos" de sus plantas hospederas, mientras que los insectos polífagos usan compuestos generales que se encuentran en una gran diversidad de

plantas, o bien la búsqueda de hospedera es dominada por compuestos inhibitorios (Stadler, 2002). Varios estudios han demostrado que la palomilla del puerro, *Acrolepia assectella*, es atraída a compuestos volátiles azufrados característicos de sus plantas hospederas del género *Allium* (Auger *et al.*, 1989). La palomilla dorso de diamante, *Plutella xylostella*, es atraída a isotiocianatos, compuestos producidos por miembros de las crucíferas, que son hospederas de este insecto (Couty *et al.*, 2006). En contraste, una mosca de la fruta polífaga *Anastrepha obliqua* es atraída a esteroides y terpenos que son comunes a muchas de sus frutas hospederas (Cruz-López *et al.*, 2006). En otras ocasiones se ha encontrado que los insectos polívoros son atraídos a olores florales generales (Bruce *et al.*, 2002), presumiblemente debido a que durante la búsqueda de néctar para su alimentación visitan una gran diversidad de flores. Sin embargo, en algunas ocasiones los insectos polívoros son atraídos a compuestos específicos de algunas de sus plantas hospederas (Rojas, 1999). Usualmente los insectos responden a mezclas de compuestos más que compuestos individuales (Bernays y Chapman, 1994). Esto es ilustrado por un estudio con el picudo *Smicronyx fulvus*. Este insecto solamente fue atraído a una mezcla de 5 terpenoides formulados en una proporción tal como ellos son liberados naturalmente por la planta hospedera. Los compuestos individuales o las combinaciones de 2 o 3 compuestos no fueron efectivos, al igual que la mezcla de los 5 compuestos formulados en una proporción incorrecta (Roseland *et al.*, 1992).

En algunas ocasiones depredadores y parasitoides responden a las feromonas emitidas por sus huéspedes, que en este caso actúan como kairomonas. En estas situaciones se debe tener especial cuidado de que los enemigos naturales de los herbívoros no sean atrapados por las trampas cebadas con feromonas.

2.4. Interacción de los diferentes sentidos

A pesar de que como hemos visto los compuestos químicos parecen ser fundamentales en el comportamiento de los insectos, es indudable que durante la respuesta de los insectos a los semioquímicos también participan otros sentidos. El vuelo de los insectos hacia una fuente olorosa es modulado por dos mecanismos conocidos como anemotaxis condicionada por olor y un programa interno de contragiros. Durante la anemotaxis los insectos requieren de estímulos químicos (olor) y visuales para que este pueda seguir el trayecto hacia la fuente olorosa, mientras que el programa interno es aparentemente modulado por un estímulo químico (p. ej. concentración del olor o calidad de la mezcla olorosa). La altitud de vuelo también es controlado por una respuesta optomotora, la cual requiere de la integración de estímulo químicos y visuales (Harris y Foster, 1995).

Los insectos también pueden responder al estímulo visual sin necesidad de un estímulo químico, aunque usualmente el insecto requiere de ambos durante la

búsqueda de su pareja o de sus hospederas. Prokopy y Owen (1983) concluyeron que el insecto puede detectar visualmente una planta hospedera a distancia principalmente sobre la base de una silueta contra el cielo, y que el insecto puede localizar las calidades espectrales de las plantas solamente a unos cuantos metros. La visión también es importante en estimular el aterrizaje del insecto sobre una planta (Bernays y Chapman, 1994). Tres características ópticas de las plantas pueden influenciar el comportamiento de los insectos fitófagos durante la búsqueda de hospedera: calidad espectral, tamaño y forma (Schoonhoven *et al.*, 1998). La sensibilidad espectral de los ojos de los insectos va de 350 (ultravioleta) a 650 nm (rojo). En la naturaleza, sin embargo, el color nunca es monocromático, así que la respuesta del insecto es alterada por el grado de reflectancia de una longitud de onda particular relativa a la reflectancia a través del espectro completo (Bernays y Chapman, 1994). Se dice que una luz monocromática es saturada, la adición de otras longitudes de onda la llegan a hacer insaturada. Otro importante factor en la visión a color es la intensidad de luz, la cual en caso de una planta se refiere a la cantidad de luz reflejada desde la superficie (Bernays y Chapman, 1994).

Aunque existen muy pocos trabajos al respecto, el consenso actual es que existe una interacción entre los diferentes atributos del estímulo visual y de éstos con el estímulo químico. Por ejemplo, la mosca de las manzanas *Rhagoletis pomonella*, es atraída a rectángulos amarillos, pero no a rectángulos rojos, negros o blancos. En contraste, esferas amarillas son poco atractivas para esta especie, sin embargo, esferas negras y rojas son altamente atractivas (Prokopy, 1968). La adición de un olor frutal a los modelos incrementó de 3-5 veces el número de moscas que aterrizan en los rectángulos amarillos, pero no tuvo ningún efecto en el número de insectos atraídos a las esferas. El color de las trampas cebadas con feromona es un factor que afecta la captura de machos de Lepidoptera (Mitchell *et al.*, 1989).

3. Bases para la eficiencia de los sistemas de trapeo

La eficiencia de un sistema de trapeo depende en gran medida del conocimiento y aplicación adecuada de los principios de ecología química enunciados arriba. Cuando se trata de detectar, monitorear y/o controlar alguna especie de insecto de importancia económica, de manera "ideal" se esperaría contar con un sistema de trapeo que fuera específico, eficiente, barato, fácil de establecer y manejar en el campo, con atrayentes que tengan larga durabilidad y estabilidad bajo condiciones naturales, y que proporcione información confiable sobre las características de la población que nos interesa (e.g., densidad, estado fisiológico, número de generaciones, etc.). Lo anterior no es fácil de obtener, y

dista mucho de lo que algunas trampas y atrayentes ofrecen en la actualidad.

La eficiencia de un sistema de trapeo se determina principalmente por la calidad de la información que proporciona, y ésta puede depender de varios factores entre los que se pueden señalar: i) limitaciones inherentes al diseño de la trampa, ii) limitaciones del atrayente que se emplea, iii) factores ambientales que prevalezcan en la región, iv) el estado fisiológico y/o sexo del insecto que se desea capturar, y v) condiciones fenológicas del cultivo en donde se requiere establecer el trapeo. Enseguida se describen los principales factores que pueden afectar de manera general la eficiencia de un sistema de trapeo.

3.1. Diseño de la trampa

3.1.1. Cuerpo

Una trampa se puede definir como una estructura física que posee características que le permiten atraer y capturar algún organismo en particular (Flores, 2003). En el caso de insectos existen formas muy variadas en el diseño de las trampas, el cual depende del tipo de insecto que se desea capturar así como de los objetivos (detección, monitoreo, control) para los que se establece el sistema de trapeo. De acuerdo a Muirhead-Thomson (1991), entre los tipos de trampas más utilizados se encuentran las trampas de luz dirigidas a especies voladoras de hábitos nocturnos; las trampas de succión dirigidas a especies voladoras de tamaño pequeño (e.g., mosquitos y áfidos); y las trampas cebadas con atrayentes sexuales, principalmente feromonas. Entre estos tipos de trampas se puede encontrar una gran variedad de formas, siendo las más comunes las trampas tipo delta, trampas cilíndricas, trampas planas, trampas de fondo invaginado, trampas tipo cono, etc. Para el caso de plagas de importancia económica que se deben monitorear en forma extensiva e intensiva, la búsqueda se debe enfocar hacia un diseño de trampa que sea práctico, eficiente y barato, del cual se espera ofrezca también un manejo fácil para el operario en el campo.

El diseño del cuerpo de una trampa debe combinar tres características esenciales: i) un dispositivo donde colocar al atrayente, el cual debe protegerlo de las condiciones medioambientales pero al mismo tiempo permitir su liberación efectiva y controlada, ii) un dispositivo donde colocar el agente de retención, el cual en el caso de las trampas que usan proteínas hidrolizadas puede ser el mismo que el dispositivo para colocar el atrayente, y iii) la estructura propia (cuerpo) de la trampa, que debe dar forma y soporte a los componentes anteriormente mencionados.

El diseño del cuerpo de la trampa también debe llamar la atención del insecto, lo cual generalmente se logra con la adición de colores (e.g., amarillo, verde, azul, rojo, etc.) y formas que resulten atractivas al mismo, dependiendo del tipo de insecto que se desee

capturar. Por ejemplo, el amarillo se encuentra en una gran variedad de trampas que se utilizan para la detección y/o el monitoreo de plagas como el picudo del algodón, mosquita blanca (Martínez y Tamayo, 2006) y moscas de la fruta (Prokopy, 1972); el azul se utiliza para detectar la presencia de trips a nivel de invernadero. Así mismo, el diseño de la trampa debe ser tal que no permita o minimice el escape del insecto una vez que ha entrado en contacto con la misma.

3.1.2. Sistema de retención

Por la forma en que los insectos son capturados dentro de las trampas, éstas pueden ser clasificadas en trampas secas y trampas húmedas o líquidas. Muchas trampas secas utilizan algún tipo de insecticida (e.g., diclorofos) para matar al insecto y retenerlo dentro de la misma (Muirhead-Thomson, 1991; Montoya *et al.*, 2002). Otras utilizan dispositivos físicos como conos invertidos que dificultan el escape del insecto una vez que está dentro de la trampa, y algunas más utilizan una superficie pegajosa de la cual el insecto ya no puede desprenderse una vez que entra en contacto con ella. Las trampas húmedas generalmente utilizan un líquido (ej. proteína hidrolizada; agua + surfactante) donde los insectos caen y perecen ahogados como los casos de las moscas de la fruta (Liedo, 1997) y la broca del café *Hypothenemus hampei* (Barrera *et al.*, 2004b).

3.1.3. Atrayente

El atrayente es un integrante fundamental en un sistema de trapeo. Para ciertos casos, algunos investigadores consideran que si el atrayente es lo suficientemente poderoso y específico, el diseño de la trampa puede llegar a ser un aspecto secundario. Por ejemplo, algunos compuestos feromonales de moscas de la fruta (Tephritidae) ejercen un efecto de atracción tan poderoso sobre las especies a las que va dirigido, que se usan como elementos de control al ser mezclados con insecticidas en dispositivos sencillos conocidos genéricamente como "estaciones cebo", con resultados altamente satisfactorios (Steiner y Lee, 1955; Malavasi *et al.*, 1999). En otros casos, el diseño de la trampa puede ser muy importante a pesar de la efectividad del atrayente, tal como se ha visto en *Spodoptera frugiperda* y *S. exigua*, donde la ineficiencia de la trampa solo permite capturar alrededor del 20% de los machos atraídos (López, 1998; Meagher y Mitchell, 2001; Rojas y Malo, datos no publicados).

Existen diferentes grupos de atrayentes, dependiendo del origen y naturaleza del compuesto activo. Los diferentes tipos de compuestos feromonales que existen en la naturaleza – y actualmente en uso en los sistemas de trapeo – ya fueron referidos páginas arriba (ver también otros trabajos en este simposio). Sin embargo, existe un grupo adicional de este tipo de atrayentes de origen sintético muy importante en dípteros, conocido como paraferomonas. Este término

fue acuñado por el efecto mimico que estos atrayentes producen (usualmente en machos) en relación a las verdaderas feromonas (Chamber, 1977). Buenos ejemplos de paraferomonas lo constituyen el "Trimedlure" para la mosca del Mediterráneo (Beroza *et al.*, 1961), el "Metileugenol" y el "Cuelure" para moscas del género *Bactrocera* (Beroza y Green, 1963).

La eficiencia de cualquier sistema de trapeo también está influenciada por la naturaleza del dispensador o liberador en el cual va contenido el atrayente, pues éste juega un papel muy importante en la tasa de liberación y el tiempo que éste puede durar activo en el campo. La tasa de liberación del atrayente depende de las propiedades químicas del compuesto, de las propiedades físicas y químicas de la matriz del liberador, y de las condiciones ambientales tales como la temperatura y la velocidad del viento. Algunos ejemplos de dispensadores/ liberadores lo constituyen diferentes dispositivos a base de polímeros (pastillas, láminas), membranas, septas de hule, piezas de plástico, etc. Lo ideal es que estos materiales liberen el atrayente homogéneamente a través del tiempo. Incluso hoy, se habla de liberadores "inteligentes" que permitirían liberar el atrayente solamente en el periodo cuando los insectos están activos, trayendo en consecuencia un ahorro del atrayente (Baker *et al.*, 1997; Mafra-Neto y Baker, 1996).

El otro grupo grande de atrayentes corresponde a los denominados atrayentes alimenticios, los cuales están basados en necesidades específicas que los insectos tienen en diferentes etapas de su vida. Por ejemplo, una hembra inmadura andará en búsqueda de fuentes proteicas para llevar a buen término su proceso de ovogénesis (Robacker *et al.*, 1996). Por el contrario, una hembra ya madura estará más interesada en aparearse y encontrar sitios de oviposición que en buscar fuentes de alimentación. Este tipo de condicionantes fisiológicos muestran que es indispensable un buen conocimiento de la biología del insecto, para interpretar de manera adecuada los datos que un sistema de trapeo pueda proporcionar.

3.2. Factores que la afectan la eficiencia de un sistema de trapeo

Los puntos anteriormente descritos pueden definir por sí mismos algunas de las principales limitaciones que presentan los sistemas de trapeo en cuanto a su utilización en el campo. Estas limitaciones pueden estar representadas por un factor individual, por la combinación de más de un factor (e.g., diseño de la trampa + atrayente), o por la interacción de factores inherentes al sistema de trapeo, las condiciones medioambientales y la biología del insecto.

3.2.1. Diseño de la trampa

El diseño del cuerpo de la trampa representa una limitante muy seria en el caso de moscas de la fruta del

genero *Anastrepha*, pues en muchas regiones todavía prevalece el uso de la trampa McPhail de vidrio, la cual es sumamente pesada, frágil y de difícil servicio, pues involucra el uso de un cebo proteico líquido que debe cambiarse cada semana, y el uso de un colador para recoger los insectos capturados (Heath *et al.*, 1995). El diseño sustituto (la trampa Multilure de plástico), presenta un manejo más amigable, es más liviana y durable, pero todavía persiste el problema de su servicio al continuar utilizando cebos proteicos líquidos. En otros casos como las trampas de luz y/o de succión, el diseño puede llegar a ser sumamente complicado y costoso, por lo que el uso de este tipo de trampas estará más bien enfocado hacia trabajos específicos de investigación (ver Muirhead-Thomson, 1991).

3.2.2. Atrayentes

La calidad, especificidad y potencia de los atrayentes que se utilizan en los diferentes sistemas de trapeo, quizá represente el punto medular en la eficiencia de los mismos. Los atrayentes alimenticios son los que presentan el mayor número de limitantes en cuanto a la eficiencia que se requiere, pues no son lo suficientemente específicos, la estandarización de su producción comercial es problemática, su vida media en el campo es corta, y su radio de acción es limitado. Lo anterior se traduce en una baja eficiencia y por ende en altos costos en la operación de una red de trapeo (Thomas *et al.*, 2001). Los atrayentes de origen feromonal también presentan algunas limitaciones las cuales generalmente están referidas a situaciones particulares del tipo de insecto que se está monitoreando. Por ejemplo, en diferentes especies de lepidópteros se ha encontrado que el atrayente sintético que se utilice debe mantener su concentración lo más cercano posible a la liberación natural que se da por las hembras emisoras, pues concentraciones en exceso provocan un comportamiento anormal en el macho, mientras concentraciones bajas provocarán muy bajas capturas (Muirhead-Thompson, 1991). Otra limitación que puede estar asociada con este tipo atrayentes es el corto periodo de utilización, pues en muchas especies univoltinas (climas templados) la respuesta del insecto está circunscrita a un periodo de sensibilidad de muy pocas semanas.

3.2.3. Factores ambientales

Los factores ambientales también pueden repercutir en la eficiencia de los sistemas de trapeo. La temperatura incide de manera directa en la actividad de los insectos y en la tasa de liberación de los atrayentes. Las bajas temperatura pueden ocasionar una tasa de liberación menor, lo cual limitaría el radio de acción del atrayente. Una temperatura muy elevada podría ejercer una acción contraria, ocasionando un agotamiento más temprano de la fuente del atrayente, limitando de esta manera su periodo de acción. De acuerdo con Montoya

et al. (2002), las lluvias pueden influir negativamente en la tasa de captura por trampa, probablemente debido a la menor movilidad que los insectos presentan bajo estas condiciones. De igual manera –dependiendo del diseño de la trampa –, las lluvias pueden lavar parte del atrayente, particularmente de las sustancias polares¹, disminuyendo la eficiencia de la misma. En las trampas que utilizan un cebo líquido, si éstas no están bien selladas, las lluvias pueden ocasionar un rebalse del contenedor diluyendo la concentración del cebo y generando una fuente de contaminación y confusión con la parte del cebo derramado. En las zonas desérticas y semidesérticas, las trampas secas pegajosas pueden acusar el efecto del polvo sobre su superficie, lo cual limitaría el número de insectos que podría capturar y retener (Black *et al.*, 1996).

3.2.4. Factores biológicos

Las trampas deben ser colocadas sobre plantas hospederas cuya fenología presente el estado en que es atacado de manera preferencial por la plaga. La altura y el lugar de colocación de la trampa en el hospedero también juegan un papel importante. Por ejemplo, en el caso de moscas de la fruta se recomienda que las trampas que utilicen atrayentes sexuales se coloquen en la parte media de la copa de los árboles y en áreas semisombreadas (IAEA/FAO, 2005), ya que son los sitios donde las moscas normalmente se aparean. En cultivos como algodón, jitomate y otras hortalizas, las trampas se colocan generalmente en una estaca a la altura promedio que presenten las plantas (Mitchell, 1981). A pesar que muchos insectos son buenos voladores, algunos pueden entrar caminando a las trampas, por lo cual también se sugiere poner las trampas al ras del suelo como es el caso de *Rhynchophorus palmarum* (Oehlschaler *et al.*, 1993).

Como ya se mencionó anteriormente, el estado nutricional y fisiológico del insecto también es de vital importancia en la eficiencia e interpretación de los datos que arroja un sistema de trapeo. El uso de atrayentes alimenticios generalmente se relaciona con la captura de insectos en etapas tempranas de su vida adulta (principalmente las hembras), cuando éstas requieren de mayores proporciones de proteínas para la maduración de sus gametos. Esto tiene mayor importancia cuando se trata de detectar poblaciones incipientes de insectos de importancia cuarentenaria, pues se podrá suponer que muy probablemente no se haya iniciado la etapa reproductiva y por lo tanto la dispersión de huevecillos sobre los sustratos de oviposición disponibles.

4. Bases y estrategias para el uso de trampas

Con base en el objetivo que se persigue, los sistemas de trapeo en MIP se pueden dividir en dos

grandes grupos: i) monitoreo de poblaciones, y ii) control de poblaciones.

4.1. Sistemas de trapeo para monitorear poblaciones

Las trampas cebadas con atrayentes tienen uso amplio para monitorear poblaciones de insectos plaga en agroecosistemas, siendo herramientas muy útiles para conocer la presencia y la densidad de estos organismos (Wyatt, 2003). Las trampas con atrayentes pueden ser extremadamente útiles en MIP simplemente por hacer las poblaciones de la plaga más visibles (Daterman, 1982).

En este artículo se entiende como monitoreo la colecta y análisis de observaciones o mediciones repetidas para evaluar cambios en la condición y progreso hacia el logro de un objetivo de manejo (Elzinga *et al.*, 2001). El monitoreo es una técnica especializada del muestreo que su raíz significa “advertir”; éste permite identificar problemas en sus estados tempranos, antes que se conviertan en crisis obvias y mientras están disponibles soluciones de bajo costo. A través del monitoreo se obtiene información relevante para tomar decisiones en los programas MIP. Taylor *et al.* (1991) mencionan que en entomología económica probablemente las trampas con feromonas son la herramienta más ampliamente usada para monitoreo.

Las principales aplicaciones del monitoreo, de acuerdo con Wall (1990), son la detección, el uso de umbrales y la estimación de la densidad de poblaciones (Cuadro 1).

4.1.1. Detección

Los programas diseñados para detectar plagas tienen los objetivos de prevenir la dispersión de una especie indeseable hacia nuevas áreas geográficas y monitorear la dispersión de especies exóticas cuando se establecen en áreas nuevas (Buntin, 1994). La detección requiere solamente de un método sensitivo de trapeo que provea información cualitativa sobre la presencia o ausencia de la plaga. El trapeo de detección puede ser usado para verificar si una región se haya libre de una plaga. El muestreo de detección se basa en inspecciones visuales y técnicas de muestreo relativo como trampas con feromonas o trampas pegajosas que atraen a los estados móviles de las plagas objetivo. Los métodos de detección tienen aplicación en alerta temprana (emergencia, inmigración o emigración), estudios de distribución y cuarentena (Cuadro 1).

Las trampas con feromonas son herramientas muy importantes en detectar plagas recién introducidas; su alta sensibilidad y especificidad permite encontrarlas cuando sus poblaciones se encuentran en niveles muy bajos, dando mayor oportunidad de eliminarlas, minimizar el daño o retrasar la dispersión (Daterman, 1982).

¹ La mayoría de las feromonas y volátiles vegetales son compuestos no polares.

Cuadro 1. Uso de trampas en monitoreo (modificado de Wall, 1990).

Información de las capturas con trampas	Aplicación
Detección	Alerta temprana Estudios de distribución Cuarentena
Umbrales	Tratamientos oportunos Uso oportuno de otros métodos de muestreo Evaluación de riesgos
Estimación de la densidad	Tendencias poblacionales Dispersión Evaluación de riesgos Efecto de las medidas de control

Estudios extensivos con trampas con feromonas pueden ayudar a definir la distribución local o regional de una plaga. Para que estos estudios sean efectivos se requieren cebos confiables, de larga duración con máxima atracción, y trampas eficientes y baratas. El atrayente debe permanecer activo por lo menos varias semanas, ya que el periodo de la actividad estacional de la plaga puede ser desconocido y podría ser muy caro cebar continuamente gran número de trampas en la zona de estudio. La captura de un solo individuo es significativa, por lo cual, se requiere un máximo de atracción del cebo (Daterman, 1982). Algunos estudios que aplicaron el uso de trampas para determinar la distribución de insectos plaga se reportan en Scout *et al.* (1984).

Además de las trampas con feromonas, Boivin *et al.* (1982) demostraron que trampas pegajosas fueron útiles para detectar temprano en la primavera la presencia de *Lygus lineolaris* en huertas de manzano.

4.1.2. Umbrales

Las capturas en trampas se han usado como umbrales ó índices poblacionales que orientan en la toma de decisiones de control de varias plagas. Por lo general, la determinación de estos umbrales solo ha sido posible después de establecer la relación entre las capturas y los daños al cultivo. Por ejemplo, Madsen y Vakenti (1973) determinaron que aspersiones contra *Cydia pomonella* solo deberían usarse si trampas cebadas con feromona ("Codlemone") capturaban dos ó más palomillas por trampa por semana y si se encontraban frutos infestados. Usando trampas rectangulares de color blanco con pegamento en huertas de manzana, Prokopy *et al.* (1982) sugirieron un umbral de acción de capturas acumuladas de 3.0 adultos de la chinche *Lygus lineolaris* por trampa al quedar los botones florales expuestos o de 4.4 adultos por trampa cuando éstos se tornaban rosas. Estudios

con trampas cebadas con volátiles sintéticos de manzana para determinar tratamientos de control de *Rhagoletis pomonella* en huertos comerciales, demostraron que niveles comerciales de control podrían obtenerse usando un umbral de captura de dos adultos por trampa (Stanley *et al.* 1987). El uso de índices de trampeo para tomar decisiones oportunas de control fue explorado por Rummel *et al.* (1980) para el picudo del algodón *Antonomus grandis*; estos autores encontraron una buena correlación entre la respuesta de los picudos procedentes de los sitios de hibernación a las trampas con feromonas ("Grandlure") y la infestación subsiguiente en la etapa inicial del cultivo, y a partir de estos resultados, propusieron tratar contra los picudos sobre invernantes cuando se capturaran 2.5 ó más por trampa, justo antes o al aparecer los primeros botones florales de 1/3 de crecimiento.

La captura de referencia ("biofix") es otro umbral usado para determinar el momento oportuno de aplicación o para predecir la ocurrencia de algún evento biológico. Una combinación de monitoreo biológico para determinar la captura de referencia y monitoreo del ambiente para calcular el tiempo fisiológico (días-grado), es uno de los métodos de mayor aceptación (Judd y Gardiner, 1997). Por ejemplo, Riedl *et al.* (1976) encontraron que los días-grado contados a partir de la primera captura de *Cydia pomonella*, fue el método más preciso en predecir el inicio de la eclosión de la descendencia de primavera. Jorgensen *et al.* (1981) encontraron que el monitoreo de los machos de la escama de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) con feromonas mejoró el momento oportuno de control de las ninfas de primer instar cuando se usó un "biofix" de 275 días-grado a partir del 1 de enero.

4.1.3. Estimación de la densidad de plagas

Taylor *et al.* (1991) mencionan que las capturas a través de trampas proporcionan estimaciones relativas

de la densidad de la población, o más comúnmente, del daño potencial. Las estimaciones relativas de la densidad se expresan en cantidades o números de individuos por trampa por unidad de tiempo (o por unidad de esfuerzo o por unidad de hábitat). Con la finalidad de estudiar las historias de vida de los organismos o monitorear la densidad de su población, se ha considerado muy importante establecer la relación entre estimaciones relativas de las densidades obtenidas con trampas y estimaciones absolutas de la densidad, estas últimas expresadas en cantidades o números por unidad de superficie o por unidad de volumen. Para que esta relación tenga sentido práctico y biológico, las capturas de las trampas deben ser relacionadas con la densidad del estado de desarrollo del organismo que se muestrea.

Sin embargo, tratar de estimar la población de una plaga a partir de capturas con trampas conlleva problemas complejos (Minks, 1977; Southwood, 1978), pues resulta difícil relacionar el número de individuos capturados con el número de insectos en el campo, el número de larvas en la siguiente generación o los niveles de daño en el cultivo.

Según Minks (1977) y Southwood (1978), el número capturado de cierta especie en una trampa es determinado de manera general por la densidad y distribución de la población; la edad, sexo, especie y comportamiento de vuelo del insecto en función de cambios ambientales; y los cambios en la eficiencia de la trampa dados por el diseño de la trampa, el número de trampas por unidad de superficie y la concentración del atrayente, entre otros.

No obstante, con el auxilio de trampas se han obtenido estimaciones de la densidad de poblaciones para diferentes insectos como *Curculio caryae* (Eikenbary *et al.*, 1978), *Heliothis virescens* (Hartstack y Witz, 1981) y *Antonomus grandis* (Leggett *et al.*, 1988). En otros casos, las capturas con trampas se han correlacionado significativamente con daños al cultivo, lo que ha permitido usar a las trampas como herramientas para predicción de daños y aplicación oportuna de insecticidas, por ejemplo en *Cydia pomonella* (Riedl y Croft, 1974), *Antonomus grandis* (Benedict *et al.*, 1985), *Lygus lineolaris* (Michaud *et al.*, 1989) y *Platynota idaeusalis* (Knight y Hull, 1989).

4.2. Sistemas de trampeo para controlar poblaciones

La posibilidad que trampas con atrayentes (particularmente feromonas) puedan ser usadas directamente en el control de insectos plaga ha sido objeto de muchas investigaciones (Kydonieus y Beroza, 1982). Los fundamentos teóricos del método a través de modelos fueron propuestos por Knipping y McGuire (1966) y han sido validados en varias plagas como el picudo del algodón *Antonomus grandis* (Hardee *et al.*, 1969, 1970), el enrollador de hojas *Argyrotaenia velutinana* (Roelofs *et al.*, 1970), la palomilla gitana

Lymantria dispar (Kolodny-Hirsch y Schwalbe, 1990), el gusano rosado *Pectinophora gossypiella* (Mafrá-Neto y Habib, 1996), la mosca de la fruta del olivo *Bactrocera oleae* (Haniotakis *et al.*, 1991; Broumas *et al.*, 2002), la palomilla del té *Euproctis pseudoconspersa* (Yongmo *et al.*, 2005), entre otros.

De manera general, y siguiendo a Lanier (1990), los tipos de uso de trampas y atrayentes para el control de plagas se pueden clasificar en i) mecanismos directos y ii) mecanismos indirectos de aniquilación (Cuadro 2).

4.2.1. Mecanismos directos de aniquilación

El trampeo masivo es la forma más común de usar las trampas con atrayentes en control de plagas, siendo la "atracción-aniquilación" el mecanismo involucrado en el control; como su nombre lo indica, atracción-aniquilación consiste en atraer y eliminar la especie objetivo. Desde mediados de la década de 1960, la identificación y síntesis de numerosas feromonas atrayentes de insectos impulsó muchos experimentos para desarrollar y probar la atracción-aniquilación para el control de insectos dañinos (Lanier, 1990). El Cuadro 2 muestra los atrayentes y dispositivos empleados en atracción-aniquilación directa.

Kydonieus y Beroza (1982) mencionan que existen dos enfoques para uso de trampeo masivo. Uno de ellos propone suprimir las poblaciones incipientes y pequeñas que generalmente se encuentran fuera del área infestada. El otro enfoque propone bajar las poblaciones de larvas con insecticidas y posteriormente suprimir las poblaciones de los adultos que sobrevivan mediante trampeo masivo. De acuerdo con lo anterior, las poblaciones que son llevadas a bajos niveles pueden, teóricamente, ser mantenidas en números pequeños a través de trampeo masivo continuo, haciendo innecesario aplicaciones adicionales de insecticidas. Por lo tanto, iniciar temprano en el ciclo de cultivo con el trampeo masivo podría evitar brotes al remover suficientes insectos, de tal forma que las trampas podrían continuar suprimiendo efectivamente a la plaga durante toda la temporada.

Entre las limitantes más importantes para el trampeo masivo se encuentra el gran número de trampas que por lo general se requiere y el alto costo de su mantenimiento (Kydonieus y Beroza, 1982). A pesar de ello, bajo ciertas circunstancias el trampeo masivo puede ser el método más efectivo y a veces el único disponible. La atracción-aniquilación puede reducir el daño ocasionado por insectos plaga, incluso eliminar poblaciones aisladas. Sin embargo, la eliminación de una cantidad grande de especies blanco no es suficiente para justificar el uso operativo de la atracción-aniquilación; se requieren estudios de la eficacia y costo-efectividad. La situación económica que más favorece la aplicación de la atracción-aniquilación puede ser aquella de un cultivo de alto valor sobre el cual densidades relativamente bajas de la plaga pueden causar daños económicos (Lanier, 1990).

Cuadro 2. Atrayentes y dispositivos empleados en atracción-aniquilación (modificado de Lanier, 1990).

<i>Atrayentes</i>	
Semioquímicos	<p>Feromonas: atrayentes intraespecíficos</p> <p>Kairomonas: olores del huésped o presa</p> <p>Kairomonas o alomonas: olores de sustancias no vivas; e.g., carroña que atrae moscas</p> <p>Paraferomonas: e.g., metil eugenol que atrae moscas de la fruta, pero cuya función en la naturaleza es incierta</p>
Fuentes de luz	e.g., palomillas que son atraídas a la luz ultravioleta
Colores	e.g. el amarillo atrae áfidos y moscas blancas
Objetos	e.g., objetos grandes oscuros atraen tábanos
<i>Dispositivos</i>	
Mecanismos directos (aniquilación)	<p>Trampas</p> <p>Superficies pegajosas</p> <p>Recipientes con salida restringida</p> <p>Recipientes con vapores insecticidas</p> <p>Barreras al vuelo (e.g., vidrio) sobre bandejas con agua o aceite</p> <p>Gradillas eléctricas</p> <p>Superficies tratadas con insecticidas</p>
Mecanismos indirectos	<p>Confusión de insectos; la plaga sucumbe por cansancio y factores naturales de mortalidad</p> <p>Esterilización de insectos</p> <p>Contaminación con patógenos</p> <p>Cosecha o saneamiento de cultivos trampa</p>

Webb (1982) menciona que los fracasos en obtener niveles económicos de control han sido más frecuentemente que los éxitos. Los parámetros que influyen la eficiencia absoluta del uso de trampas con fines de control son muchos. Hardee *et al.* (1969) concluyeron que la información sobre los factores que influyen sobre la respuesta de un insecto a su feromona, es un prerrequisito para el uso exitoso de las feromonas sexuales en control o erradicación de insectos.

4.2.2. Mecanismos indirectos de aniquilación

El uso de feromonas para confundir a los insectos con el propósito de interrumpir el apareamiento, es una técnica de amplio uso (e.g., Ridgway *et al.*, 1990). Sin embargo, en esta revisión no se tratará porque no involucra el uso de trampas.

La combinación de trampas con feromonas y patógenos ha sido propuesta para el control de insectos plaga de productos almacenados (Burkholder y Ma, 1985). Un sistema de trapeo con feromonas y patógenos fue probado exitosamente para dispersar esporas del protozoario *Mattesia trogoderma* para la supresión de *Trogoderma glabrum* (Shapas *et al.*, 1977). En esta investigación se observó que los machos de *T. glabrum* se contaminaron con esporas del patógeno cuando intentaron copular con la fuente de la feromona. Posteriormente, la transferencia de esporas desde la trampa a las generaciones subsecuentes de *T. glabrum* ocurrió principalmente cuando las larvas ingirieron adultos muertos contaminados o alimento contaminado que estuvo en contacto con los adultos.

4.2.3. Principios operativos de la atracción-aniquilación

Según Lanier (1990), los principios operativos de la mayoría de los sistemas de atracción-aniquilación pueden ser agrupados bajo los siguientes aspectos clave i) atrayentes sintéticos; ii) interfase atrayente e insecto-dispositivo; iii) estado de desarrollo de la plaga; iv) sexo de la plaga; v) tasas de liberación.

4.2.3.1. Atrayentes sintéticos

Los atrayentes semioquímicos sintéticos óptimos son por lo general idénticos a los naturales. Los atrayentes sintéticos que son menos activos que las fuentes naturales les pueden faltar componentes químicos, tienen relaciones no naturales de componentes o contienen sustancias inhibidoras. Uno de los problemas más serios de la atracción-aniquilación es la competencia con fuentes naturales de atracción.

4.2.3.2. Interfase atrayente e insecto-dispositivo

La efectividad de la atracción-aniquilación se incrementará conforme se incrementen las interfases del atrayente y del insecto-dispositivo (área de la superficie activa disponible para los insectos atraídos), relativas al tamaño de la población de la plaga. El poder de los sistemas de atracción-aniquilación se relaciona inversamente con la densidad de la población y al tamaño del área sobre la cual la plaga está presente. Por lo tanto, la atracción-aniquilación es una estrategia más apropiada para controlar poblaciones que son inmigrantes, geográficamente limitadas (e.g., islas) o pequeñas (naturalmente o por acciones de MIP). Su éxito puede mejorarse evaluando la población objetivo, la competitividad del atrayente (incrementar la potencia) y la eficacia del dispositivo (incrementar tamaño o eficiencia). Incrementar la interfase insecto-dispositivo casi siempre incrementa el efecto de una cantidad dada de atrayente liberado; esto puede lograrse incrementando el tamaño o número de las trampas, usando superficies pegajosas (más que recipientes) o usando cultivos trampa o superficies tratadas con insecticidas. Aunque los tóxicos mejorarán casi siempre la relación costo-efectividad, la gente puede percibir peligros a su salud o al medio ambiente. Los incrementos en atracción no son lineales con el incremento de las tasas de liberación del atrayente. La eficiencia de las trampas puede ser fuertemente afectada por su posición; otros aspectos incluyen el color, la altura sobre el nivel del suelo y la calidad de la superficie de la trampa. Que las poblaciones se encuentren a niveles bajos parece ser la clave del control mediante trampeo masivo de insectos plaga; al menos esto ha sido reportado para insectos plaga en algodónero (Hardee *et al.*, 1970), huertas de frutales (Roelofs *et al.*, 1970; Madsen y Carty, 1979), bosques

(Bakke, 1982) y productos almacenados (Burkholder y Ma, 1985).

4.2.3.3. Estado de desarrollo de la plaga

Cuando el estado de desarrollo nocivo es removido por un sistema de atracción-aniquilación, el daño será reducido en proporción al porcentaje de la población afectada; cuando el estado de desarrollo removido es aquel que no causa el daño, la proporción de daño reducido será menor que el de la población afectada. El poder de la atracción-aniquilación será mucho más grande contra adultos que hacen daño (e.g., descortezadores) que sobre adultos de especies cuyos daños se presentan después o que son indirectos (e.g., gusano rosado).

4.2.3.4. Sexo de la plaga

Entre especies polígamas, los atrayentes que atraen hembras tendrán mayor impacto sobre la reproducción, relativa al porcentaje afectado, que los atrayentes que atraen solamente machos. Para reducir la población mediante la captura de machos, método conocido como "aniquilación de machos", suficientes machos deben ser removidos de la población para evitar el apareamiento de una proporción significativa de la población de hembras. Los estudios de Steiner y Lee (1955) con *Bactrocera dorsalis* sugieren que el uso exitoso del método de aniquilación de machos con el objetivo de control probablemente esté limitado a áreas con poblaciones aisladas.

4.2.3.5. Tasas de liberación

La proporción de una población activada por un atrayente, y el área sobre la cual el umbral de activación se alcanza, se incrementará con la tasa de liberación, pero la proporción de los individuos activados que hacen contacto con el dispositivo decrecerá al incrementar las tasas de liberación. La relación entre las tasas de liberación del atrayente y las capturas es típicamente sigmoidea. La densidad óptima de atrayentes debería estar entre aquella a la cual la competencia entre atrayentes puede ser medida mediante el decremento del promedio aniquilado por unidad de dispositivo y aquella a la cual la aniquilación total para su incremento.

5. Trampas, atrayentes y el entorno socioeconómico

En países como México no es posible dejar de lado algunas consideraciones con respecto al efecto del entorno socioeconómico sobre la generación, validación y adopción de la tecnología asociada a trampas y atrayentes. Sin duda alguna, el entorno socioeconómico influye fuertemente en el uso de las trampas y atrayentes, pues mientras esta tecnología es

ampliamente conocida y usada por las grandes empresas agrícolas y aquellas dedicadas a la exportación, su uso es nulo o escaso en la agricultura de subsistencia, o en aquella cuyos productos se destinan a satisfacer las necesidades del mercado local, regional o nacional, y que practican casi todos los campesinos mexicanos.

En el caso de estos últimos, tal situación se deriva principalmente de los escasos recursos económicos disponibles para supervivir, y de los aún más raquíticos recursos que destinan a la producción. La crisis económica del sector rural campesino, más las políticas de libre mercado, imponen un modelo de desarrollo donde impera la desorganización, escasean los mercados, la industrialización está desarticulada, la emigración de los campesinos a las urbes y el extranjero se acentúa, falta asistencia técnica y capacitación, entre otros problemas, que finalmente limitan las capacidades productivas de dicho sector (Barrera *et al.*, 2004a).

No sorprende pues que innumerables agricultores y silvicultores campesinos no tengan acceso a estas tecnologías ni estén preparados para su uso, mucho menos en posibilidades de enfrentar satisfactoriamente las plagas de sus cultivos (Jiménez *et al.* 2000; Segura *et al.*, 2004; Zavala *et al.*, 2005). El problema es grave, no solo porque bajo estas condiciones las plagas reducirán las ganancias de los campesinos, sino porque los campos abandonados o con manejo deficiente, son fuente de infestación para los cultivos de las organizaciones y empresas agroindustriales exitosas, y una limitante para la operación de programas fitosanitarios nacionales, particularmente dirigidos a plagas exóticas y de importancia cuarentenaria.

En el caso de los productores de café, Barrera *et al.* (2004a) proponen un enfoque diferente para enfrentar esta problemática: facilitar, promover y apoyar el desarrollo de las capacidades de los campesinos para su organización en empresas consolidadas y de vanguardia para la producción, industrialización y comercialización de productos para mercados diferenciados.

Solamente de esta manera los campesinos podrían mejorar sus ingresos y bienestar, y como consecuencia, disponer de los medios para satisfacer las necesidades de educación y salud de sus familias, ser factor de peso para el desarrollo de sus comunidades, y entre otras cosas, tener capacidad para pagar la asistencia técnica e invertir en capacitación para producir con tecnologías agroecológicas productos sanos en ambientes igualmente sanos. Es decir, resolviendo sus necesidades básicas los campesinos tendrían el interés y los medios para pensar primero, y actuar después, en practicar una estrategia de manejo integrado de plagas donde trampas y atrayentes fueran una de las herramientas de monitoreo y/o control de las plagas que los afectan.

Este enfoque de enfrentar a las plagas ha sido denominado por Barrera (2005) "manejo holístico de plagas".

6. Conclusiones

La literatura que concierne a la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas es amplia, particularmente después del aislamiento y síntesis de las primeras feromonas sexuales y de agregación en la década de 1960. Grandes adelantos se han reportado sobre la ecología química de muchos insectos de importancia económica, y numerosos ejemplos dan cuenta del uso de trampas con atrayentes para el monitoreo y control de gran variedad de plagas, tanto en cultivos de zonas templadas como tropicales.

Las trampas cebadas con atrayentes constituyen una herramienta que conjuga los resultados de finos estudios de la estructura y función de los semioquímicos y del intrincado comportamiento y fisiología de los insectos, con principios y procesos ecológicos, económicos y de bioingeniería, bajo una estrategia de manejo que concreta la información de las capturas de artrópodos en acciones de advertencia, vigilancia y control. Esto es, la interpretación de las capturas con relación al desarrollo de los cultivos, las poblaciones de los fitófagos y sus enemigos naturales, los factores del clima, la economía del productor, la tendencia de los mercados y las presiones ambientalistas, sintetiza conocimiento y tecnología en información para la toma de decisiones eficaces y de bajo costo socioeconómico y ambiental en el manejo de plagas.

No obstante lo antes dicho, se debe reconocer que también existen muchos problemas que limitan la eficiencia de los sistemas de trapeo. Ante la complejidad de los sistemas urbanos y agroecológicos donde operan comúnmente las trampas cebadas con atrayentes, es claro que su eficiencia está sujeta a numerosos factores bióticos y abióticos, por lo general interaccionando entre sí. El reto se magnifica en la agricultura de subsistencia y las áreas boscosas y selváticas, donde los agricultores y las agencias gubernamentales no cuentan con los medios económicos, culturales y tecnológicos suficientes que permitan aprovechar esta herramienta.

Así pues, la tarea que se tiene por delante presenta, desde nuestro punto de vista, dos vertientes de acciones que continuamente tendrán que converger para lograr un uso más eficiente y más amplio de las trampas y atrayentes:

- i) Incrementar las investigaciones sobre ecología química, pero bajo un enfoque trófico que permita generar conocimientos sobre la estructura y función del sistema, y en asociación con otras disciplinas, contribuir a su mejor entendimiento.
- ii) Incrementar el desarrollo de tecnologías apropiadas a las condiciones de los agricultores, silvicultores y las comunidades en general, para lo cual, se deberá enfatizar en la participación de estos grupos en el proceso de investigación y

desarrollo tecnológico, pues su contribución podría favorecer la adopción y adaptación de la tecnología.

La tarea señalada podrá ser más fácil en la medida del éxito que se obtenga en conformar equipos interdisciplinarios e interinstitucionales, donde productores, agencias gubernamentales y no gubernamentales, científicos, tecnólogos, legisladores, comercializadores y representantes de la sociedad, entre otros, establezcan objetivos claros y metas alcanzables mediante el intercambio de conocimientos, destrezas, influencias y presupuestos.

7. Agradecimientos

Se agradece a Ana María Galindo Rodas, responsable de la biblioteca de ECOSUR-Unidad Tapachula, por su apoyo para conseguir algunos de los artículos revisados en la elaboración de este trabajo. Parte de este trabajo se realizó como una de las actividades de JFB en el proyecto "Bioecología y manejo de plagas del café en el Soconusco y Sierra de Chiapas" financiado por Fundación Produce Chiapas.

8. Literatura citada

- Auger, J., C. Lecomte & E. Thibout. 1989. Leek odor analysis by gas chromatography and identification of the most active substance for the leek moth, *Acrolepiopsis assectella*. J. Chem. Ecol., 15: 1847-1854.
- Arn, H., M. Tóth & E. Priesner. 2000. The Pherolist. <http://nysaes.cornell.edu/pheronet/>
- Baker T. C., T. Dittl & A. Mafra-Neto. 1997. Disruption of sex pheromone communication in the black-headed fireworm in Wisconsin cranberry marshes by using MSTRS devices. J. Agric. Entomol., 14: 449-457.
- Bakke, A. 1982. Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* in Norway as part of integrated control program. En: A.F. Kydonieus & M. Beroza (eds.), Insect suppression with controlled release pheromones systems. Volume II. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 17-25.
- Barrera, J.F. 2005. Manejo holístico de plagas: concepto, estrategia y el caso de las plagas del café. En: XXI Simposio Latinoamericano de caficultura. San Salvador, El Salvador, C.A.
- Barrera, J.F., M. Parra V., O.B. Herrera H., R. Jarquín G. & J. Pohlen. 2004a. Plan Rector para el Manejo Agroecológico del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur y la Comisión para el Desarrollo y Fomento del Café de Chiapas. Informe técnico. Noviembre de 2004. Tapachula, Chiapas, México. 236 p.
- Barrera, J.F., A. Villacorta & J. Herrera. 2004b. Fluctuación estacional de las capturas de "La Broca del café" (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol- metanol e implicaciones sobre el número de trampas. Entomología Mexicana 3: 540-544.
- Benedict, J.H., T.C. Urban, D.M. George, J.C. Segers, D.J. Anderson, G.M. McWhorter & G.R. Zummo. 1985. Pheromone trap thresholds for management of overwintered boll weevils (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol., 78: 169-171.
- Bernays, E. A. & R. F. Chapman. 1994. Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. Chapman & Hall, New York.
- Beroza M. & N. Green. 1963. Materials tested as insect attractants. USDA, ARS Handbook 239, 2-4 p.
- Beroza, M., N. Green, S. I. Gertler, L. F. Steiner & D. H. Miyashita. 1961. Insect attractants: new attractants for the Mediterranean fruit fly. J. Agr. Food Chem., 9: 361-365.
- Black, M. H., F. T. A. Alamid, E. M. Alsol, M. Kagigi, F. Kawan & N. El Busafi. 1996. Standardization of Medfly Trapping in the Libyan Arab Jamahiriya during 1987-1991. En: Standardization of Medfly trapping for use in sterile insect technique programmes. Final report. International Agency Energy Agency. Vienna Austria, pp. 29-68.
- Boivin, G., R.K. Stewart & I. Rivard. 1982. Sticky traps for monitoring phytophagous mirids (Hemiptera: Miridae) in an apple orchard in Southwestern Quebec. Environ. Entomol., 11: 1067-1070.
- Broumas, T., G. Haniotakis, C. Liaropoulos, T. Tomazou1 & N. Ragoussis. 2002. The efficacy of an improved form of the mass-trapping method, for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin). (Dipt., Tephritidae): pilot-scale feasibility studies. J. Appl. Entomol., 126: 217-223.
- Bruce, T. J., A. Cork, D. R. Hall & E. Dunkelblum. 2002. Laboratory and field evaluation of floral odours from African marigold, *Tagetes erecta*, and sweet pea, *Lathyrus odoratus*, as kairomones for the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. IOBC WPRS Bull. 25: 1-9.
- Buntin, G.D. 1994. Developing a primary sampling program. En: L.P. Pedigo and G.D. Buntin, Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC Press, Boca Raton, pp. 99-115.
- Burkholder, W.E. & M. Ma. 1985. Pheromones for monitoring and control of stored-product insects. Annu. Rev. Entomol., 30: 257-272.
- Cardé, R. T. & T. C. Baker. 1984. Sexual communication with pheromones. En: Bell, W. J. & R. T. Cardé (eds). Chemical Ecology of Insects. Chapman and Hall, New York, pp. 355-386.
- Cardé, R.T. & K.F. Haynes. 2004. Structure of the pheromone communication channel in moths. En: R. T. Cardé & J. G. Millar (eds.). Advances in the Chemical Ecology of Insects. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 283-332.
- Chambers, D. L. 1977. Attractants for fruit fly survey and control, En: H. H. Shorey & J. J. McKelvey (eds.), Chemical Control of Insect Behavior: Theory and

- Practice. Wiley-Intersciences Pub. New York, pp. 327-344.
- Couty, A., H. Van Emden, J. N. Perry, J. M. Hardie, J. A. Pickett & L. J. Wadhams. 2006. The roles of olfaction and vision in host-plant finding by the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Physiol. Entomol.*, 31: 134-145.
- Cruz-López, L., E. A. Malo, J. Toledo, A. Virgen, A. del Mazo & J. C. Rojas. 2006. A new potential attractant for *Anastrepha obliqua* from *Spondias mombin* fruits. *J. Chem. Ecol.*, 32: 351-365.
- Daterman, G.E. 1982. Monitoring insects with pheromones: trapping objectives and bait formulations. En: A. F. Kydonieus & M. Beroza (eds.), *Insect suppression with controlled release pheromones systems. Volume I.* CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 195-212.
- Eikenbary, R.D., R.D. Morrison, G.H. Hedger & D. B. Grovenburg. 1978. Development and validation of prediction equations for estimation and control of pecan weevil populations. *Environ. Entomol.*, 7: 113-120.
- El-Sayed, A. M. 2006. The Pherobase: Database of insect pheromones and semiochemicals. <http://www.pherobase.com>
- Elzinga, C.L., D.W. Salzer, J.W. Willoughby & J.P. Gibbs. 2001. *Monitoring plant and animal populations.* Blackwell Science Inc., Massachusetts. 360 p.
- Flores, S. 2003. Bases del trampeo y atrayentes. En: XV Curso Internacional sobre Moscas de la Fruta. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Metapa de Domínguez, Chiapas, México, pp. 89-98.
- Haniotakis, G., M. Kozyrakis, T. Fitsakis & A. Antonidaki. 1991. An effective mass trapping method for the control of *Dacus dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 84: 564-569.
- Hardee, D.D., W.H. Cross, P.M. Huddleston & T.B. Davich. 1970. Survey and control of the boll weevil in West Texas with traps baited with males. *J. Econ. Entomol.*, 63: 1041-1048.
- Hardee, D.D., W.H. Cross, E.B. Mitchell, P.M. Huddleston, H.C. Mitchell, M.E. Merkl & T.B. Davich. 1969. Biological factors influencing responses of the female boll weevil to the male sex pheromone in field and large-cage tests. *J. Econ. Entomol.*, 62: 161-165.
- Hardie J. & A. K. Minks (eds.). 1999. *Pheromones of Non-lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants.* CAB International, London.
- Harris, M. O. & S. P. Foster. 1995. Behavior and integration. En: Cardé, R. T. & W. J. Bell (eds.). *Chemical Ecology of Insects 2.* Chapman and Hall, New York, pp. 3-46.
- Hartstack, A.W. & J.A. Witz. 1981. Estimating field populations of tobacco budworm moths from pheromone trap catches. *Environ. Entomol.*, 10: 908-914.
- Heath, R. R., N. D. Epsky, A. Guzman, B. D. Dueben, A. Manukian & W. L. Meyer. 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 88: 1307-1315.
- Jiménez, L., J.F. Barrera, M. Rojas, J. Valle & A. Zamarripa. 2000. Tácticas y estrategias usadas por ejidatarios para combatir a la "Broca del café" *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), en el municipio de Tapachula, Chiapas. En: XXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Guanajuato, Guanajuato, México, p. 208- 210.
- Jorgensen, C.D., R.E. Rice, S.C. Hoyt & P.H. Westigard. 1981. Phenology of the San Jose scale (Homoptera: Diaspididae). *Can. Entomol.*, 113: 149-159.
- Judd, G.J.R. & M.G.T. Gardiner. 1997. Forecasting phenology of *Orthosia hibisci* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) in British Columbia using sex-attractant traps and degree-day models. *Can. Entomol.*, 129: 815-825.
- Knight, A.L. & L.A. Hull. 1989. Predicting seasonal apple injury by tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae) with early-season sex pheromone trap catches and brood I fruit injury. *Environ. Entomol.*, 18: 939-944.
- Knipling, E.F. & J.U. McGuire, Jr. 1966. Populations models to test theoretical effects of sex attractants used for insect control. *USDA Inform. Bull.* 308. 30 p.
- Kolodny-Hirsch, D.M. & C.P. Schwalbe. 1990. Use of disparlure in the management of the gipsy moth. En: R.L. Ridgway, R.M. Silverstein & M.N. Inscoe (eds.), *Behavior-modifying chemicals for insect management.* Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 363-385.
- Kydonieus, A.F. & M. Beroza. 1982. Pheromones and their use. En: A.F. Kydonieus & M. Beroza (eds.), *Insect suppression with controlled release pheromones systems. Volume I.* CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 3-12.
- Lanier, G.N. 1990. Principles of attraction-annihilation: mass trapping and other means. En: R.L. Ridgway, R.M. Silverstein & M.N. Inscoe (eds.), *Behavior-modifying chemicals for insect management.* Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 25-45.
- Law, R. H. & F. E. Regnier. 1971. Pheromones. *Annu. Rev. Biochem.* 40: 533-548.
- Leggett, J.E., W.A. Dickerson, K.P. Burnham, S.H. Roach, A.R. Hopkins & F.R. Planer. 1988. Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae): emergence profile of overwintered weevils measured by Grandlure-baited traps and predicting total emergence. *Environ. Entomol.*, 17: 903-910.
- Liedo, P. 1997. Bases teóricas y conceptos sobre trampeo y atrayentes. En: *Memorias del Curso Regional sobre Moscas de la Fruta y su Control en Áreas Grandes con Énfasis en la Técnica del Insecto Estéril.* Programa Moscamed, SAGAR, FAO OEIA, Metapa de Domínguez, Chiapas, México, pp. 121-128.

- Lofstedt, C. & M. Kozlov. 1997. A phylogenetic analysis of pheromone communication in primitive moths. En: Insect Pheromone Research, New Directions, Cardé, R. T. & A. K. Minks (eds.). Chapman & Hall, New York, pp. 473-489.
- Lopez, J. D., Jr. 1998. Evaluation of some commercially available trap designs and sex pheromone lures for *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol., 91: 517-521.
- Ma, P. W. K. & S. B. Ramaswamy. 2003. Biology and ultrastructure of sex pheromones-producing tissue. En: Blomquist, G. J. & R. G. Vogt (eds.). Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology. Elsevier, London, pp. 15-52.
- Madsen, H.F. & B.E. Carty. 1979. Codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae): suppression by male removal with sex pheromone traps in three British Columbia orchards. Can. Entomol., 111: 627-630.
- Madsen, H.F. & J.M. Vakenti. 1973. Codling moth: use of Codlemone® -baited traps and visual detection of entries to determine need of sprays. Environ. Entomol., 2: 677-679.
- Mafra-Neto A. & T.C. Baker. 1996. Timed, metered sprays of pheromone disrupt mating of *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Agric. Entomol., 13: 149-168.
- Mafra-Neto, A. & M. Habib. 1996. Evidence that mass trapping suppresses pink bollworm populations in cotton fields. Entomol. Exp. Appl., 81: 315-323.
- Malavasi, A., A. va Sauers-Muller, D. Midgarden, V. Kellamn, D. Didelot & O. Ribeiro. 1999. The status of the carambola fruit fly eradication program in South America. En: Taller Internacional Sobre Programas de Control y Erradicación de Moscas de los Frutos. SENASA. Buenos Aires, Argentina, p 17.
- Meagher, R. L. & E. R. Mitchell. 2001. Collection of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) using selected pheromone lures and trap designs. J. Entomol. Sci., 36: 135-142.
- Metcalf, R. L. & E. R. Metcalf. 1992. Plant kairomones in insect ecology and control. London, Chapman & Hall. 168 p.
- Michaud, O.D., G. Boivin & R.K. Stewart. 1989. Economic threshold for tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) in apple orchards. J. Econ. Entomol., 82:1722-1728.
- Minks, A.K. 1977. Trapping with behavior-modifying chemicals: feasibility and limitations. En: H.H. Shorey and J.J. McKelvey, Jr. (eds.), Chemical control of insect behavior: theory and application. John Wiley & Sons, N.Y., pp. 385-394.
- Mitchel, R. E. 1981. Management of insect pests with semiochemicals. Concepts and practice. US Department of Agriculture. Fla, USA. Plenum Press. New York, USA, 514 p.
- Mitchell, E. R., H.R. Agee & R.R. Heath. 1989. Influence of pheromone trap color and design on capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae). J. Chem. Ecol., 15: 1775-1784.
- Montoya, P., H. Celedonio, H. Miranda, J. Paxtian & D. Orozco. 2002. Evaluación de sistemas de trapeo y atrayentes para la captura de hembras de *Ceratitidis capitata* (Wied.) y otras moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en la región del Soconusco, Chiapas. Folia Entomol. Mex., 41: 359-374.
- Morse, D. & E. Meighen. 1987. Pheromone biosynthesis: enzymatic studies in Lepidoptera. En: Pheromone Biochemistry, Prestwich, G. D. & G. J. Blomquist (eds.). Academic Press, Inc., New York, pp. 121-158.
- Muirhead-Thomson, R. C. 1991. Trap Responses of Flying insects. Academic Press, San Diego, Ca, 287 p.
- Oehlschaler, A. C., C. M. Chinchilla, L. M. Gonzalez, L. F. Jiron, R. Mexzon & B. Morgan. 1993. Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol., 86: 1381-1392.
- Percy-Cunningham, J. E. & J. Weatherston. 1987. Biology and ultrastructure of sex pheromone-producing glands. En: Pheromone Biochemistry, Prestwich, G. D. & G. J. Blomquist (eds.). Academic Press, Inc., New York, pp. 27-75.
- Prokopy, R. J. 1968. Visual responses of apple maggot flies, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae): orchard studies. Entomol. Exp. Appl., 11: 403-422.
- Prokopy, R.J. 1972. Response of apple maggot flies to rectangles of different colors and shades. Environ. Entomol., 1: 720 - 726.
- Prokopy, R. J. & E. D. Owens, 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. Annu. Rev. Entomol., 28: 337-364.
- Prokopy, R.J., G.L. Hubbell, R. G. Adams & K.I. Hauschild. 1982. Visual monitoring trap for tarnished plant bug adults on apple. Environ. Entomol., 11: 200-203.
- Ridgway, R.L., R.M. Silverstein & M.N. Inscoe (eds.). 1990. Behavior-modifying chemicals for insect management. Marcel Dekker, Inc. New York. 761 p.
- Rield, H., & B.A. Croft. 1974. A study of pheromone trap catches in relation to codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) damage. Can. Entomol., 106: 525-537.
- Rield, H., B.A. Croft & A.J. Howitt. 1976. Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological-time models. Can. Entomol., 108:449-460.
- Robacker, D. C., D. S. Moreno & A. B. Demilo. 1996. Attractiveness to Mexican frit flies combinations of acetic acid with ammonium/amino attractants with emphasis on effect of hunger. J. Chem. Ecol., 22: 499-511.
- Roelofs, W.L., E.H. Glass, J. Tettee & A. Comeau. 1970. Sex pheromone trapping for red-banded leaf roller control: theoretical and actual. J. Econ. Entomol., 63: 1162-1167.

- Rojas, J. C. 1999. Electrophysiological and behavioral responses of the cabbage moth to plant volatiles. *J. Chem. Ecol.*, 25: 1867-1883.
- Roseland, C. R., M. B. Bates, R. B. Carlson & C. Y. Oseto. 1992. Discrimination of sunflower volatiles by the red sunflower seed weevil. *Entomol. Exp. Appl.*, 62: 99-106.
- Rummel, D.R., J.R. White, S.C. Carroll & G.R. Pruitt. 1980. Pheromone trap index system for predicting need for overwintered boll weevil control. *J. Econ. Entomol.*, 73: 806-810.
- Schoonhoven, L., T. Jermy, & J. van Loon. 1998. *Insect-Plant Biology*. Chapman & Hall, London. 409 p.
- Schlyter, F. & G. A. Birgersson. 1999. Forest beetles. En: Hardie J. & A. K. Minks (eds.). *Pheromones of Non-lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants*. CAB International, London, pp. 113-148.
- Scott, C.D., M.L. Winston, K.N. Slessor, G.G.S. King & G.G. Grant. 1984. The biology and pheromone-based monitoring of the driedfruit moth, *Vitula edmandsae serratilineella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Can. Entomol.*, 116:1007-1013.
- Segura, H.R., J. F. Barrera, A. Nazar & H. Morales. 2004. Farmers' perceptions, knowledge and management of the coffee pests and diseases and their natural enemies in Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.*, 97: 1491-1499.
- Shapas, T.J., W.E. Burholder & G.M. Boush. 1977. Population suppression of *Trogoderma glabrum* by using pheromone luring for protozoan pathogen dissemination. *J. Econ. Entomol.*, 70: 469-474.
- Shaver, T. N, J. D. Lopez Jr. & A. W. Hartstack, Jr. 1982. Effects of pheromone components and their degradation products on the response of *Heliothis* spp to traps. *J. Chem. Ecol.*, 8: 755-762.
- Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall. London, 524 p.
- Städler, E. 2002. Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects. En: Hilker M. & T. Meiners (eds.), *Chemoecology of insect eggs and egg deposition*. Blackwell Publishing, Berlin, pp. 171-204.
- Stanley, B.H., W.H. Reissig, W.L. Roelofs, M.R. Schwarz & C.A. Shoemaker. 1987. Timing treatments for apple maggot (Diptera: Tephritidae) control using sticky sphere traps baited with synthetic apple volatiles. *J. Econ. Entomol.*, 80:1057-1063.
- Steiner, L.F. & R.K.S. Lee. 1955. Large-area tests of a male-annihilation method for oriental fruit fly control. *J. Econ. Entomol.*, 48: 311-317.
- Takanashi, T., M. Hiroki & Y. Obara. 2001. Evidence for female and male sex pheromones in the sulfur butterfly, *Eurema hecabe*. *Entomol. Exp. Appl.*, 101: 89-92.
- Taylor, R.A.J., M.L. McManus & C.W. Pitts. 1991. The absolute efficiency of gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), milk-carton pheromone traps. *Bull. Entomol. Res.*, 81: 111-118.
- Thomas, D. B., T. C. Holler, R. R. Heath, E. J. Salinas & A. L. Moses. 2001. Trap-lure combinations for surveillance of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomol.*, 84: 344-351.
- Wall, C. 1990. Principles of monitoring. En: R.L. Ridgway, R.M. Silverstein & M.N. Inscoe (eds.), *Behavior-modifying chemicals for insect management*. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 9-23.
- Webb, R.E. 1982. Mass trapping of the gypsy moth. En: A.F. Kydonieus & M. Beroza (eds.), *Insect suppression with controlled release pheromones systems. Volume II*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 27-56.
- Wyatt, T.D. 2003. *Pheromones and animal behaviour: communication by smell and taste*. Cambridge University Press, UK. 391 p.
- Yongmo, W., G. Feng, L. Xianghui, F. Feng & W. Lijun. 2005. Evaluation of mass-trapping for control of tea tussock moth *Euproctis pseudoconspersa* (Strand) (Lepidoptera: Lymantriidae) with synthetic sex pheromone in south China. *International J. Pest Manag.*, 51: 289-295.
- Zavala-Olalde, J.A., J.F. Barrera, H. Morales & M. Rojas. 2005. Design and evaluation of traps for *Idiarthron subquadratum* (Orthoptera: Tettigoniidae) with farmers participation in coffee plantations of Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.*, 98 : 821-835.