

**SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGIA
SOCOLEN**

MEMORIAS XX CONGRESO

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

SOCOLEN

MEMORIAS XX CONGRESO

Cali

Julio 13 - 16 de 1993

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR

100-151

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR

100-151

595.7

CSS

1993

V.1

008086

16. OCT 1994

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE
CHIRIQUÍ - BIBLIOTECA

PRESENTACION

Es muy satisfactorio para el Comité Organizador del XX Congreso de SOCOLEN -y en particular para la Comisión Académica- hacer entrega del presente ejemplar con las MEMORIAS del evento, al inicio del mismo.

Conviene señalar que se ha desplegado un significativo esfuerzo para publicar los artículos completos de aquellos temas que amable y oportunamente, nos remitieron los respectivos autores. Aunque era nuestro interés ofrecer la totalidad de los textos, desafortunadamente no fue posible hacerlo puesto que en algunos casos sólo se remitió un resumen y como tal se imprime; esperamos que en una Miscelánea de SOCOLEN, aparezcan posteriormente los temas restantes.

Este volumen de MEMORIAS incluye, por consiguiente, los contenidos fundamentales de las diversas Conferencias Magistrales, de los Simposios sobre Broca del Café, Picudo del Algodonero, Moscas Blancas y Trips, además del Cursillo de Control Biológico. Consideramos que los aportes de cada uno de los especialistas se constituirán en una valiosa fuente de consulta para los interesados en la materia.

Expresamos, a nombre de la Sociedad Colombiana de Entomología, nuestros sinceros agradecimientos a todos los autores que con su colaboración hicieron posible estas MEMORIAS; igualmente a las personas que tan decididamente colaboraron en la edición y transcripción de las mismas.

COMITE ORGANIZADOR

XX CONGRESO

Presidente:	César Cardona
Vicepresidente:	Roberto Gómez
Secretaria:	Nora Cristina Mesa
Tesorero:	Jades Jiménez
Revisor fiscal:	Luis Felipe Sandoval

COMISIONES

Académica:	José Iván Zuluaga
Financiera:	Jaime Llanos
Relaciones internacionales:	Stephe Lapointe
Publicidad y prensa:	Carmen Elisa Posso
Recursos físicos:	Augusto Rodríguez
Actos sociales:	Ana Elisa Malvehi
Grupo operador:	Sucesos y Eventos Ana Teresa Segura

ENTIDADES PATROCINADORAS

Abbott Laboratories de Colombia	FMC
Agrodíaz	Goper
Agroexportables	GTZ
Agroinsumos	Hoechst Colombiana
Agropuerto	INFIVALLE
Agrydine	Ingenio del Cauca
Asocolflores	Ingenio La Cabaña
Avianca	Ingenio Manuelita
Bayer Químicas Unidas	Ingenio Riopaila
Cartón de Colombia	Inmobiliaria los Cerros
Casa del Hacendado	Ortiz Jaime
CENICAFE	Productos Biológicos Perkins Ltda.
CENICAÑA	PROFICOL
CEPROBIOL	PROPAL
CIAT	Rhone-Poulenc Colombia
Ciba - Geigy Colombiana	Rohm & Hass Colombia
COINBIOL	Semillas André
Cyanamid de Colombia	SEMIVALLE
DowElanco	Shell Colombia
Du Pont de Colombia	Uniroyal Chemical
Federación Nacional de Cafeteros	Universidad Nacional de Colombia Palmira
	University of Florida

Exposición Industrial	
Basf Bayer CIAT Ciba-Geigy COIMBIOL Gimp	Hoechst Colombiana Laverlam Luis Guillermo Camargo Proficol Sanitas SOCOLEN

JUNTA DIRECTIVA SOCOLEN

1992-1994

Presidente:	Aristóbulo López-Avila
Vicepresidente:	Alfredo Acosta
Secretaria:	Judith Sarmiento
Tesorero:	Hugo Calvache
Revisor fiscal:	Jorge García

VOCALES

Principales

Rubén Restrepo
Miguel Benavides
Emilio Luque

Suplentes

Iván Zuluaga
Dora Alba Rodríguez
Raúl Pardo

CONTENIDO

Pág.

CONFERENCIAS MAGISTRALES:

INSECTOS Y ACAROS EN SALUD HUMANA. R. Valderrama	1
✓ ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE RESISTENCIA DE LAS PLAGAS. G. Lema	3
NOVEL INSECTICIDES AND THEIR PROSPECTIVES FOR INTEGRATED PEST MANAGEMENT. Antonio Beltrán	11
APPLICATION OF BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY IN CHEMOTAXONOMY OF INSECTS. J. Nation	32
MASS-PRODUCTION AND UTILIZATION OF <i>Trichogramma</i> : 13. THE SELECTION OF EFFECTIVE SPECIES FOR USE IN BIOLOGICAL CONTROL. S. Hassan	44
PHEROMONE COLLECTION AND ANALYSIS IN THE <i>Anastrepha</i> FRUIT FLIES. J. Nation	55
EL INSECTICIDA NATURAL NIM - UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LA REPUBLICA DOMINICANA. R. Peralta y F. Taveras	67
MANEJO DE PLAGAS CLAVES EN SISTEMAS DE ARROZ/PASTOS PARA LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA. S. Lapointe	74

SIMPOSIO PICUDO DEL ALGODONERO:

ALGUNOS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA DEL PICUDO DEL ALGODONERO <i>Anthonomus grandis</i> Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). V. Lobatón	76
COMPORTAMIENTO DE <i>Anthonomus grandis</i> Boheman, EN EL ALGODONERO BAJO CONDICIONES DEL TROPICO. G. Sánchez	85
DISTRIBUCION GEOGRAFICA E IMPACTO ECONOMICO DEL PICUDO DEL ALGODONERO <i>Anthonomus grandis</i> Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). F. Rendón	86

	Pág.
EXPERIENCIAS EN EL MANEJO DEL PICUDO <i>Anthonomus grandis</i> Boheman EN EL SINU MEDIO (Córdoba). U. Gómez	87
EXPERIENCIAS SOBRE EL MANEJO DEL PICUDO DEL ALGODONERO, <i>Anthonomus grandis</i> Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN EL TOLIMA Y EL HUILA. R. Revelo	105
PROPUESTA PARA UN MANEJO DE PICUDO DEL ALGODONERO EN EL VALLE DEL CAUCA. F. Rendón y otros	106
LOS I.S.Q. COMO ALTERNATIVA DENTRO DE UN MANEJO INTEGRADO DEL PICUDO DEL ALGODONERO, <i>Anthonomus grandis</i> Boheman. G. Torrado	107
SIMPOSIO BROCA DEL CAFETO:	
POLITICAS DE LA FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE. G. Cadena	110
✓ BIOLOGIA, HABITOS Y CONTROL CULTURAL DE LA BROCA DEL CAFE <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). R. Cardenas	111
EL CONTROL BIOLOGICO DE LA BROCA EN AMERICA. J. Orozco	125
CONTROL BIOLOGICO DE LA BROCA DEL CAFE, <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) CON HONGOS. F. Posada	137
✓ CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE INSECTICIDAS QUÍMICOS EN LA ZONA CAFETERA EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE, <i>Hypothenemus hampei</i> . A. Bustillo y otros	152
✓ EL CONTROL BIOLOGICO COMO UN COMPONENTE EN UN PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFE, <i>Hypothenemus hampei</i> EN COLOMBIA. A. Bustillo	159
POSIBLES MODELOS PARA LA COMBINACION DE LOS CONTROLES BIOLOGICO Y QUIMICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA. E. Valencia	165
LA BROCA: EL EXAMINADOR DE LA CAFICULTURA COLOMBIANA. J. Gómez	171

CURSILLO DE CONTROL BIOLÓGICO:

EL CONTROL BIOLÓGICO, COMPONENTE ESENCIAL DEL MIP DE PLAGAS PECUARIAS. R. Vergara	176
MANEJO RACIONAL DE ALGUNAS PLAGAS EN CAÑA DE AZÚCAR. J. Raigosa	189
EL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS DE LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA. H. Calvache	204
MANEJO DE <i>Bacillus thuringiensis</i> . F. Puerta	217
COMMERCIALIZATION OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES. W. R. Martin	233

SIMPOSIO MOSCAS BLANCAS:

WHITEFLY EVOLUTIONARY STRATEGIES: HOST-SPECIFICITY, POLYPHAGY OR BIOTYPES. L. Mound	244
STEPS TOWARDS INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF <i>Bemisia tabaci</i> . P. Stansly	251
MOSCAS BLANCAS DE COLOMBIA: RECONOCIMIENTO, CLASIFICACION, DAÑOS Y COMPORTAMIENTO. A. Saldarriaga	259
MANEJO DE <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (WESTWOOD) EN CULTIVOS DE ORNAMENTALES BAJO INVERNADERO. A. Madrigal	288
AVANCE Y PERSPECTIVAS DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS MOSCAS BLANCAS. A. López-A	303

SIMPOSIO TRIPS:

THRIPS - THE IDEAL OPPORTUNISTS. L. Mound	316
ECOLOGY AND MANAGEMENT OF FLOWER THRIPS IN A MIXED AGRONOMIC AND VEGETABLE PRODUCTION SYSTEM. J. Funderburk	322
DINAMICA POBLACIONAL Y ESTRATEGIAS DE MANEJO DE <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande (Thysanoptera: Thripidae) EN ORNAMENTALES Y FRUTALES. M. Benavides	330
MANEJO DE POBLACIONES DE TRIPS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA SABANA DE BOGOTÁ. H. Zúñiga	336

CONFERENCIAS MAGISTRALES

INSECTOS Y ACAROS EN SALUD HUMANA

Rafael Valderrama H.¹

Resumen

El tema "Insectos y Acaros en Salud Humana" cubriría una ciencia tan vasta como la Entomología Médica y por extensión a toda la Entomología, pues estos organismos establecen relaciones con el hombre, que de una u otra forma repercuten en su condición de salud; no es el objetivo de este escrito analizarlas. El mayor porcentaje de información sobre artrópodos de importancia médica se refiere a su papel como vectores, con énfasis en los mosquitos vectores de malarías; en contraste, la literatura sobre artrópodos como agentes etiológicos es muy limitada, especialmente en nuestro país. Con base en experiencias clínico-epidemiológicas y en la bibliografía consultada, se comenta y analiza el papel de los insectos y ácaros como agentes directos de cinco entidades relativamente frecuentes en Colombia.

La escabiosis es una afección dermatológica endémica y/o epidémica de amplia distribución; en ocasiones se presentan pandemias de cobertura mundial. Su frecuencia ha aumentado en los últimos 25 años; en Colombia se describe una epidemia entre 1969 y 1973 que creció exponencialmente y que afectó al sector doméstico. Recientemente se demostró que en municipios de Antioquia las tasas de morbilidad/1000 hts. fluctuaron entre 4% y 17%. Las variaciones clínicas y la amplia gama de fármacos utilizados pueden estar contribuyendo, por diagnóstico deficiente o por resistencia, al incremento del problema. Las alergias respiratorias tipo asma, bronquitis y rinitis, se asocian con un espectro grande de alérgenos medioambientales, entre los que sobresalen los ácaros del polvo, grupo complejo que incluye por lo menos 10 especies, *Dermatophagoides pteronyssinus* fue la especie más abundante y frecuente en una investigación efectuada en Medellín. La conformación proteica rutilar varía en las especies, atribuyéndose a proteínas de alto peso molecular el papel alérgico que, asociado con la respuesta inmunogénica del hospedero, desencadena la reacción alérgica. Los piojos, parásitos obligados y específicos del hombre, afectan grandes núcleos poblacionales, especialmente escolares. Las cifras sobre infestación por *Pediculus humanus capitis* es muy variable a nivel mundial, pero por lo general sobrepasa el 10% de las poblaciones estudiadas. El 30% de los escolares de diferentes estratos socio económicos de Medellín se encontró positivo para esta parasitosis y en algunos establecimiento fue superior al 60%; el problema parece estar en aumento. Varios casos de Miasis invasivas por *Cochliomyia hominivorax*, se han registrado en el Hospital Universitario San Vicente de Paul de Medellín; se discuten los tratamientos utilizados con éxito. Finalmente, se analizan los envenenamientos por picaduras de arañas, escorpiones y abejas, problema complejo y subnotificado.

¹ Universidad de Antioquia. Fac. de Medicina, A. A. 1226, Medellín.

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE RESISTENCIA DE LAS PLAGAS

Gerardo Lema²

Resumen

La introducción de productos químicos orgánicos como carbamatos, piretrinas y organo fosfatos, entre otros, desde 1940 elevó sustancialmente el nivel de control de insectos, redujo el costo de aplicación y popularizó los productos orgánicos rápidamente. Sin embargo, muy pronto aparecieron los primeros problemas de tolerancia y luego de resistencia. Debido al aumento de los problemas de resistencia en los últimos 10 años, el Manejo de Resistencia de las Plagas (MRP) es un problema de gran actualidad y su solución es crucial para mantener un nivel de control de insectos que sea ecológicamente aceptable y que permita rentabilidad a largo plazo para los agricultores.

La integración del MRP al Manejo Integrado de Plagas es necesaria y permite utilizar los beneficios mutuos de ambos programas así como adoptar una visión más completa del complejo cultivo-plaga. Entre los métodos usados para MRP como son mosaicos, rotación y mezclas, han sido todos experimentados a nivel mundial y tienen ventajas y desventajas. Su éxito depende en gran parte de la correcta evaluación de las condiciones del cultivo, complejo de insectos, nivel de resistencia y otros factores.

Independientemente del método de MRP seleccionado, la implementación es el aspecto más importante para asegurar éxitos a nivel de campo. En este artículo se sugiere que al seguir una "Alianza de Cultivo" en la cual se busca un balance entre el desafío de manejar la resistencia y las necesidades de los diferentes grupos involucrados en el cultivo e interesados en encontrar soluciones a largo plazo.

Perspectiva histórica

Hasta los años de la década de 1940, el control de insectos se había obtenido mediante el uso de productos naturales y biológicos. Pero con el descubrimiento de DDT, el primer producto orgánico producido a través de síntesis química, la historia de control de plagas cambió radicalmente. A partir de ese momento se creó una industria nueva que empezó a introducir el mercado en forma constante varias otras clases de productos químicos como por ejemplo los carbamatos, los organo clorinados, los organo fosfatos. Estas clases químicas brindaron niveles altísimos de control de plagas a un precio muy económico. Esta combinación de efectividad y bajo costo contribuyó al uso excesivo de insecticidas, lo cual a su vez aceleró la aparición del fenómeno de resistencia.

No obstante las indicaciones tempranas de problemas de resistencia a productos químicos (Georghiou, 1986), no hubo ninguna necesidad o deseo de manejar el problema de

² Abbott Laboratories, North Chicago, IL. E.U.

resistencia pues se disponía sucesivamente de alternativas que permitieran continuar controlando plagas efectivamente y por lo tanto fue posible diferir el manejo de resistencia.

Aparición de la piretrinas

En los años 70 con la última nueva clase de química orgánica introducida, las piretrinas, se elevó nuevamente el nivel de eficacia de control de insectos. Desde su lanzamiento al mercado, las piretrinas fueron exaltadas como "los insecticidas máximos" por su eficacia, relativa baja toxicidad y no fitotoxicidad. Estas condiciones llevaron a un uso acelerado, aplicaciones múltiples, dosis subletales y poco después los primeros reportes de resistencia. Los reportes de resistencia fueron corroborados en laboratorio y observaciones de campo donde se registraron fracasos en el control de algunos insectos o se empezaron a requerir dosis mas altas para obtener el mismo nivel de control.

Ejemplos de la llegada de resistencia a piretrinas se encuentran en los Estados Unidos (Texas, 1981), Australia (Emerald, 1983), Tailandia (Riverine, 1982) para mencionar solo unos casos. En la gran mayoría de los países/cultivos solo se necesitaron de 2-4 años después del lanzamiento al mercado para registrarse las primeras experiencias de resistencia. Durante los últimos 10 años la resistencia a piretrinas en varias especies de insectos ha sido documentada extensivamente como se muestra en la Tabla 1 (Georghiu 1986).

Por lo tanto, con la llegada de resistencia a piretrinas en los años 80, el problema de manejo de resistencia de las plagas no se pudo diferir o posponer más. Así, el Manejo de Resistencia de las Plagas (MRP) se volvió esencial para asegurar la longevidad de los productos químicos, mantener el nivel de control de plagas por encima de un nivel económico y asegurar que agricultores de muchos cultivos mantuvieran una rentabilidad aceptable.

Objetivos del manejo de resistencia de las plagas

El problema de MRP es de gran actualidad y de impacto mundial. Son muchos los países y cultivos que están experimentando y enfrentando este problema y dependen de una solución o de un manejo efectivo para mantener los niveles de producción agrícola.

Aunque es difícil generalizar pues hay a nivel mundial muchos programas de MRP, los objetivos principales y comunes de éstos son los siguientes:

- Mantener el control de insectos por encima de un nivel económico aceptable.
- Desarrollar e implementar estrategias de manejo de los insecticidas químicos que permitan demorar o reducir las tasas de aumento de resistencia a las diferentes clases químicas pero principalmente de las piretrinas.

Tabla 1. Ejemplos de plagas resistentes a piretrinas.

Plaga	Geografía
Colorado potato Beetle (<i>Leptinotarsa decelneata</i>)	Estados Unidos Europa Oriental
Cotton Bollweevil (<i>Anthonomus grandis</i>)	América Central
<i>Spodoptera littoralis</i>	Israel
<i>Spodoptera litura</i>	India Sur Este Asiático
Soybean looper (<i>Pseudoplusia includens</i>)	Estados Unidos
Diamondback Moth (<i>Plutella xylostella</i>)	Sur Este Asiático Japón Florida Hawaii
Peach Potato Aphid (<i>Myzus persicae</i>)	Europa Oriental Estados Unidos
<i>Aphis gossypii</i>	China Sur Africa Estados Unidos
Whitefly (<i>Bemisia</i>)	América Central Sur América Estados Unidos Israel

- Apoyar e incentivar el uso de otros métodos de control como por ejemplo el uso de controles biológicos.
- Permitir el crecimiento continuo de las áreas de cultivo que abastecen las demandas locales o de exportación.
- Reducir la aplicación de productos nocivos al hombre, la fauna y el medio ambiente.

Manejo de la resistencia de insectos como parte del Manejo Integrado de Plagas

La importancia creciente y apremiante de enfrentar el problema de resistencia de insectos y cómo manejarla, ha forzado a mirar nuevamente el Manejo Integrado de Plagas (MIP) su primer desarrollo teórico y después de más de dos décadas de implementación práctica en el campo, los conceptos del MIP siguen siendo el "Objetivo Supremo" hacia el cual muchos investigadores y programas aplicados de campo esperan obtener. En la práctica, hay muy pocos casos en los cuales los conceptos y paradigmas de MIP se han logrado obtener consistentemente y con resultados de beneficio continuo.

El concepto de MIP enfatiza ante todo la moderación en cuanto al número de aplicaciones (hacer tratamientos cuando lo requiere el nivel de insectos y madurez del cultivo en lugar de agregarse a un programa rígido establecido), usar todas las herramientas necesarias (utilizar todos los métodos de control disponibles incluyendo control biológico y otras alternativas) y mantener el balance ecológico (considerar cuidadosamente las relaciones entre diferentes especies de insectos, el impacto al medio ambiente a corto y largo plazo).

Por lo tanto no es ninguna sorpresa que el colocar el Manejo de la Resistencia a Insectos como parte integral e interrelacionada con el MIP es la posición estratégica más sólida desde el punto de vista técnico y práctico. Los requerimientos y prácticas necesarias para implementar un MIP exitosamente son a su vez las condiciones más favorables en las cuales se puede conducir e implementar un programa de manejo de resistencia a insectos.

Al promover un programa de aplicaciones basado en el nivel económico de daño al cultivo, MIP conduce a las condiciones necesarias de no abusar el uso de productos en peligro de resistencia o ya con problemas de resistencia. Si se evita la aplicación continua de ciertos productos, esta medida prolonga la preservación de los insectos susceptibles en la población, reduce la presión de selección y disminuye la herencia del genotipo resistente.

Esta premisa de aplicación medida crea además la oportunidad de utilizar métodos de control biológico como insectos benéficos y como el *Bacillus thuringiensis* (comercialmente conocido como DiPel), un potente insecticida biológico que actúa como veneno estomacal contra Lepidoptera, tiene mecanismo de acción diferente a varias clases de productos químicos y presenta un perfil toxicológico muy favorable con respecto a la fauna y el medio ambiente.

Estrategia para el manejo de resistencia a plagas

Durante la última década ha habido investigación detallada (Roush 1989, Georghiou 1990, Tabashnik 1990) acerca de estrategias para manejar la resistencia y las tácticas que pueden ser más efectivas a nivel teórico y de campo. Debido a esta investigación y más fundamentalmente, a los resultados de estrategias aplicadas en el campo y no solamente teóricas, se empiezan ya a visualizar algunas conclusiones y opciones importantes.

Numerosas estrategias para MRP han sido sugeridas y experimentadas. Aunque hay innumerables variaciones a estas estrategias, la gran mayoría se pueden clasificar en base a los insecticidas usados, el tipo de uso de estos insecticidas, la dosis aplicada, la intensidad y frecuencia de aplicación.

Con esta base se pueden clasificar estas estrategias en los siguientes grupos: mezclas, rotaciones y mosaicos.

Mezclas

La estrategia de uso de mezclas está basada en la premisa de que dos o más compuestos permiten capturar un mayor número de insectos resistentes y por lo tanto se disminuye el porcentaje de la población que transmite los genes resistentes. En modelos sistematizados, frecuentemente parece que las mezclas deben ser preferidas a las rotaciones. Sin embargo, en la práctica las ventajas de las mezclas disminuyen a medida que la frecuencia del gene resistente aumenta. Además, el uso de mezclas asume que la actividad residual en el campo de los productos incluidos en la mezcla es simialr; ésto no ocurre en forma práctica y por lo tanto la población se ve expuesta a ciertos productos más tiempo que a otros.

El uso de mezclas se ha popularizado al nivel de agricultor en muchos programas de control de insectos pues da una sensación vaga de "seguridad" al aplicar varios productos al mismo tiempo y el agricultor cree que establece una "malla de seguridad" alrededor de la aplicación. En la práctica, al aplicar en muchos casos dosis bajas o subletales de diferentes productos en una mezcla, los resultados no son mejores de si se aplican los productos individualmente.

No obstante, las mezclas son un recurso importante si el complejo de insectos que se quiere controlar es amplio y se requieren productos con eficacia contra diferentes especies.

Rotaciones

El uso de rotaciones desea exponer a las plagas a diferentes productos y mecanismos de acción y así limitar la resistencia residual. Aunque esta estrategia no resulta tan exitosa en los modelos estadísticos, en la práctica las estrategias de campo más efectivas a nivel mundial son las que utilizan el sistema de "ventana" para determinar la época y el número máximo de aplicaciones de cada clase de insecticida.

Sin duda el ejemplo más claro y progresivo en el uso de rotaciones está representado por Australia en el cultivo del algodón para manejar la resistencia de *Heliothis armigera* a piretrinas (Forrester 1993). Desde la aparición de resistencia a piretrinas en 1993, Australia adoptó la primera estrategia a gran escala de ventanas de aplicación. La estrategia Australiana de ventanas de aplicación está basada en limitar el uso de piretrinas entre 90 a 120 días aproximadamente después de plantar (Ventana II); así mismo está limitado el número de aplicaciones de piretrinas a 3 por temporada. Otra clave de la estrategia Australiana es el uso de endosulfan al comienzo y mitad de la temporada (Ventanas I y II)

para controlar *Heliothis punctigera* que no ha mostrado problemas de resistencia.

Con la excepción de algunos productos carbamatos (como tiodicarb) y productos a base de *Bacillus thuringiensis* (primordialmente DiPel ES), las otras clases químicas están limitadas a una sola "ventana" específica de aplicación y un número máximo de aplicaciones. Aunque la estrategia de Ventanas en Australia es voluntaria y no impuesta, el nivel de aceptación y disciplina es cerca al 100%.

La estrategia en Australia ha sido exitosa desde muchos puntos de vista y ha logrado continuar la expansión del área cultivada y el aumento de la producción total y por hectárea. Un buen ejemplo para ilustrar este punto es mirar el impacto de resistencia comparando las fortunas de Australia y Tailandia durante el mismo período: Australia con estrategia y Tailandia sin estrategia. El cultivo del algodón en Tailandia se ha reducido radicalmente y prácticamente está terminado el cultivo comercial mientras que en Australia el área cultivada y la producción ha aumentado continuamente en los últimos 8 años.

Aún con este éxito Australia ha continuado modificando los parámetros de la estrategia para acomodarse a los niveles de resistencia. Entre los cambios más importantes desde 1993 están:

- Expandir la Ventana de las piretrinas de 35 a 42 días (1989).
- Recomendar el uso de PBO en mezclas con piretrinas para que actúe como sinergista (1990).
- Recomendar el uso de DiPel ES (Ventanas I y II) par controlar la población resistente y susceptible y usar un mecanismo de acción diferente a productos químicos (1990).
- Recomendar un kit de diagnóstico, LepTon[®], para determinar en el campo el porcentaje de *Heliothis armigera* y *punctigera* y así determinar la mejor aplicación disponible (1993).

Una de las lecciones claves resultantes de los programas en Australia, Estados Unidos, Egipto, México, Taiwan e Italia, por nombrar sólo unos pocos, es la necesidad de balancear las necesidades del manejo de resistencia de las plagas con la rentabilidad del cultivo. La gran mayoría de agricultores son más receptivos a restricciones o recomendaciones de productos/ventanas si éstas permiten al final tener una rentabilidad adecuada.

Mosaicos

Los mosaicos es el uso exclusivo de una clase química en un área y de otra diferente en otra área. El tamaño del área de cada mosaico depende del flujo genético y la movilidad de los insectos. En realidad, los mosaicos son parecidos a mezclas y rotaciones pero con más énfasis en la implementación. La mayor dificultad con mosaicos es la necesidad de gran coordinación y disciplina a nivel del agricultor y posiblemente se requiere intervención

gubernamental para asegurar su funcionamiento.

Dentro de las tres alternativas de Mezclas, Rotaciones y Mosaicos, es posible usar también las tácticas de dosis alta y baja.

Propuesta para un modelo de MRP

Después de evaluar muchas estrategias a nivel mundial, el autor recomienda seguir una estrategia que propone llamar "Alianza Total de Cultivo". Esta alianza se basa en el concepto de que para tener éxito cualquier estrategia debe integrar argumentos técnicos sólidos así como además incorporar consideraciones prácticas relacionadas con la implementación.

Por lo tanto las recomendaciones son las siguientes:

1. Lograr una integración real de métodos de control químicos y biológicos. Se deben considerar las ventajas de usar controles biológicos como *Bacillus thuringiensis* y predadores naturales para reducir o eliminar la población resistente.
2. Evitar la exposición innecesaria de insectos a productos químicos.
3. Evitar la dependencia de un sólo mecanismo de acción. Siempre y cuando sea posible alternar los mecanismos de acción para evitar el aumento de resistencia.
4. Mantener un balance entre objetivos ambientales y opciones económicas para los agricultores.
5. Limitar el uso de productos químicos a aplicaciones que permiten una aplicación efectiva y contra poblaciones susceptibles.
6. Implementar programas de MIP concurrentes al MRP. Los beneficios de llevar a cabo ambos programas simultáneamente maximizan los beneficios al agricultor.
7. Tener en cuenta los objetivos comunes de agricultores, agremiaciones nacionales, canales de distribución, fabricantes y sociedad en general. En muchos casos se necesitan compromisos para asegurar de que las estrategias sean exitosas a largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

- Forrester, N. 1993. Insecticide Resistance Management in *Heliothis armigera* in Australia: past successes, present situation & future prospects. pp. 29-37. Abbott Global Insect Resistance Management Symposium, North Chicago. IL.
- Georghiou, G.P. y Taylor, C.E. 1976. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. pp. 759-785. In Proc. 15Th Int. Congr. Entomology, Washington, D.C., College Park, MD. Entomological Society of America.
- Georghiou, G.P. 1990. Overview of insecticide resistance. pp. 18-41. In: M.B. Green, H.M. LaBaron and W.K. Moberg (Eds.) Managing resistance to Agrichemicals. Amer. Chem. Soc. Symposium Series 421. Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.
- Roush, R.T. 1989. Designing resistance management programs: How can you choose? Pestic. Sc. 26: 423-441.
- Tabashnik, B.E. 1990. Modelling and evaluation of resistance management tactics. pp. 153-182. In R.T. Roush and B.E. Tabashnik (Eds.). Pesticide Resistance in Arthropods. Chapman and Hall, NY.

NOVEL INSECTICIDES AND THEIR PROSPECTIVES FOR INTEGRATED PEST MANAGEMENT

J. Antonio Beltran¹

Summary

The remarkable development of agriculture during the last 10,000 years or more has had a significant impact on man and his environment. This agricultural evolution has also produced some rather unstable agroecosystems that have been frequently a target of severe pest outbreaks. Initially, man relied on various cultural and physical control practices to defend his crops (improved land management, better water management, the machinery revolution, the advances in plant breeding, the use of fertilizers, etc.). Although the earliest known use of pesticides goes back to the ancient Egyptians, the widespread use of natural products, fumigants, inorganic materials, petroleum products, and synthetic insecticides to control insect pests is a very modern invention. Nevertheless, the use of pesticides has revolutionized the agricultural production system needed to meet the always increasing food and fiber demands of the rapidly expanding global population. This revolution, however, did not occur without costs. Greater reliance on pesticides has favored the development of pest resistance, change in the types of pests causing economic damage, reduction of natural enemies and significant concern about the adverse effects on human health and the environment. The future strategies for the control of insect pests will continue to rely heavily on safer, more selective insecticidal and insectostatic materials (natural and synthetic) that will be increasingly compatible with integrated pest management (IPM) programs. Significant efforts are being made to develop new classes of target selective insect control agents that are safe to beneficial organisms, crops, man, and the environment.

Introduction

During the earliest evolution of agriculture, relatively stable agroecosystems were developed. However, after the advent of the agricultural revolution of the 20th Century, more disrupted agroecosystems have evolved. This has been highly influenced by the excessive growth of the world population and man's constantly increasing need for food and fiber. Some demographers estimate that the global population will continue to grow beyond the 5 billion mark by the end of this century, as compared to about 4 billion 25 years earlier. Most of this population increase will take place in the poorer half of the world, where one-fourth of the people are undernourished. Food production will have to almost double during the next three to four decades to keep pace with demand.

Along with advances in plant breeding, greater use of fertilizers, more efficient farm machinery, better water management, multiple cropping, and several other improved

¹ Rohm and Haas Company, Research Laboratories, P.O. Box 904, Spring House, PA, USA.

agronomic practices, the use of pesticides is an integral component of economically efficient agricultural production. The advancements of the modern agricultural technology and the pressure on the agroecosystems toward higher intensity of production has also enhanced the susceptibility of crops to pest attacks. Not only have the crop protectants been important in the past, but they are going to be extremely important in the future to meet the world productivity needs.

Brief history on development and use of insecticides

The use of insecticides to control insect pests goes back several thousand years with some of the earliest references recorded in the writing of the Greeks, Romans, and Chinese, approximately 3,000 years ago. The use of sulfur as a "pest-averting" agent began about 1,000 BC in Asia Minor. The toxic nature of arsenicals was known to the Greeks and Chinese during the First Century AD. Other early records (1690-1848) on the use of insecticides include some natural materials such as soaps, inorganic phosphorus, and the botanicals nicotine, pyrethrum, and the derris derivatives (rotenone). Nevertheless, the most extensive development in insect control has taken place in the last 125 years or so and has been considered as one of the most beneficial accomplishments of civilization.

The effective use of insecticides to control pests of crops began in 1867 when Paris green was used for controlling the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). This very important initial success was followed by the discovery of the insecticidal activity of Paris green against the cankerworm, *Alsophila pometaria* (Harris); the codling moth, *Cydia pomonella* (Linnaeus); and the cotton leafworm, *Alabama argillacca* (Hübner). For nearly a decade, Paris green or London purple (another arsenical) was being employed against a variety of chewing insects, while kerosene-soap emulsion was being recommended to control sucking insects. Meanwhile, the fungicidal and insecticidal properties of the Bordeaux mixture were accidentally discovered in France, and this discovery further stimulated the use of agricultural pesticides. Lead arsenate, which was more effective than Paris green and less injurious to foliage, was initially used in the United States (1892) to control the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Linnaeus) and eventually in orchards against codling moth. Lead arsenate and later calcium arsenate (1916), were also widely used to control cotton pest insects. The use of insecticides in the United States had become so common by the 1920s that concern over residues in foodstuffs began to arise, and regulations were passed establishing tolerance for arsenic and lead on apples and pears.

The discovery of the insecticidal properties of DDT, a synthetic organic compound, in Europe in 1939, initiated a new, very impressive era in the development of insecticides. Since then thousands of organic chemicals have been produced, and many have largely replaced the earlier insecticides. Most of these materials have, in general, broad-spectrum activity and represent a relatively small number of chemical classes including the chlorinated hydrocarbons (i.e., aldrin, chlordane, lindane, methoxychlor, etc.), organophosphates (acephate, diazinon, malathion, etc.), carbamates (carbaryl, propoxur, etc.), and the synthetic pyrethroids (permethrin, fenvalerate, etc.). The rapid adoption of this pesticide technology permitted significant changes in the agricultural production systems

around the world such as continuous cropping, increased plant populations per hectare, greater flexibility in crop production, and lower labor, energy, and machinery requirements.

Benefits derived from the use of insecticides

The development of insecticides, and other insect-control methods, has reduced the risk associated with agricultural production and contributed to greater yields and improved quality. This in turn has encouraged more intensive cropping systems, which use larger quantities of other inputs such as fertilizer, improved seeds, and superior irrigation practices. The overall effect of these changes, combined with other aspects of modern technology (large field size, long production seasons, monoculture, widespread use of genetically uniform varieties, multiple cropping, conservation tillage, etc.), has resulted in very significant increases in agricultural production at decreased costs resulting in benefits to consumers and producers.

A number of efforts have been also made to calculate the overall losses in crop yields caused by insects. These overall crop loss values have ranged from 7.1 to near 13.0 percent in North America in the most recent past decades. In the United States alone the annual crop losses caused by insect pests have been estimated to be as high as \$10 billion per year. Such losses are probably higher in developing countries because of the limited technology level and resources.

Negative side effects resulting from the excessive reliance on pesticides

The pesticides technology has made very important contribution to agriculture (and human and animal health), but these contributions have not come without a cost. The excessive reliance on some pesticides has created problems in controlling several pest species. Different levels of resistance have developed to a relatively large number of pesticides, requiring either increasing amounts of the same materials or, more often, different materials. In addition to the crop losses due to failures in pest control, the increasing amounts of pesticides to obtain acceptable levels of pest control can also increase the risk of causing adverse effects to non-target organisms and the environment. Hundreds of insect species have developed resistance to one or more of the main classes of insecticides including chlorinated hydrocarbons, organophosphates, carbamates, pyrethroids, and fumigants. More recent reports also document resistance of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L), to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis* and to the insect growth regulator diflubenzuron.

During the last four decades, the ideal insect control agent has been regarded as being potent, broad-spectrum, relatively low cost and reasonably persistent. This approach has too often resulted in the destruction of natural predators and parasites, and removal of competitors. The elimination of the natural enemies has frequently favored the quick resurgence of the main target, the damaging insect species, and at times it has also made secondary pests become a serious economic problem. In the case of cotton for example, the control of the cotton bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie), and particularly the tobacco

budworm, *Heliothis virescens* (Fabricius), has become extremely difficult, particularly in those locations where the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman, is also present. The non-selective sprays to control the boll weevil have often had a very destructive impact on the populations of predators and parasites. Furthermore, the natural enemies are also considered to be a very important component in the strategies for managing insect resistance to insecticides.

The greater reliance on pesticides have also created serious concerns over the possible adverse effects of their use on the environment, beneficials, agricultural workers, and society. This has led to very extensive pesticide regulations, that have become both more comprehensive and complex over time. These anxieties are now here to stay, and will continue to be a major agricultural issue that must be addressed.

New classes of insect control materials

Broad-spectrum chemical insecticides such as organophosphates, carbamates, and pyrethroids have been the major tools to combat insects injurious to crops, livestock, and humans, during the last 3 to 4 decades. These materials presently continue to constitute the major arsenal of weapons to control pest insects. The development of resistance, the environmental limitations, the concern about human health, and the effect on other non-target organisms with some of the currently used compounds, have stimulated research into new classes of insect control agents.

Research on the optimization of the molecular moieties of the insecticide classes mentioned above has led to the discovery of new organophosphates (i.e., chlorethoxyfos, methacrifos, codusafos, tebupirimiphos, fosthiazate, pyraclofos, etc.), carbamates (aldoxycarb, carbosulfan, alanycarb, thiodicarb, triazamate, etc.), and pyrethroids (bifenthrin, cypenothrin, lambda-cyhalothrin, fenpropathrin, benfluthrin, zeta-cypermethrin, acrinathrin, prallethrin, flufenprox, beta-cyfluthrine, etc.). The new generation of compounds offered benefits such as lower rates, more complete spectrum, quick knockdown, longer residual, and in some cases systemic activity. In a few instances, improved selectivity to non-target organisms was also accomplished.

The continuous synthesis effort searching for a new class of insecticides has also produced different, very active chemical structures including fipronil, tebufenpyrad, fenproximate, imidacloprid, diafenthiuron, fenazaquin, silafluofen, ethofenprox, NI-25, pyridaben, pyrimidifen, nitenpyram, pyroproxifen, and flufenprox. Some of these materials have a very broad spectrum, while others have their activity limited to one or two insect orders. Some are very effective contact and stomach poisons, while others are also highly systemic by foliar or soil applications; a few are effective ovicides. There are also new insecticides with a unique mode of action, such as, for instance, affecting the behavior of homopterous insects, causing them to stop feeding before they die. Some of those compounds have low acute toxicity to mammals, terrestrial and aquatic wildlife. These new chemistries can also become very important tools for managing insect resistance to organophosphate, carbamate, cyclodiene, and/or pyrethroid insecticides.

In its recent renaissance, the idea of integrated pest management (IMP) has more often been taken to describe biologically oriented pest control strategies that have arisen following problems with purely chemical control. These facts and the very impressive advances obtained in genetic engineering have undoubtedly contributed to the equally significant gains made with the development of *Bacillus thuringiensis* technology. Although the earlier records on *B. thuringiensis* go back to 1938, some of the most significant technological accomplishments in this field have taken place during the last five to ten years. Several new, more potent B.t. strains and serotypes (B.t. var. *aizawai*, B.t. var. *israelensis*, B.t. var. *kurstaki*, B.t. var. *morrisoni*, B.t. var. *San Diego*, B.t. var. *tenebrionis*, B.t. strains ABG-6314, ABG-6328, GC-91, GG-102, EG-2348, etc.), encapsulated delta endotoxins, B.t. metabolites, genetically engineered B.t. toxin genes, and B.t. transgenic plants are now commercially available or under development for control of several lepidopterous, dipterous, and coleopterus larvae, lygus bugs, and mites. These very important improvements in the insecticidal activity of B.t.'s, along with their outstanding safety to man, natural enemies, non-target organisms, and the environment, have significantly contributed to the very rapid use expansion of these insecticides in the past 5 to 8 years. The *Bacillus thuringiensis* technology has become a very important tool in various IPM systems established for several agronomic and horticultural crops around the world. It has also played a very valuable role in managing insect resistance to the other main classes of insecticides.

The research efforts to find better ways to use the intrinsic characters of the environment, living organisms, cultural management, nonchemical methodology, and biological control have resulted in the development of other kinds of bioinsecticides. Some new biological insecticides (Nemasys®, Mamestrin®, Ostrinal®, Spodopterin®, Spod-X (se NPV)®, Naturalis L®, etc.) have been recently introduced commercially or are presently in the development stage. These control agents include improved strains of entomopathogenic nematodes, fungi, and viruses. Important technological advances have also been obtained using mating disruptive devices against main insect pests (i.e., Checkmate PTB®), and the industrial manufacturing of azadirachtin (neem based) insecticides. Azadirachtins are botanical insecticides extracted from the neem tree *Azadirachta indica*. They disrupt insect molting and serve as feeding deterrents for some pest species. The commercial use of any of the botanical insecticides has been, so far, much less wide-spread than the B.t.'s. Another group of natural products that shows considerable promise in agricultural pesticidal applications is the avermectin complex. This remarkable group of streptomycete-derived macrocyclic lactons was isolated from the soil organism *Streptomyces avermetilis*. Of these, abamectin (avermectin B₁: a mixture of avermectins containing avermectin B_{1a} and avermectin B_{1b}) has been very efficacious under field conditions against several species of phytophagous mites and many insect pest species.

Although the various classes of insecticides mentioned here contain outstanding control agents, they have not slowed down the search for even more novel compounds. Research in biological chemistry has been one of the most productive lead areas in yielding newer types of insecticidal chemicals. Much excitement was generated by the earlier discovery of diflubenzuron (1972) and related benzoylphenylureas, which exhibit larvicidal and

ovicidal action in insects by interfering with chitin formation. A new dimension has been added to this class of insect growth regulators (IGR's) with the discovery of new and more active analogs such as teflubenzuron, triflumuron, chlorfluazuron, flucycloxuron, flufenoxuron, hexaflumuron, lufenuron and fluazuron.

The group of the IGR's also include the juvenile hormone analogues (NC 170, fenoxycarb, methoprene, hydroprene, etc.), that can inhibit metamorphosis to the adult stage, as well as molting of early instar larvae. Since the IGR's are not directed at the nervous system, they have less potential to cause harmful effects on non-target animals (including man) than conventional neurotoxic insecticides. Additionally, most of the IGR's are considered to be less damaging to the natural enemies and the environment than the broad-spectrum insecticides.

Some of the insect growth regulators have become important IPM tools in crop production, and in managing insect resistance to major classes of insecticides.

The novel ecdysone agonists and their prospectives in integrated crop management systems

Metcalf (1980) charged that the excessive reliance on broad-spectrum insecticides in the control strategy during the last 3 to 4 decades has been a "no-win strategy", which has led to the development of the increasingly important IPM concept. This, in turn, has been geared to "the development of economically practical and socially acceptable technology for rational and judicious use of chemical insecticides".

The same author indicated that "the development...of insecticides that are truly selective...to a single pest...like the boll weevil, the codling moth, the gypsy moth, is high on the want list of IPM practitioners". Newsom (1978) summarized the same idea by pointing out that the "intelligent use of pesticides demands their selective use".

More recently K.M. El Zik and R.E. Frisbie (1991) analyzed crop production in a complete agroecosystem context and defined the Integrated Crop Management System (ICMS) as "a system whereby all interacting crop production and pest control tactics aimed at maintaining and protecting plant health are harmonized in the appropriate sequence to achieve optimum crop yield and quality and maximum net profit, in addition to stability in the agroecosystem, benefiting society and mankind".

Therefore, the concern for today and in the years to come does not seem to be insect control with or without chemicals, but rather with which chemicals, when and how? Special considerations should be also given to the possible interaction and/or complementation of various insecticides (chemical and non-chemical) with one another in their modes of action, with other pest control methods, and with the ecosystem into which they are applied. Sophisticated research in agricultural chemistry for newer, highly effective and safer means to manipulate insects populations, has more recently led to the discovery of novel non-steroidal ecdysone agonists with unique mode of action. Tebufenozide, the leading analog

from this new class (diacylhydrazines) of crop protectants, mimics ecdysone, the insect molting hormone. This compound interferes with the normal molting process in target larval Lepidoptera, by inducing a lethal premature molt. Lepidopterous larvae stop feeding within hours of exposure to tubefenozide, and soon thereafter undergo an unsuccessful (lethal) molt. In general, this compound is slower than neurotoxic insecticides but faster than most bioinsecticides and IGR's.

This ecdysone agonist is highly selective against lepidopterous larvae, and thus extremely safe to natural enemies, mammals, fish, birds, crustaceans, bees and other non-target organisms; it also has outstanding ecochemical properties. Tebufenozide has shown an excellent potential as a selective and effective crop protectant, highly compatible with other pest control agents, for a number of integrated crop management systems including forestry, ornamentals, horticultural, agronomic, and tree crops. In addition, the novel non-steroidal ecdysone agonists can also be very important tools for managing insect resistance to insecticides.

Conclusions

Over the next decade or so the implementation of integrated crop management systems can be expected to expand globally as the technologies for crop production and plant protection become more sophisticated. The more "rational and judicious" use of chemical and non-chemical control agents should remain as major tools in protecting crops, public and animal health from insect ravages.

REFERENCES

- Altemus, J.R. 1991. Cotton. Biotechnology and Agriculture. Thech. Bull., Monsanto Agricultural Company, St. Louis, MO.
- Anonymous. 1992. The Agrochemicals Handbook. Third Edition. Royal Society of Chemistry, Information Services, Cambridge, England. 22 pp.
- Beltran, J.A., *et al.*, 1992. Manejo integrado de plagas con RH-5992, un simulador de la ecdisona. Memories of the First Central America Entomology Congress and the Second Costa Rican Entomology Congress, San José, Costa Rica.
- Burn, A.J., T.H. Coaker, and P.C. Jepson. 1987. Integrated Pest Management, Eds., Academic Press, New York, NY, 474 pp.
- Carlson, G.R. and J.W. Long. 1989. Technical Information Bulletin. RH-5992 Insect Growth Regulator. Rohm and Haas Company, Philadelphia, PA, 5 pp.
- Dhadialla, T.S. 1992. Physiological and biochemical effects of RH-5992 on egg production in BCW moth, *Agrotis ipsilon*. Personal communication. Rohm and Haas Company, Spring House, PA, 5 pp.
- Edelson, J.V. 1992. Insecticide & Acaride Tests: 1989. Entomol. Soc. of America, Hyattsville, (87): 409.
- Edens, T.C., and D.L. Haynes. 1982. Closed system agriculture; resource constraints, management options, and design alternatives. Ann. Rev. Phytopathol. (20): 363.
- Edwards, J.P. 1992. Conservation of the Sechles Magpie Robin: The use of environmentally compatible insect control agents. Pesticide Outlook, 3(4):16.
- El-Zik, J.M., and R.E. Frisbie. 1991. Integrated crop management systems for pest control. In: Handbook of Pest Management in Agriculture, 2nd Edition. Pimentel, D., and Hanson, A.A., Eds., CRC Press, Inc. Boston, MA, 3.
- Evans, D.A. and K.R. Lawson. 1992. Crop protection chemicals. Research and development perspectives and opportunities. Pesticide Outlook, 3(2): 10.
- Flückiger, C.R., *et al.*, 1992. CGA - 2215944, a novel agent to control aphids and whiteflies. Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases., Brighton, England 43-47.
- Foster, R., *et al.*, 1993. Farm Chemical Handbook 93. Meister Publishing Company, Willoughby, 390.
- Fox, P. 1990. Insect growth reulators. PJB Publications Ltd., Richmond, VA, 102.

008086

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CARIBE
PUERTO RICO - BIBLIOTECA
16. OCT 1994

- Futatsugi, K. 1993. New developing insecticides. Official tests from IPPA. 39 pp.
- Hassan, S.A. 1992. Insecticide Resistance Action Committee. Pesticide Outlook, 3(2): 18.
- Hawkins, D.W., and D.A. Roberts. 1992. Fipronil: a new soil and foliar broad spectrum insecticide. Brighton Crop Protection Conference Memories. Pest and Diseases. Brighton, England, 29-31.
- Hickman, J.M., *et al.*, 1992. Prospects for the compatible use of biological agents and insecticides in arable crops. Pesticide Outlook, 3(4). 11.
- Hopkins, W.L. 1993. Ag Chem New Compound Review. Ag Chem Information Services. Indianapolis, IN, 201.
- Hunter, R. 1991. Entomological Society of America Annual Meeting. Personal communication Rohm and Haas Company, Spring House, PA, 8 p.
- Hunter, R. 1993. Beltwide Cotton Conference. Personal communication. Rohm and Haas Company, Spring House, PA, 11 pp.
- Janes, W. 1992. CGA W215944, a novel agent to control aphids and whiteflies. Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases, Brighton, England, 43-47.
- Johnson, R.A. and R.L. Stringer. 1992. Unwanted pesticides - Options for disposal. Pesticide Outlook, 3(1): 33.
- King, D. 1993. Biotechnology, pesticides and the third world. Pesticide Outlook, 4(1): 30.
- Kinney, T.B. 1985. The future of chemicals in agriculture. In: Agricultural Chemicals of the Future, Hilton, J.L. Ed., Rowman & Allhed Publisher, Totowa, NJ, 3.
- Klassen W., and P.H. Schwartz, 1985. ARS research program in chemical insect control. In: Agricultural Chemicals of the Future, Hilton, J.L., Ed., Rowman & Allanheld Publishers, Totowa, NJ, 268.
- Larson, L.L., E.E. Kenaga, and R.W. Morgan. 1985. Commercial and experimental orgnaic insecticides. Entomological Society of America. 1-105.
- Lemon, R.W. 1992. Insecticide Resistance Action Committee. Pesticide Outlook, 3(2): 18.
- Lodeman, E.G. 1903. The spraying of plants. MacMillan, New York, NY 1903.
- Menn, J.J. and C.A. Henrick. 1985. Newer chemicals for insect control. In: Agricultural Chemicals of the Future, Hilton, J.L., Ed., Rowman & Allanheld Publishers, Totowa, NJ, 247.

- Miller, T.P., *et al.*, 1990. AC303,630, summary of 1988-89 field trial results. Brighton Crop Protection Conference Proceedings. Brighton, England.
- Miyake, T. 1993. Studies on new 3(2H)-pyridazinone derivatives with juvenile hormone-like activity. *CA Selects: Insecticides*, (8): 1.
- Pimentel, D. 1992. Ecological effects of pesticides on non-target species in terrestrial ecosystems. *Methods Assess Adverse Effe. Pestic. Non-target Org.* New York, NY, 171-190.
- Plishner, E.S. 1992. A millennium in insecticide chemistries? Putting plant pests on notice. *Chemical Week*, July 22, 20-21.
- Schaub, J.R. 1985. The economics of agricultural pesticide technology. In: *Agricultural Chemicals of the Future*, Hilton, J.L. Ed., Rowman & Allanheld Publishers, Totowa, NJ, 3.
- Smith, R.F. and R. van den Bosch. 1967. Integrated control. In: *Pest Control - Biological, Physical, Chemical, and Selected Chemical Methods*, Kilgore, W.W. and Doutz, W.W., Edw., Academic Press, New York, NY, 295 pp.
- Smith, R.F., and H.T. Reynolds. 1966. Principles, definitions and scope of integrated pest control in proc. *FAO Symp. Integrated Pest Control*, Food and Agriculture Organization, United Nations, New York, NY, 19 pp.
- Stell, G. 1993. Brighton Crop Protection Conference - Pest and Diseases 1992. *Pesticide Outlook*, 4(10437).
- Stoetzel, MM.B. 1989. Common names of insects and related organisms. *Entomol. Society of America*, Hyattsville, 199.
- Thirugnanam, M. 1990. World-wide development of new insecticides. Personal communication. Rohm and Haas Company, Spring House, PA, 16 pp.
- Thomson, W.T. 1993. *Agricultural Chemical News*. Thomson Publications, Fresno, CA (163): 1-8.
- Treacy, M.F., *et al.*, 1991. Characterization of insecticidal properties of AC303,630 against tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Fabricius), larvae. *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res Conf.*, New Orleans, LA.
- Zeck, W.M. 1985. The future of narrow versus broad-spectrum insecticides. In: *Agricultural Chemicals of the Future*, Hilton, J.L., Ed., Rowman & Allanheld Publishers, Totowa, NJ, 298.

Table 1. Organophosphate materials recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
<ul style="list-style-type: none"> • chlorethoxyfos (Fortress®) • methacrifos (Damfin®) • codusafos (Rugby®) • tebupirimiphos (Aztec®) 	<ul style="list-style-type: none"> • soil insecticide • stored grain • nematicide, soil insecticide • soil insecticide with good residual activity against <u>Diabrotica</u> spp and other soil insects. 	<ul style="list-style-type: none"> • corn, sorghum • cereals • bananas, potatoes • corn 	<ul style="list-style-type: none"> DuPont Ciga-Geigy FMC Mobay
<ul style="list-style-type: none"> • fosthiazate, (ASC-66824) 	<ul style="list-style-type: none"> • contact nematicide with some insecticidal activity against aphids, thrips, and mites. 	<ul style="list-style-type: none"> • potato, tobacco, vegetables, bananas, peanuts, cotton, and fruits. 	ISK (Ishihara)
<ul style="list-style-type: none"> • pyraclofos (Boltage®) 	<ul style="list-style-type: none"> • active as contact and stomach insecticide on Lepidoptera and mites. 	<ul style="list-style-type: none"> • cotton, fruits, and vegetables 	Takeda

Table 2. Carbamate materials recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
• aldoxycarb (Standak®)	• nematicide, systemic insecticide	• tobacco, peanuts, cotton, potatoes, and vegetables	Rhône-Poulenc
• carbosulfan (Marshal®, Advantage®)	• broad spectrum insecticide, miticide, nematicide	• several vegetable, field, tree, and orchard crops	FMC
• alanycarb (Orion®, Onic®, Rumblin®)	• broad spectrum against Lepidoptera larvae and aphids	• cotton, fruits, vegetables, and others	Otsuka
• thiodicarb (Semevin®)	• active as seed treatment insecticide for control of seedling foliar pests and soil pests	• soybeans, cotton	Rhône-Poulenc
• triazamate (RH-7988)	• specific systemic aphicide	• apples, vegetables, cotton, sugarbeets, and ornamentals	Rohm and Haas (Shell)

Table 3. Synthetic pyrethroid more recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
• bifenthrin (Brigade®, Talstar®, Capture®)	• broad spectrum insecticide and miticide	• cotton, cereals, field corn, fruit, nuts, and vines	FMC
• cyphenothrim (Gokilaht®)	• household flying and crawling insects	• household and industrial locations	Sumitomo
• lambda-cyhalothria (Karate®, Forza®)	• broad spectrum insecticide	• several agricultural and horticultural crops	Zeneca (former ICI)
• fenpropathrin (Danitol®, Herald®, Tame®)	• broad spectrum insecticide, and miticide	• fruit trees, vegetables, ornamentals, and field crops	Sumitomo (Valent)
• benfluthrin (Baynak® 4711)	• broad spectrum insecticide	• industrial and household use	Mobay
• zeta-cypermethrin (Fury®)	• broad spectrum contact insecticide	• rice	FMC
• acrinathrin (Rufast®)	• broad spectrum insecticide with miticidal activity	• fruit crops, vines, and field crops	Roussel Uclaf
• prallethrin (Etoc®)	• broad spectrum insecticide	• household and public health	Sumitomo
• flufenprox (ICI A-5683)	• novel pyrethroid active against Hemiptera, Thysanoptera, Lepidoptera, and Coleoptera	• rice	Zeneca
• beta-cyfluthrine (Bulldock®)	• rapid knockdown and long residual activity on several chewing and sucking insects	• fruits, vegetables, cereals, cotton, tobacco, and corn	Mobay

Table 4. New chemistry insecticides recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Chemical Class	Description	Target Crops(s)	Company
• fipronil (MB-46030)	• pyrazole	• very broad spectrum foliar and soil insecticide against sucking and chewing insects.	• rice, corn, cotton, bananas, potatoes and others	Rhône-Poulenc
• tebufenpyrad (Masai®, Pyranica®)	• pyrazole	• broad spectrum contact acaricide, with some activity against specific insects.	• fruit crops, vines, and ornamentals	Cyanamid (Mitsubishi)
• fenproximate (Danitron®)	• pyrazole	• broad spectrum acaricide.	• vegetables, fruits and vines	Hoechst (Nihon)
• AC-303,630 (Pirate®)	• pyrrole	• broad spectrum contact and stomach insecticide/acaricide.	• cotton, vegetables, fruits, and ornamentals	Cyanamid
• imidacloprid (Confidor®, Gaucho®)	• nitroguanidine	• broad spectrum, highly systemic insecticide, particularly active on sucking insects. Applied as seed dressing, soil incorporation, and/or foliar sprays.	• seed dressing, soil, rice, cereals, corn, potatoes, cotton and sugar beets	Mobay
• diafenthiuron, (Polo®, Pegasus®)	• thiourea	• broad spectrum mitochondrial inhibitor active against insects and mites.	• cotton, vegetables, fruit crops, and ornamentals	Ciba-Geigy
• fenazaquin (DE-436)	• quinazolene	• contact and ovicidal activity on a wide range of mites and certain insects.	• ornamentals, vegetables, cotton, tree and vine crops	Dow Elanco
• silafluofen (Silatop®)	• silane, diphenylether	• broad spectrum against hoppers, plant bugs, leaf rollers, water weevils, and others.	• rice	Hoechst

Table 4. New chemistry insecticides recently introduced commercially or in the development stage (cont.).

Compound Name(s)	Chemical Class	Description	Target Crops(s)	Company
• ethofenprox (Trebon®)	• phenoxybenzyl ether	• broad spectrum against planthoppers, leafhoppers, weevils, aphids, armyworms, cutworms, bollworms, leafminers, and whiteflies.	• rice, vegetables, orchard fruits, cereals, and tea	Mitsui
• NI-25	• amidine	• broad spectrum systemic insecticide highly active against thrips, and Hemiptera and Lepidoptera species.	• vegetables, citrus, pome fruits and tea	Nippon Soda
• pyridaben (Sanmite®, Nexter®, Starling®)	• pyradazinone	• active against various mites, whiteflies, leafhoppers, aphids, and thrips.	• fruit trees, vegetables, ornamentals, and field crops	Nissan (BASF, Zeneca)
• pyrimidifen (SU-8801)	• aminopyrimidine	• active against mites and pest insects.	• vegetables and fruits	Sankyo
• pyrimidifen (SSI-121)	• organic tin	• broad spectrum acaricide.	• fruits, vines	Shionogi
• nitenpyram (TI-304)	• nitromethylene	• very active on aphids, hoppers, thrips, and whiteflies.	• rice, fruits, and vegetables	Takeda
• pyriproxyfen (Nylar®)	• pyridine	• contact and stomach insecticide.	• industrial and public health	MGK
• CGA 215, 944	• triazinone	• root and translaminar systemic insecticide to control aphids, whiteflies and planthoppers.	• vegetables, cotton, fruits and ornamentals	Ciba-Geigy
• flufenprox	• bis-aralkyl ether	• broad spectrum against rice hoppers, stink bugs, water weevil, leaf beetles, leaf folders, and stem borers.	• rice, cotton, soybean, and potatoes	Zeneca

Table 5. Bacillus thuringiensis insecticides recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
• <u>Bacillus thuringiensis</u> var. <u>aizawai</u> (Xentari®)	• Serotype H-7 (Spores and crystals). Controls wax moth larvae. Also active against diamondback moth.	• stored or active honey combs; and vegetables.	Abbott
• <u>B. thuringiensis</u> var. <u>israelensis</u> (Gnatrol®, VectoBac®)	• Serotype H-14, most potent subspecies of B.t. against mosquito and black fly larvae.	• selective aquatic larvicide	Abbott
• B.t. var. <u>kurstaki</u> (Dipel®, Foray®, Javelin®)	• Spores and crystalline delta-endotoxin, Serotype H-3a3b. Controls most lepidopterous larvae.	• forestry, alfalfa, cotton, fruit trees, soybean, tobacco, and vegetables	Abbott, Novo-Nordisk
• B.t. var. <u>kurstaki</u> , encapsulated delta endotoxin, (MVP®)	• Against most lepidopterous larvae such as armyworms, cabbage loopers, corn borers and diamondback moth.	• corn, cotton, fruit crops, peanuts, soybeans, tobacco, and vegetables	Mycogen
• B.t. var. <u>kurstaki</u>	• <u>Clavibacter xyli</u> sub spp, <u>cynodontis</u> , an endophytic bacterium engineered to contain a delta endotoxin gene of B.t. against borers.	• corn, rice, and others	Crop Genetics International
• B.t. var. <u>morrisoni</u> (Bactec Bernan®)	• Serotype 8a8b. Spores and crystalline delta-endotoxin against most lepidopterous larvae.	• forestry and various field crops, vegetables, and fruit trees	Bactec
• B.t. var. <u>san diego</u> (M-One®, Safer®)	• Controls several species of beetles.	• potato, eggplant, and tomato	Ringer
• B.t. var <u>san diego</u> , encapsulated delta endotoxin (M-Trak®)	• Against Colorado potato beetle and other Coleoptera species.	• potato, eggplant, and tomato	Mycogen
• B.t. var. <u>tenebrionis</u> (Trident®)	• Insecticidal activity against beetles.	• potato, tomato, and eggplant	Sandoz
• <u>thuringiensin</u> , Dibeta®	• Natural product and metabolite of B.t., active against lygus, Colorado potato beetle and some mites.	• cotton, potato and ornamentals	Abbott
• ABG-6314 & 6328	• New B.t. strains for controlling citrus cutworm and cotton bollworm, respectively.	• citrus and cotton	Abbott

Table 5. Bacillus thuringiensis insecticides recently introduced commercially or in the development stage (cont.).

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
<ul style="list-style-type: none"> • B.t. (Agree®) • GG-102 (Incide®) 	<ul style="list-style-type: none"> • GC-91 B.t. strain • Genetically engineered B.t. toxin gene in corn endophyte for corn borer control. 	<ul style="list-style-type: none"> • vegetables and grapes • corn 	Ciba-Geigy Crop Genetics Internat.
<ul style="list-style-type: none"> • B.t strain EG-2348 (Condor®-G) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioinsecticide formulated as a granular to control corn root worm 	<ul style="list-style-type: none"> • corn 	Ecogen
<ul style="list-style-type: none"> • B.t. transgenic plants 	<ul style="list-style-type: none"> • Genetically engineered B.t. genes in cotton for control of lepidopterous larvae 	<ul style="list-style-type: none"> • cotton 	Monsanto

Table 6. Biological insecticides recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Description	Target Crops(s)	Company
• Nemasys® and Nemasys® H	• Biological insecticides based on entomopathogenic nematodes to control vine weevil.	• ornamentals	Ag Genetics
• Bioact®, Nemachek®	• Bionematicide based on the fungus <u>Paecilomyces lilacinus</u> .	• bananas, tomatoes, and tobacco	Atic
• Mamestrin® (MbNPV)	• Bioinsecticide based on the virus (NPV) on <u>Mamestra brassicae</u> .	• vegetables, cotton, and ornamentals	Calliope
• Ostrinal®	• Bioinsecticide based on the strain Bb 147 of the fungus <u>Beauveria bassiana</u> , effective against the European corn borer.	• corn	Calliope
• Spodopterin®	• Microvial insecticide (NPV) for control of <u>Spodoptera littoralis</u> .	• cotton	Calliope
• Checkmate® PTB	• Mating disruptive device for control of the codling moth.	• apples and stone fruits	Concep Membranes
• Spod-X® (SeNPV)	• Nuclear polyhedrosis virus against beet armyworm.	• cotton and vegetables	Crop Genetics Internat.
• Cyd-X®	• Bioinsecticide based on granular inclusion bodies of codling moth granulosis virus against the codling moth.	• apples	Crop Genetics Internat.
• Naturalis L®	• Fungus pathogen for control of whitefly and boll weevil.	• cotton	Formone
• <u>Beauveria bassiana</u>	• Fungus with insecticide properties against fire ants and other household pests.	• household, others	U. of Florida
• <u>Paecilomyces fumosoroseus</u>	• Bioinsecticide based on a fungus to control whiteflies, aphids and thrips.	• vegetables and ornamentals	U. of Florida
• Steinernema B-326 and B-319	• Insect-parasitic nematodes (<u>Steinernema glaseri</u> and <u>S. scapterisci</u> respectively that release the bacteria <u>Xenorhabdus sp. bacterium</u> which causes septicaemic death on Coleoptera and Orthoptera.	• turf	Biosys

Table 7. Selected natural insecticides recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Chemical Class	Description	Target Crops(s)	Company
<ul style="list-style-type: none"> abamectin (Agri-Mek®, Avid®, Zephyr®) 	<ul style="list-style-type: none"> natural 	<ul style="list-style-type: none"> mixture of avermectins containing avermectin B1a and avermectin B1b, very efficacious against several species of mites and insect pests. 	<ul style="list-style-type: none"> vegetables and ornamentals 	Merck
<ul style="list-style-type: none"> emamectin (MK-244) 	<ul style="list-style-type: none"> semi-synthetic derivative of abamectin 	<ul style="list-style-type: none"> active via ingestion against Lepidoptera larvae. 	<ul style="list-style-type: none"> vegetables, corn, and tea 	Merck
<ul style="list-style-type: none"> Azadirachtin (Azatin®, Turplex®, Margosan O®) 	<ul style="list-style-type: none"> botanical 	<ul style="list-style-type: none"> botanical insecticide extracted from the neem tree. Disrupt insect mottling and may also serve as feeding deterrent. Active against various Lepidoptera larvae, aphids, whiteflies, phyllids, and some weevils. 	<ul style="list-style-type: none"> ornamentals, turf, and horticultural crops. 	AgriDyne, Grace Sierra

Table 8. Insect growth regulators (IGR's) recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Chemical Class	Description	Target Crops(s)	Company
• diflubenzuron (Dimilin®)	• substituted benzoylurea	• chitin synthesis inhibitor. It can also have some ovicidal effects through the inhibition of chitin deposition in the developing larvae. Lepidoptera, Coleoptera and Diptera species are especially sensitive.	• forestry, fruits, and various agricultural and horticultural crops	Uniroyal
• teflubenzuron (Homott®, Dart®)	• substituted benzoylurea	• primarily a stomach IGR with some contact activity that blocks chitin synthesis, also affecting the eggs and reducing fecundity of female adults. Particularly active against Lepidoptera, Coleoptera and Diptera, but also with some activity against some hemipteran and orthopteran pests.	• forestry, ornamentals, and various agricultural and horticultural crops	Shell, Rhône-Poulenc
• triflumuron (Alsystin®)	• substituted benzoylurea	• chitin synthesis inhibitor that controls larvae of Lepidoptera, Coleoptera, Hymeroptera, and Diptera.	• forestry, ornamentals, fruits, and various agricultural and horticultural crops	Mobay
• chlorfluazuron (Atabron®)	• substituted benzoylurea	• chitin synthesis inhibitor particularly active against major lepidopteran insect pests.	• forestry, tea, fruits, and various agricultural and horticultural crops.	Ishihara
• flucycloxuron, (Andalin®)	• substituted benzoylurea	• chitin synthesis inhibitor which controls most economically - important mite species as well as a range of insects.	• fruits, nuts, citrus, vegetables, cotton, soybeans, and rice.	Duphar
• flufenoxuron (Cascade®)	• substituted benzoylurea	• inhibits chitin production in mites and insects. It can also produce a high proportion of unviable eggs from treated female adults. It is primarily a stomach poison but also has considerable contact activity.	• forestry, ornamentals, fruits, and various agricultural and horticultural crops	Shell
• hexaflumuron (Consult®, Trueno®)	• substituted benzoylureas	• chitin inhibitor particularly active against chewing insects. It can also affect eggs viability.	• fruits, vegetables, and agronomic crops	Dow Elanco
• lufenuron (CGA 184699, Match®)	• benzamid	• chitin synthesis inhibitor against lepidopterus and coleopterus larvae, whiteflies, and rust mites.	• cotton, vegetable, citrus, and others	Ciba-Geigy

Table 8. (Cont'd) Insect growth regulators (IGR's) recently introduced commercially or in the development stage.

Compound Name(s)	Chemical Class	Description	Target Crops(s)	Company
• fluazuron (CGA157419)	• benzamid	• broad spectrum chitin inhibitor araricide	• cotton, fruits, and vegetables	Ciba-Geigy
• cyromazine (Trigard®)	• substituted melamine	• morphological deformities suggest inhibition of moulting and puparium formation. It causes reduced growth and death from integumental lesions. Systemic activity against Diptera leafminers.	• ornamentals and vegetables	Ciba-Geigy
• buprofezin (Applaud®)	• thiadiazin	• causes death during larval moulting, suppresses oviposition in adults and can reduce egg viability. It is most effective against planthoppers, leafhoppers, whiteflies and scale insects.	• citrus, rice, cotton, and vegetables	Nihon Nohyaku
• NC170	• pyridazin	• juvenile hormone which inhibits metamorphosis selectively in leafhoppers and planthoppers.	• rice	Nissan
• fenoxycarb (Insegar®, Logic®)	• carbamate	• juvenile hormone which inhibits metamorphosis to the adult stage, as well as moulting of early instar larvae. It has stomach and contact activity against lepidopterous larvae, scales, and fire ants.	• fruit crops, turf and lawns	Ciba-Geigy (Maag)
• methoprene (Altosid®, Diucon®)	• dodecadienoate	• juvenile hormone active against fleas, hornflies, mosquitoes, and moths and beetles in stored products.	• veterinarian, household, and stored products	Sandoz (Zoecon)
• hydroprene (Geocarb®)	• dodecadienoate	• juvenile hormone causing sterility and "twisted wing" to cockroaches.	• household and industrial sites	Sandoz (Zoecon)

APPLICATION OF BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY IN CHEMOTAXONOMY OF INSECTS

James L. Nation¹

Summary

Biochemical and physiological characteristics may be very useful in taxonomy and systematics when morphological characters are not very definitive, or are difficult to use. It must be borne in mind, however, that a biochemical or physiological character is often no more valuable than any other character used in insect systematics. Biochemical differences in some parameter, for example in the cuticular hydrocarbons of two insects, no more guarantees that they belong to different species than does the fact that they may have different color markings. Intraspecific variation in physical and biochemical characteristics, including striking color morphs in some species, are well known. Even differences in the sex pheromone do not necessarily mean different species.

To illustrate how physiological and biochemical data can be used in chemotaxonomy, specific examples from work on cuticular hydrocarbons of mole crickets, honey bees, the ectoparasites of honey bees, *Varroa jacobsoni*, and from pheromone analyses in tephritid fruit flies will be discussed.

The cuticular "wax" on the surface of insects consists of a wide variety of lipid types, including, but not limited to, n-alkanes, branched chain alkanes, alcohols, fatty acids, sterols, ethers, esters, and sometimes acylglycerols. Hydrocarbons are often major components of the cuticular lipids of insects. The cuticular lipids serve a variety of functions and play a number of important roles in the life of insects. The gas chromatographic separation pattern of the cuticular hydrocarbons can provide useful information even if chemical identification of only a few of the components can be made. Analyses within a number of insect groups have indicated that the cuticular hydrocarbons are often species specific, perhaps reflecting very important roles that the hydrocarbons play in ecological adaptations such as water loss through the cuticle, and intra- and interspecific communication. Typical data from the analysis of cuticular hydrocarbons in mole crickets, which appear to have species specific hydrocarbons, will be illustrated.

Ectoparasitic mites, *Varroa jacobsoni* living on honey bees showed stage (nymph vs. adult mite) specific hydrocarbon patterns. The mites mimic the hydrocarbons on the cuticle of their hosts, honey bees, which also show differences between pupal and adult stages. The mites may partially escape detection by the bees because of their similar cuticle surface.

Pheromones are the chemical substances that members of the same species use for intraspecific communication. They are usually multicomponent mixtures of compounds, and are species specific. The differences in the pheromone blend of compounds used by two

¹ Dept. of Entomology & Nematology, Univ. of Florida, Gainesville, FL 32611-0620, USA.

closely related species of tephritid fruit flies, *Anastrepha suspensa* and *A. ludens* will be discussed and illustrated.

Introduction

Biochemical taxonomy has become increasingly useful as an aid in systematic classification of insects and other organisms. Biochemical and physiological characteristics may be very useful in taxonomy and systematics when morphological characters are not very definitive, or are difficult to use. It must be borne in mind, however, that a biochemical or physiological character is often no more valuable than any other character used in insect systematics. Biochemical differences in some parameter, for example in the cuticular hydrocarbons of two insects, no more guarantees that they belong to different species than does the fact that they may have different color markings. Intraspecific variations in physical and biochemical characteristics, including striking color morphs in some species, are well known. Even differences in the sex pheromone do not necessarily mean different species. For example, *Ips pini* populations in the USA have striking variations in stereochemistry and blend of components in the sex pheromone (Miller *et al.*, 1989, Seybold *et al.*, 1992), but these populations are not considered to represent different species.

To illustrate how physiological and biochemical data can be used in chemotaxonomy, I am going to use specific examples from work on cuticular hydrocarbons of mole crickets, honey bees, the ectoparasites of honey bees, *Varroa jacobsoni*, and from pheromone analyses in tephritid fruit flies.

Cuticular lipids as chemotaxonomic tools

Cuticular hydrocarbons from insects frequently have been used as chemotaxonomic tools, and studies on the cuticular lipids of insects are now quite extensive as indicated by a recent review (Lockey 1988). The cuticular "wax" on the surface of insects consists of a wide variety of lipid types, including, but not limited to, n-alkanes, n-alkenes, branched chain alkanes, alcohols, fatty acids, sterols, ethers, esters, and sometimes acylglycerols. Hydrocarbons are often, but not always, major components of the cuticular lipids of insects. The cuticular lipids serve a variety of functions and play a number of important roles in the life of insects. They may function in semiochemical communication (Howar and Blomquist 1982, Bartelt and Jackson 1984, Peschke 1987), possibly in protective mimicry of some species (Howard *et al.*, 1980, Vander Meer and Wojcik 1982, Vander Meer *et al.*, 1989), and as water proofing agents for the cuticle (Jackson and Baker 1970, Nelson 1978, Lockey 1988).

Typically, the hydrocarbons in the cuticle of insects are very complex mixtures, consisting of saturated (alkanes) and unsaturated (alkenes) paraffins, and various types of branched chain paraffins. The n-alkanes can usually be identified by comparison of their retention times with commercially available standards. Getting exact chemical identification of branched chain hydrocarbons and of alkenes with multiple double bonds (DB) can be a major chemical project. Although a molecular ion, indicative of the molecular weight of the compound, sometimes can be obtained with Electron Impact-Gas Chromatography-Mass

Spectrometry (EI-GC-MS), it is often difficult to get the larger ion fragments and molecular ion. Chemical Ionization (CI-GC-MS) does give ions that can be used to determine molecular weight. Chemical identification of alkenes and branched chain hydrocarbons present still other problems. A branch in the chain and/or a DB might be located at many places within the molecule, and standard reference compounds are available for only a few possibilities. Hydrocarbons with 2- and 3-methyl branches and internal monomethyl branches are well known from insect cuticles. With experience and care, one can determine these branch points from GC-MS data (Nelson *et al.*, 1972, Pomonis *et al.*, 1978, Page 1990). Methods are also available for locating the position of DBs within hydrocarbons (Dunkelblum *et al.*, 1985, Carlson *et al.*, 1989).

The GC separation pattern of the cuticular hydrocarbons may provide useful information, however, even if chemical identification of only a few of the components can be made. Analyses within a number of insect groups have indicated that the cuticular hydrocarbons are often specific, perhaps reflecting very important roles that the hydrocarbons play in ecological adaptations such as water loss through the cuticle, and intra- and interspecific communication. Hydrocarbon analyses are relatively easy to perform, although a gas chromatograph is required. Hydrocarbons are usually present in large quantity in or on insect cuticle, and it is often feasible to analyze a single insect. The time required for an analysis can vary from about 30 minutes to an hour.

Species complexes of mosquitoes (Carlson and Service 1980) and west African black flies (Carlson and Walsh 1981) were differentiated by gas chromatographic analyses of cuticle hydrocarbons, as were some tephritid fruit flies (Carlson and Yocom 1986). Lockey (1981, 1982) found species specificity in the tenebrionid beetle hydrocarbons. Carlson (1988a) was able to differentiate some cockroaches on the basis of the cuticular hydrocarbon patterns. Castner and Nation (1984, 1986) found species specific hydrocarbon patterns in mole crickets. Gryllid crickets (Blomquist *et al.*, 1976) have species specific hydrocarbons. Carlson and Bolten (1984), Carlson (1988a, 1988b), Lavine *et al.*, (1988) and Brand *et al.*, (1991) proposed methods for the identification of Africanized and European honeybees based upon hydrocarbon analyses.

Cuticular hydrocarbons in mole crickets

I will illustrate some typical results with data from mole cricket hydrocarbon analyses. There are four species of mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae) in Florida. These are *Scapteriscus vicinus*, *S. acletus*, *S. abbreviatus*, and *Neocurtilla hexadactyla*. The first two species were unintentional introductions into Florida, apparently as a result of commerce and shipping from Brazil. These two have created most of the problems in Florida, particularly in home lawn turf damage, pasture grass damage, and damage to golf courses. *S. abbreviatus* sometimes causes damage to early season plantings of tomatoes and other crops, but it is mostly a sporadic problem. *N. hexadactyla* has not been reported to cause any economic or nuisance damage.

Adult mole crickets in Florida can be identified easily, but some nymphs are difficult to determine to species and to sex. The hydrocarbon patterns from the four species proved to be qualitatively different, so that one had only to look at chromatograms to identify the species from which the hydrocarbons came, and the pattern for nymphs and adults was essentially the same so that one can use the hydrocarbon pattern to associate field caught nymphs with the appropriate adult species. We have been able to extend the study to a few other species of mole crickets. Hydrocarbons were extracted from the cuticle of frozen crickets by placing the cricket in 5 ml of pentane for about 1 minute. The solvent was then evaporated with a stream of nitrogen gas to a final volume of 1 ml. About 1 ul was injected into a Varian 3700 gas chromatograph. Further details of the procedures can be found in Castner and Nation (1984, 1986). The 7 species and stages analyzed are summarized in Table 1.

Table 1. Mole cricket data for cuticular lipid analyses

Species	Sex/Stage Examined	Source of Collection
<i>S. vicinus</i>	10 M, 10 F 10 nymphs 10M, 4F	Jacksonville, FL Gainesville, FL Santa Cruz, Bolivia
<i>S. acletus</i> (4-dot variety)	6 M, 6F, 5 nymphs	Boynton Beach, FL Gainesville, FL
<i>S. acletus</i> (mottled)	1M, 2F	Defuniak Springs, FL
<i>S. abbreviatus</i>	4M, 8F, 2 nymphs 3M, 6 nymphs 1F, 2 nymphs	Boynton Beach, FL F. Lauderdale, FL Arecibo, Puerto Rico
<i>N. hexadactyla</i>	9M, 7F, 9 nymphs	Gainesville, FL
<i>S. new species</i>	3M, 4F	Santa Cruz, Bolivia
<i>S. imitatus</i>	1M, 3F	Isabela (Aguadilla Province), PR
<i>S. didactylus</i>	2M, 3F	Dorado (Arecibo Province), PR

Slides will be used to show the chromatographic patterns obtained from the insects of Table 1.

More species of mole crickets collected at different times of the year and from different habitats should be analyzed in order to see if the species specificity in hydrocarbons holds up. Large data sets may enable us to understand the functions role(s) for the particular hydrocarbons on the cuticle of mole crickets, particularly with respect to habitat and ecology. More data might also make it possible to draw evolutionary and phylogenetic relationships within the family Gryllotalpidae.

Cuticular hydrocarbons from honey bees and their ectoparasitic mites, *Varroa jacobsoni*

Ectoparasitic mites, *Varroa jacobsoni*, Oudemans, have become a problem to commercial beekeeping worldwide. The mites are relatively large, measuring 1.5-2.0 mm wide by 1.0-1.8 mm long (Denmark *et al.*, 1991). They suck body fluids from adults, larvae and pupae with stylet-like mouthparts, and if unchecked, frequently kill colonies of honey bees. It is not known whether all the *Varroa* mites on honey bees constitute a single species; Grobov *et al.*, (1980) described morphological variations in mites taken from *A. mellifera* colonies in the (former) USSR, Japan and West Germany.

Mites were collected from colonies at the University of Florida, Gainesville, FL. and from Italy and Brazil. Mass spectral analysis of representative samples and of derivatives of major alkenes were performed on a Perkin Elmer 8420 GC interfaced with a Finnigan Ion Trap Detector (ITD). Dimethyl-disulfide addition, followed by GC-MS analysis was used to determine the location of double bonds in key alkenes in extracts from honey bees and mites (Dunkelblum *et al.*, 1985, Carlson *et al.*, 1989). The mites are large enough that single mites were analyzed. Details of the procedures we used can be found in Nation *et al.*, (1992).

We did not see any important differences in hydrocarbon patterns of mites from Florida, Italy or Brazil, but there were some very interesting relationships between mite hydrocarbon patterns and those of their host honey bees. In brief, the mites have the same qualitative hydrocarbons on their cuticle as the bees have. Pupal bees have some important differences from adult bees, and the mites have the hydrocarbon pattern of the stage on which they are living. Immature mites develop on the pupae of honey bees, and move as adult mites to the adult bees. The major hydrocarbons found on mites and bees are listed in Table 2. They were n-alkanes with 23, 25, 27, 29, and 31 carbons, two unsaturated C31:1 hydrocarbons (peaks 26, 27) and an unsaturated C33:1 compound (peak 32).

The differences in hydrocarbons of adult and pupal bees, and of the mites from each stage, were primarily in the quantity of C31:1 and C33:1 alkenes. *Varroa* taken from the purple-eye-stage of drone pupae showed only traces of these alkenes (Peaks 26, 27 and 32), while those taken from adult bees had a large quantity relative to other hydrocarbons. It should be noted also that only traces of these unsaturated hydrocarbons were found in cuticular extracts of both worker and drone pupae, on which immature *Varroa* develop.

Table 2. Gas chromatography data for cuticular hydrocarbons from a Florida sample of *Varroa* mites and their honeybee hosts.

Peak No.	Kovats Index	Compound Identity	Peak No.	Kovats Index	Compound Identity
1	2100	heneicosane	18	2800	octacosane
2	2144		19	2829	
3	2272	C23:1	20	2871	C29:1
4	2300	tricosane	21	2900	nonacosane
5	2329	branched ^a	22	2928	branched ^a
6	2364		23	2960	
7	2400	tetracosane	24	3000	triacontane
8	2448		25	3046	
9	2476	C25:1	26	3070	8-C31:1
10	2500	pentacosane	27	3077	10-C31:1
11	2533	branched ^a	28	3100	nC31
12	2600	hexacosane	29	3127	branched ^a
13	2635		30	3168	
14	2668	C27:1	31	3237	
15	2700	heptacosane	32	3269	10-C33:1
16	2728	branched ^a	33	3290	
17	2754		34	3315	

^a Francis *et al.* (1989) showed that the internally branched monomethyl alkanes were mixtures of two or more of 9-, 11-, 13- and 15-methyl alkanes in *A. mellifera*.

Location of the double bond in *Varroa* alkenes

The double bond was located in each of the two C31:1 alkenes (peaks 26 and 27), and the C33:1 alkene (peak 32) from *Varroa* cuticle by addition of dimethyl disulfide (DMDS) at the double bond (Dunkelblum *et al.*, 1985, Carlson *et al.*, 1989), followed by GC-MS analysis of the reaction mixture. In the GCMS record there was only a single peak at scan 1958 (= 32.5 min retention time) for the DMDS adduct of the two C31:1 alkenes (peaks 26 and 27) in *Varroa* extract. The mass spectrum of the peak showed the expected strong ion at m/z 528 consistent with a molecular weight of 434 for the C31:1 parent compound (plus 94 for the added DMDS). The major ion (A1)+ at m/z 369 and (B1)+ at m/z 159 indicated that the parent C31 alkene was 8-nC31:1. The second C31 alkene adduct gave major fragment ions at m/z 341 for (A2)+ and m/z 187 for (B2)+, which placed the double bond at position 10 and indicated that the parent compound was 10-nC31:1.

The C33:1 alkene from mite cuticle (peak 32) had the double bond at position 10 (10-nC33:1), as indicated by major fragment ions at m/z 369 (A)+, 187 (B)+, and 556 (M)+.

We found results identical to those described above for GC peaks 26, 27 and 32 when we treated an extract of an adult drone with DMDS and analyzed it similarly. Thus, our data indicate that the double bonds are located at the same places in these three alkenes from mites and honeybees. There were internally branched monomethyl alkanes from both the mites and bees, but we did not determine the point of branching. Francis *et al.*, (1989) showed that these internally branched monomethyl alkanes from honey bees were mixtures of two or more of the 9-, 11-, 13- and 15-methyl alkanes.

The mites may acquire their hydrocarbons from their bee hosts, either by feeding or by physical contact with bees. Alternatively the mites may biosynthesize their own hydrocarbons. Regardless of how the mites acquire their hydrocarbons, it seems probable that these lipids offer protection from desiccation. The hydrocarbons on the surface of the mites may also allow them to escape detection and removal by the honey bees.

Pheromone identity as a chemotaxonomic tool

Pheromones are the chemical substances that members of the same species use for intraspecific communication. They are usually multicomponent mixtures of compounds. Clearly, in order to be functional they must be species specific. Sometimes the same chemical molecules are used by two different species, but the blend or ratio of the several components differ in the different species. The potential of pheromones as chemotaxonomic tools can be illustrated with an example from tephritid fruit flies (Nation 1989, 1990, Rocca *et al.*, 1992). The males of *Anastrepha suspensa* and *A. ludens* produce pheromone that attract sexually mature females and other males. The males of both these species release nine compounds during behavioral displays at lek sites in the afternoon. Eight of the pheromonal compounds are the same for both flies, but there are important ratio or blend differences in the proportions. A typical blend for each species is illustrated in Fig. 1. Each species produces one monoterpene that the other does not produce. The Caribbean fruit fly produces the monoterpene *cis*- β -ocimene, while the Mexican fly releases the monoterpene limonene. Both compounds are very minor components, but possibly important to the flies.

Both species release two 9 carbon alcohols, (*Z*)-3-nonenol and (*Z,Z*)-3, 6-nonadienol, and 3 isomeric lactones, anastrephin, apianastrephin, and suspensolide in about the same proportions. Both species also release the sesquiterpenes α -bergamotene, (*E,E*)- α -farnesene and β -bisabolene. A major difference between the two species is that β -bisabolene is a large component in Caribbean fruit flies but a very minor one in Mexican fruit flies, while (*E,E*)- α -farnesene is a major component in Mexican fruit flies but a minor one in Caribbean fruit flies. Both species seem to produce about the same amount of α -bergamotene. A gas chromatographic analysis, requiring about 15 minutes, clearly differentiates these two species on the basis of the proportions of (*E,E*)- α -farnesene and β -bisabolene. Now Caribbean and Mexican fruit flies may not be especially difficult to distinguish on morphological characters, but males of most of the 150+ species of *Anastrepha* are poorly known. The keys are based on female characters. Fortunately, tephritid fruit fly males produce relatively large quantities of their pheromone, and it is possible to collect enough pheromone for GC analysis from a single male fly (Nation

1990). Additional details of the pheromone in these two flies, and in other fruit flies will be presented in a paper later in the SOCOLEN meeting.

Acknowledgements

I thank NSF for Instrument Award # 8806823 and the Institute of Food and Agricultural Science (IFAS), University of Florida, for funds to purchase the GC-MS system. I thank Kathy Milne for technical assistance in the laboratory.

REFERENCES CITED

- Bartelt, R.J. and L.L. Jackson. 1984. Hydrocarbon component of the *Drosophila virilis* (Diptera: Drosophilidae) aggregation pheromone: (Z)-10-heneicosene. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77(4): 364-371.
- Blomquist, G.J., T.T. Blailock, R.W. Scheetz and L.L. Jackson. 1976. Cuticular lipids of insects - VII. Cuticular hydrocarbons of the crickets *Acheta domesticus*, *Gryllus pennsylvanicus* and *Nemobius fasciatus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 54B: 381-386.
- Brand, H.M., S.L. Puleo and E.E. Brand. 1991. Identification of the Africanized bee in South America by the composition of its was. *Bee Sci.* 1(2): 106-111.
- Castner, J.L. and J.L. Nation. 1984. Cuticular lipids for species recognition of mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae): I. *Scapteriscus didactylus*, *Scapteriscus imitatus* and *Sacpteriscus vicinus*. *Fla. Entomol.* 67(1): 155-160.
- Castner, J.L. and J.L. Nation. 1986. Cuticular lipids for species recognition of mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae): II. *Scapteriscus abbreviatus*, *S. acletus*, *S. vicinus*, *S. sp.*, and *Neocurtilla hexadactyla*. *Arch. Insect Biochem and Physiol.* 3:127-134.
- Carlson, D.A. 1988a. Hydrocarbons for identification and phenetic comparisons: cockroaches, honey bees and tsetse flies. *Fla. Entomol.* 71(3): 333-345.
- Carlson, D.A. 1988b. Africanized and European honey-bee drones and comb waxes: analysis of hydrocarbon components for identification. pp. 264-274 In Africanised Honey Bees and Bee Mites, G.R. Needham, R.F. Page, Jr., M. Delfinado-Baker, and C.E. Bowman (Eds.), Ellis Horwood Ltd./John Wiley, New York, NY.
- Carlson, D.A. and A.B. Bolten. 1984. Identification of Africanized and European honey bees, using extracted hydrocarbons. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 30(2): 32-35.
- Carlson, D.A., C.S. Roan, R.A. Yost and J. Hector. 1989. Dimethyl disulfide derivatives of long chaing alkenes, alkadienes, and alkatrienes for gas chromatography/mass spectrometry. *Anal. Chem.* 61: 1564-1571.
- Carlson, D.A. and M.W. Service. 1980. Identification of mosquitoes of *Anopheles gambiae* species complex A and B by analysis of cuticular components. *Science* 207: 1089-1091.
- Carlson, D.A. and J.F. Walsh. 1981. Identification of two West African black flies (Diptera: Simuliidae) of the *Simulium damnosum* species complex by analysis of cuticular paraffins. *Acta Tropica* 38: 235-239.

- Carlson, D.A. and S.R. Yocom. 1986. Cuticular hydrocarbons from six species of tephritid fruit flies. *Arch. Insect Biochem. and Physiol.* 3: 397-412.
- Denmark, H.A., H.L. Cromroy, and L. Cutts. 1991. Varroa mite, *Varroa jacobsoni* Oudemans (Acari: Varroidae). *Entomol. Circ. No. 347*, Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv., Div. of Plant Industry, Doyle Conner Bldg., Gainesville, FL, 4 pp.
- Dunkelblum, E., S.H. Tan and P.J. Silk. 1985. Double-bond location in monounsaturated fatty acids by dimethyl disulfide derivatization and mass spectrometry: Application to analysis of fatty acids in pheromone glands of four Lepidoptera. *J. Chem. Ecol.* 11(3): 265-277.
- Francis, B.R., W.E. Blanton, J.L. Littlefield and R.A. Nunamaker. 1989. Hydrocarbons of the cuticle and hemolymph of the adult-honey bee (Hymenoptera: Apidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82(4): 486-494.
- Grobov, O.F., N.M. Poulenez and S.L. Sofronova. 1980. La variabilite géographique des dimensions du scutum dorsal des femelles de *Varroa jacobsoni* Oudemans. pp. 381-382 In: *Le XXVIIe Congres Int. Apicult., Atene, 1979*. Apimondia, Bucarest.
- Howard, R.W., C.A. McDaniel and G.J. Blomquist. 1980. Chemical mimicry as an integrating mechanism: cuticular hydrocarbons of a termitophile and its host. *Sci.* 210: 431-433.
- Howard, R.W. and G.J. Blomquist. 1982. Chemical ecology and biochemistry of insect hydrocarbons. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 149-172.
- Jackson, L.T. and G.L. Baker. 1970. Cuticular lipids of insects. *Lipids.* 5: 239-246.
- Lavine, B.K., D.A. Carlson, D. Henry and P.C. Jurs. 1988. Taxonomy based on chemical constitution: differentiation of Africanized honey-bees from European honey-bees. *J. Chemometrics* 2: 29-37.
- Lockey, K.H. 1981. Cuticular hydrocarbons of adult *Cylindrinotus laevioctostriatus* (Goeze) and *Phylan gibbus* (Fabricius) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Insect Biochem.* 11: 549-561.
- Lockey, K.H. 1982. Hydrocarbons of adult *Onymacris plana* (Peringuey) and *Onymacris rugatipennis* (Haag) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Insect Biochem.* 12: 69-81.
- Lockey, K.H. 1988. Lipids of the insect cuticle: origin, composition and function. *Comp. Biochem. Physiol.* 89B (4): 595-645.

- Miller, D.R., J.H. Borden, and K.N. Slessor. 1989. Inter-and intrapopulation variation of the pheromone, ipsdienol produced by male pine engravers, *Ips pini* (Say) (Coleoptera: Scolytidae). *J. Chem. Ecol.* 15: 233-247.
- Nation, J.L. 1989. The role of pheromones in the mating system of *Anastrepha* fruit flies, pp. 189-205 in A.S. Robinson and G. Hooper (eds.), *Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and control*, Vol. 3A. Elsevier, Amsterdam.
- Nation, J.L. 1990. Biology of pheromone release by male Caribbean fruit flies, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). *J. Chem. Ecol.* 16(2): 553-572.
- Nation, J.L., M.T. Sanford and K. Milne. 1992. Cuticular hydrocarbons from *Varroa jacobsoni*. *Exp. & Appl. Acarology* 16: 331-344.
- Nelson, D.R. 1978. Long-chain methyl-branched hydrocarbons: Occurrence, biosynthesis, and function. *Adv. Insect Physiol.* 13: 1-33.
- Nelson, D.R., D.R. Sukkestad, and R.G. Zaylskie. 1972. Mass spectra of methyl-branched hydrocarbons from eggs of the tobacco hornworm. *J. Lipid Res.* 13: 413-421.
- Page, M., L.J. Nelson, M.I. Haverly and G.J. Blomquist. 1990. Comparison of the cuticular hydrocarbons of eight species of North American cone beetles, *Conophthorus Hpopkins*. *J. Chem. Ecol.* 16(4): 1173-1198.
- Peschke, K. 1987. Cuticular hydrocarbons regulate mate recognition, male aggression, and female choice of the rove beetle, *Aleochara curtula*. *J. Chem. Ecol.* 13(10): 1993-2008.
- Pomonis, J.G., C.L. Fatland, D.R. Nelson, and R.G. Zaylskie. 1978. Insect hydrocarbons. Corroboration of structure by synthesis and mass spectrometry of mono- and dimethylalkanes. *J. Chem. Ecol.* 4: 27-39.
- Rocca, J.R., J.L. Nation, L. Streckowski, and M.A. Battiste. 1992. Comparison of volatiles emitted by male Caribbean and Mexican fruit flies. *J. Chem. Ecol.* 18(2): 223-244.
- Seybold, S.J., S.A. Teale, A. Zhang, F.X. Webster, K.Q. Lindahl, Jr., D.L. Wood and I. Kubo. 1992. The role of lanierone in the chemical ecology of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae) in California. *J. Chem. Ecol.* 18: 2305-2330.
- Vander Meer, R.K., D.P. Jouvenaz and D.P. Wojcik. 1989. Chemical mimicry in a parasitoid (Hymenoptera: Eucharitidae) of fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Chem. Ecol.* 15(8): 2247-2261.
- Vander Meer, R.K. and D.P. Wojcik. 1982. Chemical mimicry in the myrmecophilous beetle *Myrmecaphodius excavaticollis*. *Sci.* 218: 806-808.

A. SUSPENSIVA AND LUDENS PHEROMONE COMPONENTS & QUANTITY

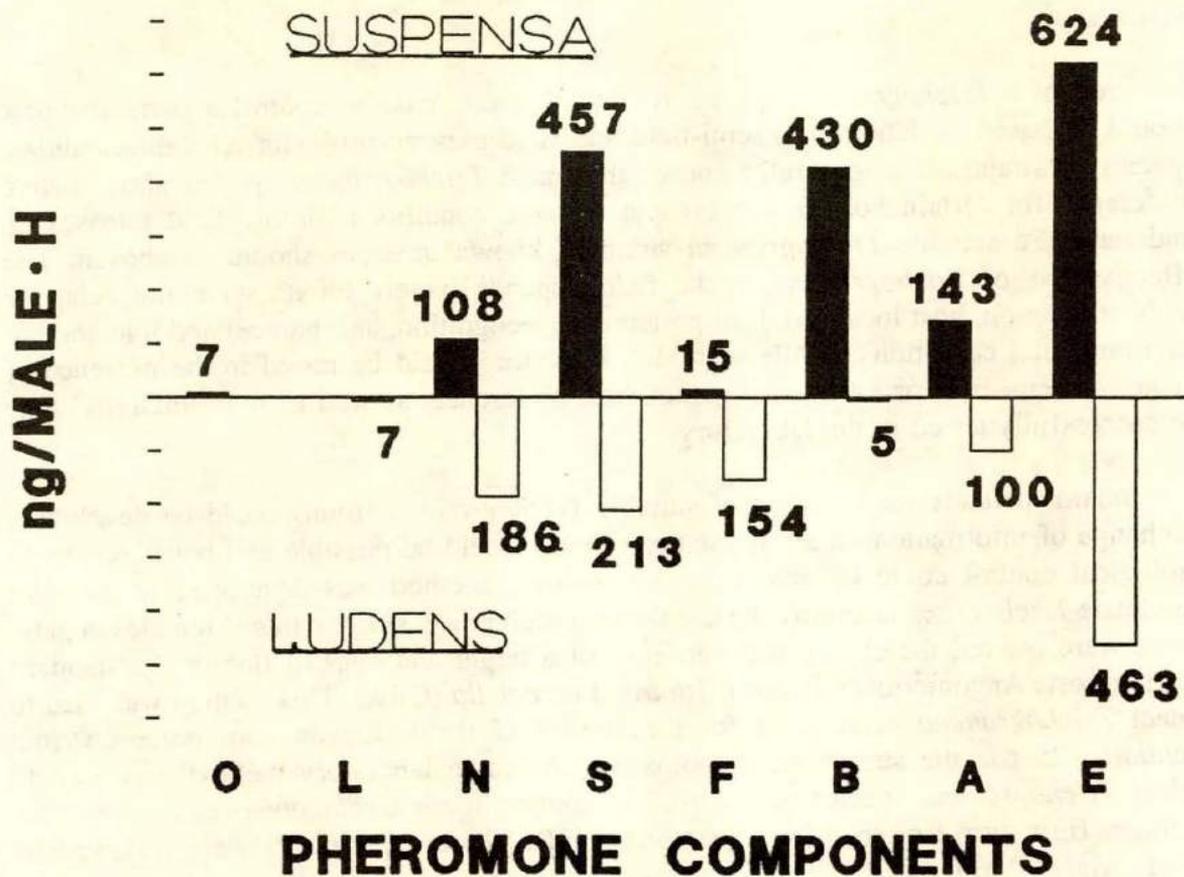


Figure 1.

Comparison of the pheromone components from Caribbean and Mexican fruit fly males. O, CIS- β -Ocimene; L, Limonene; N, (Z)-3-Nonenol and (Z, Z)-3, 6-Nonadienol; S, Suspensolide; F, (E, E)- α -Farnesene; B, β -Bisabolene; A, Anastrephin; E, Epianastrephin. Values for ocimene, Limonene, Farnesene in suspensiva, and Bisabolene in ludens are estimates from limited measurements.

MASS-PRODUCTION AND UTILIZATION OF *Trichogramma*: 13. THE SELECTION OF EFFECTIVE SPECIES FOR USE IN BIOLOGICAL CONTROL

S.A. Hassan¹

Summary

Selection of a *Trichogramma* species for inundative release to control a particular pest should be based on laboratory, semi-field and field experiments with relevant candidate species or strains. It is generally known that most *Trichogramma* species show strong preference for certain host(s), crop(s) and climatic conditions. Before field releases be undertaken, a suitable *Trichogramma* strain of known qualities should be chosen. The effectiveness of *Trichogramma* in the field depends largely on its searching behavior (habitat location, host location), host preference (recognition, acceptance) and tolerance of environmental conditions. While searching behavior should be tested in the presence of plants, in semi-field or field experiments, host preference, as well as host suitability, may be successfully tested in the laboratory.

If standard methods for selection of suitable *Trichogramma* strains could be developed, exchange of information on an international level would be possible and better results in biological control could be achieved. A laboratory method was developed to compare candidate *Trichogramma* strains. To test the host preference, single parasite females in glass tubes were offered the choice between eggs of a target and eggs of one of the standard rearing hosts Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.). This method was used to select *Trichogramma evanescens* for the control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: 25 parasite strains were compared. The same laboratory method was used to select *Trichogramma* species to control the codling moth *Cydia pomonella* L. and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* F.R. These experiments were followed by field trials. From 15 parasite strains compared, *Trichogramma dendrolimi* and *Trichogramma cacoeciae* were chosen. In both the apple and the corn cases, the choice was found to be suitable for the practical use of the parasite in biological control.

T. evanescens has been used commercially to control the European corn borer *O. nubilalis* in Germany since 1980. The treated area reached about 6200 ha in 1992. The use of *T. dendrolimi* to control the codling moth *C. pomonella* and the summer fruit tortrix moth *A. orana* was started in 1990 and covered an area of ca. 15 ha in 1992. Research is being carried out to select effective *Trichogramma* species to control other pests such as grape berry moth *Eupoecilia ambiguella*, plum fruit moth *Cydia funebrana* and diamondback moth *Plutella xylostella*.

¹ Institute for Biological Pest Control, Federal Biological Research Center for Agriculture and Forestry, Heinrichstr. 243, D-6100 Darmstadt, Germany.

Introduction

The advantages of using natural enemies in pest management, compared to chemical pesticides include: (1) No toxic residues on plants and soil, (2) application without complicated equipment, (3) pests do not acquire resistance, (4) they are effective if developed and used appropriately, (5) they are harmless to natural enemies of pests and (6) they can be produced locally in any country including those with limited access to traditional methods.

The genus *Trichogramma* includes more than 100 species (Voegelé, 1988) which predominantly attack eggs of Lepidoptera. *Trichogramma* spp. have traditionally been considered as polyphagous. However, evidence is accumulating that considerable inter- and intraspecific variation in host preference exists (van Dijken *et al.*, Pak, 1988, 1991, Hassan, 1989).

Trichogramma wasps are used more than any other entomophagous species for biological control of insect pests. Control with *Trichogramma* is mostly attempted through mass releases, against at least 28 different herbivorous pest species on some 20 different crops (Hassan, 1988, 1992, Voegelé *et al.*, 1988). However, because of considerable variability in success of releases and little evidence of consistently successful application of *Trichogramma*, the usefulness of these parasitoids is currently strongly debated (van Lenteren, 1989). Judging by the numerous attempts of biological control with *Trichogramma* over the past 80 years, it is remarkable how little basic research has been conducted on these insects. The entomophages searching behavior in the field following its release is a key process in the successful parasitization of hosts. Unfortunately this is an area about which there is little information available (Noldus 1989). Salt (1958), one of the first to realize the importance of the study of behavior of parasitoids for their utilization as biological control agents, made a detailed study of behavioral and physiological aspects of parasitism by *Trichogramma*.

Trichogramma exhibits a strong preference for Lepidoptera species, including a large number of important agricultural pests. Adult *Trichogramma* require both water and food (honey) for maximum fecundity. They spend most of their time seeking this food, host eggs, or looking for a mate. The searching activity of the adult parasite is generally believed to be stimulated by chemical substances, Kairomones, produced and left by its hosts. When a suitable host egg is encountered, the female *Trichogramma* examines the egg by antennal drumming, drills into it with her ovipositor and lays one or more eggs within the host egg, depending on its size. When a *Trichogramma* female finds "preferred" host eggs, it will usually stay on or near them for a long period of time until all or most of them are parasitized. Less preferable host eggs may be totally rejected or the parasite might lay a few eggs before leaving the location to search for more suitable hosts. Diversity in host preference of *Trichogramma* species has now been fully recognized as an important factor with regard to biological control.

Trichogramma species vary greatly in their searching behavior, host preference and response to environmental conditions. Consequently, they also vary in their suitability for use in biological control. Failures of egg parasites to control agricultural pests could be due to the use of less suitable *Trichogramma* strains (van Lenteren 1989, Hassan 1989). Several authors have shown variations between strains of the same *Trichogramma* species and stressed the importance of choosing an appropriate strain for use in biological control. Others have indicated particular attributes that would increase the biological abilities of the parasite and its effectiveness in the field (Pak 1988, 1991, Bigler 1989). In recent years there has been an increasing awareness of this problem among *Trichogramma* research workers.

A laboratory method was developed to compare candidate *Trichogramma* strains. To test the host preference, single parasite females in glass tubes were offered the choice between eggs of a target pest and eggs of one of the standard rearing hosts Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Oliv.). This method was used to select *Trichogramma evanescens* for the control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: 25 parasite strains were compared (Hassan 1989). The same laboratory method was used to select *Trichogramma* species to control the codling moth *Cydia pomonella* L. and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* F.R. (Hassan 1989). These experiments were followed by field trials. From 15 parasite strains compared, *Trichogramma dendrolimi* and *Trichogramma cacoeciae* were chosen (Hassan *et al.*, 1988). In both the apple and the corn cases, the choice was found to be suitable for the practical use of the parasite in biological control.

T. evanescens has been used commercially to control the European corn borer *O. nubilalis* in Germany since 1980. The treated area reached about 6200 ha in 1992. The use of *T. dendrolimi* to control the codling moth *C. pomonella* and the summer fruit tortrix moth *A. orana* was started in 1990 and covered an area of ca. 15 ha in 1992. Research is being carried out to select effective *Trichogramma* species to control other pests such as grape berry moth *Eupoecilia ambiguella*, plum fruit moth *Cydia funebrana* and diamondback moth *Plutella xylostella*.

If standard methods for selection of suitable *Trichogramma* strains could be developed, exchange of information on an international level would be possible. In the present work, laboratory, semi-field and field methods to compare candidate *Trichogramma* strains are described.

The use of imported *Trichogramma* strains:

In practice, a local *Trichogramma* strain is often chosen for use in biological control because the parasite is expected to be well adapted to the local environmental conditions. However, a local strain might not be the most effective one for the particular purpose. More effective parasites with better adaptation to the crop and/or the host may be found elsewhere in areas where the crop has been grown for a longer time. Evolution or adaptation of the parasite in different ecosystems are unlikely to be identical. In the course of centuries, the genetic structure of certain populations and the host searching behavior on

a particular type of plant might have evolved to make the parasite more effective than in other similar agroecosystems. For biological control to compete effectively with chemical pesticides, increased efficacy is important. Efforts to acquire more effective strains are therefore justified.

An "FAO Code of conduct" has recently been drafted to ensure the safe use biological control agents and prevent the accidental introduction of unwanted organisms into importing countries. In particular, the code aims to harmonize cooperation between research scientists and authorization officers.

Assessing the host preference in the laboratory:

Comparing the efficacy of strains by field testing is very time consuming and rational screening procedures are therefore needed. Pre-introductory evaluation should involve, among others factors, the criteria of host preference and host suitability. Laboratory and semi-field experiments are recommended, not as alternatives to field testing but as a first screening. Several research workers have shown that these characters can easily be tested in simple laboratory experiments (Quednau 1955, 1956, Kochetova 1969, Schieferdecker 1969, Gonzalez *et al.*, 1970, Need & Burbutis 1979, Lenteren *et al.*, 1982, Dijken *et al.*, 1986 & Hassan 1989).

The host preference of *Trichogramma* was tested by offering a single parasite female the choice between eggs of one target pest and eggs of a standard host (Hassan 1989, Hassan, Guo 1991, Wührer & Hassan 1993). A single *Trichogramma* female (about 24 hours old) was released in a glass tube (100 mm long and 26 mm in diameter) together with 80 eggs (2 x 40 patches) of the target pest and 80 eggs (2 x 40 patches) of the standard mass rearing host *Sitotroga cerealella*. These numbers can be changed, according to the size of the host eggs. The eggs were glued near the 4 corners of a piece of paper (2 x 2 cm) and a drop of honey/agar was added in the centre. Monitoring was carried out by (1) checking all the tubes 8 times during the first 24 hours of the experiment and recording the location of the parasite (on target pest eggs, on *S. cerealella* eggs, or elsewhere); (2) Assessing parasitism 5 days later.

Observing the location of the parasite in the first monitoring reflected the preference of *Trichogramma* to search for, contact and remain for some time on the "preferred" eggs compared to the standard rearing host eggs. Counting the number of *Trichogramma* developing in the host eggs (parasitism) in the second monitoring near Gross-Gerau to compare the effectiveness of different *Trichogramma* strains. Single field releases at 150.000 parasites per ha resulted in 86.1% egg parasitism with *T. evanescens* Moldavia (10) and 81.3% reduction in the number of *Ostrinia* larvae compared with 64.5% parasitism and 65.4% larval reduction for *T. evanescens* Darmstadt (105). *T. evanescens* (10) in Moldavia and *T. ostrinia* (62) in China may have had better conditions to adapt to the corn borer than the strain *T. evanescens* (105) in Germany. In Germany this species occur mainly in cabbage fields, not in corn. These experiments showed that two imported *Trichogramma* strains were more effective than the local one. That these two species are

known in practice to be effective against the corn borer indicates the usefulness of the screening method. *T. ostriniae* has been successfully used in Asia for a long period time and *T. evanescens* in Europe since 1978.

Results confirm that the choice of *T. evanescens* to control the European corn borer (*O. nubilalis*) in western Europe is justified. However, the better performance of *T. ostrinia* in the host preference test suggests its possible value as an alternative. About 15.000 ha of corn are being treated annually with the Moldavia strain of *T. evanescens* in France, Switzerland and the Federal Republic of Germany. In Germany, the reduction in the field number of *O. nubilalis* larvae obtained by releases, compared with untreated control plots, varied between 70 and 93%. Two treatments each at the rate of 75.000 per ha are being carried out starting at the beginning of the *Ostrinia* adult flight, as indicated by light traps (Hassan *et al.*, 1986 and Stein and Hassan, 1988).

The contact and parasitism method, was also used by Hassan (1988, 1989) to select suitable *Trichogramma* strains to control the Codling moth *Cydia pomonella*, the two summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana* and *Pandemis heparana*. Seventeen strains were screened for their suitability and *Trichogramma dendrolimi* from the China P.R. as well as a local strain of *Trichogramma embryophagum* were chosen for further testing in the field. The results of the inundative release experiments between 1984 and 1986 showed that *T. dendrolimi* reduced the damage of *C. pomonella* by 61.35%, of *A. orana* by 72.85%. *T. embryophagum* reduced the damage of *C. pomonella* by 50.07%, of *A. orana* by 50.8%.

Wührer and Hassan (1993) used the same method to test 47 *Trichogramma* strains and 2 *Trichogrammatoidea* strains against the diamondback moth *Plutella xylostella*. All strains accepted eggs of the diamondback moth, but varied greatly in their preference for the pest. *T. oidea bactrae*, *T. chilonis* and *T. pintoi* had a high egg laying capacity and showed strong preference for diamondback moth eggs. The ratio of parasitism *Plutella/Sitotroga* eggs was: 34.4/6.1, 32.8/12.1 and 32.0/9.1 respectively. The ratio of contacts *Plutella/Sitotroga* eggs was: 2.6/0.2, 1.5/0.7 and 3.5/0.3 respectively. *T. ostriniae* had a slightly lower egg laying capacity than the other three species but had a strong preference for *P. xylostella* (parasitism: 19.6 to 7.3 and contacts: 2.8 to 0.2). *T. pretiosum* had a high egg laying capacity, but showed only preference in contacts (2.6/1.0) and not in parasitism (28.2/25.5). *T. cacoeciae* had a low egg laying capacity, but a clear preference for diamondback moth eggs (parasitism: 8.3/1.0 and contacts: 2.0/0.0).

With these experiments, the suitability of the method for the selection of species was shown once more. The species selected by the method were reported by other authors to be active against the diamondback moth. *Trichogramma chilonis* (Nguyen and Nguyen 1982; Iga 1985; Okada 1989; Hirashima *et al.*, 1990), *Trichogramma confusum* and *Trichogrammatoidea bactrae* (Keinmeesuke *et al.*, 1990) were recorded as important natural enemies of *P. xylostella*.

Semi-field test to assess the searching capacity:

The searching capacity of *Trichogramma* strains was tested by Hassan and Guo (1991) by releasing adult parasites in cages (90 x 60 x 70 cm) with cloth walls and roof. Each cage included 4 potted corn plants that were previously bred in the greenhouse. *O. nubilalis* eggs laid on small pieces of paper were placed on the plant leaves evenly distributed in the cage. The egg cards were collected and replaced three times at interval of 2 to 3 days. The number of egg patches that included parasitized eggs as well as the total number of parasitized eggs per cage was calculated. The results of these experiments showed that the two species *T. ostrinia* (62) and *T. evanescens* (10) were equally effective against the European corn borer. The number of corn borer eggs parasitized by the two species was not significantly different in all the experiments conducted.

The searching capacity of six *Trichogramma* species on cabbage plants with naturally laid *P. xylostella* eggs was tested by Wührer & Hassan (1993). The release of *T. oidea bactrae*, *T. ostriniae*, *T. chilonis*, *T. pretiosum*, *T. pintoi* and *T. cacoeciae* in a ratio of 1 female to 20 eggs lead to a parasitism of 55.8, 40.3, 28.7, 16.7, 4.9 and 4.2% and a larval reduction of 66.7, 54.1, 42.6, 20.1, 14.2 and 20.8% respectively. When releasing *T. ostriniae*, *T. oidea bactrae* and *T. chilonis* in a ratio of 1:1, larval reduction was 89.3, 84.6 and 74.7%.

Both the corn and cabbage experiments confirmed the finding of the laboratory trials. Species that were effective in the laboratory also had the highest efficacy in the semi-field test.

Field test to assess the efficacy:

The release of the parasite in the field should be done as close as possible to methods used in practice. These aspects include, the releasing device, the number of parasites per unit, the distance between releasing points and the number of releases. In field crops, the plot should be square in shape and include at least 25 releasing points, monitoring should be restricted to the center part. The distance between plots should be as large as possible, i.e. a minimum of about 30 m in a corn field. The size of the plot in fruit orchards will depend on the type of trees, about 25 larger trees in a square shaped plot will allow monitoring of the 9 central ones.

The increase in egg parasitism as well as of the reduction in larval infestation should be monitored. Voegelé *et al.*, (1975) developed a method to assess parasitism of the European corn borer eggs in *Trichogramma* releasing experiments. Eggs laid on 21 selected corn plants surrounding releasing points are examined at certain time intervals and the number of parasitized *O. nubilalis* eggs as well as emerged pest larvae is counted. The advantage of this method is that the eggs are observed at intervals directly in the field until they turn black or the host larva hatches. With this they are exposed to the parasite during all its development time in the field.

Introduction

Although there are about 4000 described species of fruit flies in the family Tephritidae (Christenson and Foote 1960), only a few fortunately are pests of commercial crops. These few, however, are major pests in many parts of the world. They directly destroy fruits and vegetables, cause losses through quarantine measures, inhibit the development of export markets, and/or require use of expensive prevention and containment techniques.

A highly specific and reliable trapping system for fruit flies is needed. These traps should be available for monitoring of established populations as well as detection of new pest introductions. In theory, a trap baited with the sex pheromone of a particular species should be highly specific and sensitive. In practice, however, tephritid fruit fly pheromones have proved to be very difficult to formulate into an effective lure. Pheromones of tephritids, with the exception of the single component known in *T. curvicauda* (Chuman *et al.*, 1987), are complex mixtures of compounds (Table 1). Some of the compounds are difficult, and hence expensive, to synthesize (Saito *et al.*, 1984, Mori and Nakazono 1988). The complexity of the pheromone blends have greatly slowed the practical application of fruit fly pheromones. Despite the complexity of the pheromones of flies in Table 1, these represent only a few of the economically important tephritids. Perhaps not all will be as complex as the ones we already know. For example, the pheromone of *Anastrepha striata* does not seem so complex (Nation and Ramirez, unpublished data), and the possibility of developing a trap baited with its pheromone is high.

The possibility of using pheromone analysis of the flies as taxonomic tools, and in constructing evolutionary relationships takes advantage of the complexity that plagues practical application. Is it possible that the three major mountain ranges that run through Colombia have prevented flies on opposite sides of each range from interbreeding for long enough periods for speciation to occur? Is it possible that flies presently known as *Anastrepha striata* could represent more than one species? Pheromone analysis of different populations, or a trap baited with the pheromone of *A. striata* as collected in Cali, might give us evidence to begin to answer that question. Furthermore, since it is the males that produce the pheromone in tephritid fruit flies, pheromone analysis provides a way to associate males with the proper female, which is difficult if not impossible to do at present because the taxonomic keys are built upon female characters. Finally, when we have data from many populations and species, pheromonal composition should enable us to determine evolutionary relationships within the large tropical genus of *Anastrepha*. The behavior, habits, food plants, ecology, and certainly the pheromones of most of the species in this large genus are unknown. We can contribute to the understanding and preservation of tropical biodiversity through studies of tephritids, their food plants and ecology, and learn about their pheromones at the same time. Fruit flies may prove to be good indicators of biodiversity loss or disturbance in natural habitats. If we have pheromones that we can use in trapping and monitoring of fruit flies, we may be aware of disturbances in the ecosystem well before more obvious changes would alert us.

Pheromone identification from tephritids

Table 1 shows the species and the major chemical substances identified from tephritid fruit flies. Even though only a few species have been studied, certain chemical patterns seem to correlate with genera. For example, substituted acetamides, propanamides and dioxspiro undecanes have been found in several *Bactrocera* species. Presently there are only published data for 2 species of *Anastrepha*, but none of the compounds present in *Bactrocera* species were found. The pheromones from *A. suspensa* and *A. ludens* are very similar, and this suggests a close evolutionary relationship. In the genus *Ceratitis*, only the Med fly has been studied, and reports differ on the composition of its pheromone, possibly because of the analysis of different populations. Clearly, analyses from many more species are needed.

The bioassay

The first step in any pheromone study should be the development of a reliable bioassay. Every step in isolation, identification and synthesis of pheromones must be followed by the bioassay in order to determine which fractions or which isolated compounds have biological activity. Field bioassays are the most reliable, and eventually any pheromone isolated must be proved under field conditions. For reasons of economy and time involved, however, laboratory bioassays are often used in studying a pheromone system. Many different bioassay arrangements and devices have been developed for different insects, including fruit flies. Unfortunately, there is no specific one that can be universally recommended because the bioassay must take advantage of the natural behavior of the insects to be tested. For example, a queen honey bee and a drone mate only in the air; no matter how much of the sex pheromone is present a queen and drones will not mate in small cages or a wind tunnel in a laboratory. When a virgin queen is tethered on a long string from a flag pole some 10-15 meters in the air, she becomes very attractive to drones and will soon be surrounded by them.

Usually some kind of wind tunnel or olfactometer arrangement is useful in bioassay, and this can be a very simple "Y" or "T" tube apparatus, or a more elaborate wind tunnel. The slides show several types of devices that have been used in fruit fly bioassays. A very simple and inexpensive bioassay that I have found useful in work with *A. suspensa* consists of a small screen cage that is about 20 cm long, 10 cm tall and 12 cm wide. A similar, but larger, cage was used by Robacker and Hart (1984) for studying the pheromone of the Mexican fruit fly, *A. ludens*. Cages were constructed by folding window screening (preferably metal screen rather than plastic) over a wooden block of the dimension given above, and the lapped edges were stapled. A smaller piece of screen was stapled over one end, and a cloth sleeve (cotton cloth sewed into a long sleeve and then cut into lengths about 30 cm long) was stapled to the other end. The cloth sleeve allows one to put insects into the cage and then close the opening with a rubber band, twist tie or string. In work with the Caribbean fruit fly, we placed 10 females into each cage when they were 2 or 3 days old, so that they could become accustomed to the cage. They have to be provided with food and water, of course. The flies were left in the cage until bioassay tests were started

when they were 7 days old. It is very important to control the light and dark cycles that the flies are exposed to, because many insect behaviors, including courtship and mating, are strongly influenced by daily rhythms that are entrained by the onset of the morning light. We have maintained our Caribbean fruit fly adults under conditions of 14 hours light, 10 hours darkness. In more tropical regions such as in Colombia, it may be more natural to use a 12:12 L:D program. Bioassays might be conducted inside or outside, but the lighting should be evenly directed over the cages. Initially volatiles collected from male flies, but later synthetic chemicals, (usually nanogram amounts in solvent) were applied to 2 x 3 cm pieces of Whatman No. 1 filter paper, and a treated paper was placed immediately on top of a cage near one end. A control paper was treated with solvent only and placed at the opposite end of a cage. In general we attempted to place the two papers about equidistant from the ends and from each other. A 3 x 5 cm thin wire rectangle was placed around each paper to serve as a counting field, and females within the field of the wire rectangle were counted at 2, 4 and 6 minutes, with each count serving as an observation period. The three counts were then summed, a value (0.025 was used) added to avoid zero values, and the total divided by 3 to obtain the average number of females responding at each observation period. It is relatively easy for one observer to monitor 10 cages, taking a 2-minute count from each cage in rapid succession, and so on for the 4- and 6-minute counts. The same cage of females usually can be used twice in an afternoon if the flies are rested for about 1/2 hour after a test. We have about 40 of these cages and it is possible to make 40 replications of each of two test materials in an afternoon with each cage used only twice. There is variability in response, as in all behavioral assays, so it is important to run sufficient replicates. A powerful attractant may require only a few replications to give convincing evidence of its attractancy, whereas a weaker attractant, or even a very dilute solution of a good attractant may require many replicates to show statistically significant attraction. Table 2 shows some sample data from one of our assays, where T is the response of 10 caged females to 0.008 male hour equivalents (MHE) of pheromone and C is the response to the control solvent only.

Table 2. Response of 10 female *A. suspensa* (8 days old) in a 6 minute assay to 0.008 MHE of pheromone collected from male flies.

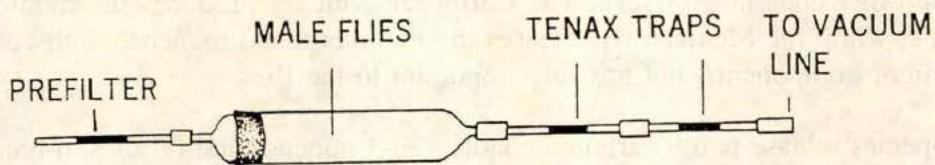
		CAGE No.									
Time (Min)	1		2		3		4		5		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
2	1	1	2	0	3	0	3	0	3	1	
4	2	0	2	0	4	1	3	1	2	1	
6	2	0	3	0	2	1	3	1	2	1	
Sum	5	1	7	0	9	2	9	2	7	3	

These data show that pheromone that can be released in about 28.8 seconds by a single male fly is sufficient in this assay to produce a consistent response in female flies. Usually I would determine the response of about 20 cages of flies in this sort of experiment. More details about the assay can be found in Nation (1991).

Initially, it is necessary to determine which sex, or if both, produce pheromonal compounds. With the exception of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, in which both sexes produce some pheromonal compounds, males have been found to produce the pheromones in tephritids so far. Observing the insects in the field or in laboratory cages can sometimes indicate which sex is likely to be producing a pheromone. Males of a number of *Anastrepha* species display the characteristic behavior of puffing abdominal pouches, buzzing the wings, and other behaviors during pheromone release. These behaviors, however, are not directly correlated with the quantity of pheromones produced (Nation 1990), and pheromone may be released in the absence of any overt behavior. The best bioassay to test which sex is producing a pheromone is a wind tunnel assay similar to one we used earlier (Nation 1975).

Collection of pheromone from tephritids for chemical analyses

Earlier preparations of pheromone extracts involved crushing the entire male flies in a solvent, such as hexane (Nation 1975), but such extracts have many impurities and require extensive fractionation on columns of various sorts (for example, silicic acid, Nation 1975) in order to isolate the pheromonal compounds. Cross (1980) and Golub and Weatherston (1984) described apparatus for collecting the entrained volatiles from an air stream passing over pheromone emitting insects. A number of variations in collection techniques and apparatus suitable for specific purposes have been made (Nation 1989, 1990, Heath and Manukin 1992). An advantage of the apparatus I have used (Nation 1989, 1990) is that it is simple, inexpensive, easily constructed by a glassblower, and very effective in collecting the volatiles from fruit flies. A simple, yet quite effective, glass vessel that I have used in collecting volatiles from male *A. suspensa* is shown below. A water pump (Nation 1989)



or a small aquarium pump operated from laboratory line voltage or from a 12 volt automobile battery is adequate for creating the air flow over the pheromone emitting insects. A glass apparatus (Nation 1990) about 34 mm ID and 173 mm long is convenient. The inlet air may be filtered by a charcoal trap, and air flow over the flies in the cylinder should be adjusted to about 0.8-1 liter/min. The adsorbant, Tenax, was contained in two detachable glass tubes. These traps can be connected to the chamber holding the insects by teflon tape or with short pieces of tygon tubing. Plastic tubing and apparatus should be avoided as much as possible because the plastic may release small amounts of plasticizers or other chemical agents that can show up on gas chromatographic records. After 2-3 hours collection period, the Tenax traps were removed and trapped compounds were eluted with hexane or pentane by allowing about 10-12 ml to flow through the traps (Nation 1990). After thorough washing with solvent, the Tenax traps can be air dried and used again. Two traps in series provide a safety feature to avoid loss of some compounds that might break through the first trap. An air flow much higher than about 1 liter/min caused compounds found in the Caribbean fruit flies to break through into the second trap, while a very low rate of air flow left significant amounts of the less volatile compounds, such as anastrephin and epianastrephin, on the sides of the glass cylinder that held the male flies. Probably in preliminary tests it may be wise to rinse the main vessel that held the flies, after their removal of course, until it can be determined that no significant quantities of compounds are present on the glass vessel. Pheromone can be collected from only a single male Caribbean fruit fly, but it is more convenient to make such collections in a smaller vessel than that illustrated on the previous page. The exact experimental arrangement, trapping agent, elution solvent and procedure to be used depends to a great extent upon the chemical nature of the compounds produced by the insects. For example, the pheromone collected from papaya fruit fly males was very polar, and procedures slightly different from those given here were needed to collect it (Chuman *et al.*, 1987).

Pheromone biogenesis, biology and chemistry in selected fruit flies

Males of Caribbean fruit fly and of Mexican fruit fly each release nine compounds in their volatiles (Nation 1983, Battiste *et al.*, 1983, Stokes *et al.*, 1983, Rocca *et al.*, 1992). Both species show similar behavioral displays at lek sites in the afternoon. Eight of the pheromonal compounds are the same for both flies, but there are important ratio or blend differences in the proportions (Rocca *et al.*, 1992). Each species produces one monoterpene that the other does not produce. The Caribbean fruit fly produces the monoterpene cis- β -ocimene, while the Mexican fly releases the monoterpene limonene. Both compounds are very minor components, but possibly important to the flies.

Both species release two 9 carbon alcohols, (Z)-3-nonenol and (Z,Z)-3, 6-nonadienol, and 3 isomeric lactones, anastrephin, epianastrephin, and suspensolide in about the same proportions. In behavioral tests these compounds are very attractive to females of the two species (Nation 1974, Nation 1991, Robacker and Hart 1986, Robacker 1988). Each species releases the sesquiterpenes α -bergamotene, (E,E) - α -farnesene and β -bisabolene. An important difference between the two species is that β -bisabolene is a major component in Caribbean fruit flies but a very minor one in Mexican fruit flies, while (E,E) - α -farnesene

is a major component in Mexican fruit flies but a minor one in Caribbean fruit flies (Rocca *et al.*, 1992). Both species seem to produce about the same amount of α -bergamotene. The similarity in the pheromones of the Caribbean and Mexican fruit flies probably means that these 2 species had common ancestor that produced the 8 compounds common to both species. Since the nonenols and lactones are the most active behaviorally in attracting females (Nation 1975, Nation 1991), they have been conserved and now appear in the pheromone blend of both flies in very similar proportions. A behavioral role for the sesquiterpenes has not been found yet. Changes in the relative proportions of these compounds appear to have evolved rapidly, with the result that the major sesquiterpene is species specific for each of the two flies.

Males of the Caribbean fruit fly entrained to a 14:10 L:D cycle showed a peak release of volatiles 11-12 hours into the photophase, but smaller quantities of the same volatiles are released over a broad period during the daylight hours. Laboratory reared males peaked in pheromone release at 7-10 days, while wild flies peaked at about 14 days (Nation 1989). Pheromone can be successfully collected from single males, as well as from small groups of males. When calculated on a per male basis, single males released significantly more of all components measured than did groups of males, (Nation 1990). It may be that males simply inhibit each other, but another possibility is that the reduction by aggregated males may be an adaptive mechanism related to lekking behavior. Lekking males may save some energy by reducing the release of substantial amounts of pheromone. If this is the case, then when a female arrives at the lek, she will have to identify, if indeed she does choose, a male on the basis of some as yet unknown parameters. The pheromone probably serves to attract females to a lek site, but additional parameters, such as sound and visual cues, as well as chemical cues, are likely to enter into the choice of male made by the arriving female, if indeed she does discriminate.

The guava fruit fly, *A. striata* (Nation and Arnolando Ramirez, unpublished data) has a pheromone that appears to consist of only 3 components. Further study of the pheromone of *A. striata*, including behavioral roles, is in progress.

Suggestions for future research

We need to know the pheromone in more species of tephritids. I am told by local entomologists in Cali that Colombia may have as many as 70 *Anastrepha* species, but only about 17-18 are well known. If 70 species do exist here, then this represents an amazing diversity of speciation, but quite consistent with what we already know to be true about the extent of tropical diversity. What host plants are utilized? Do the males of most or all these species form leks, or are there other mating strategies? Do the males have sexually dimorphic salivary and pleural glands? What compounds occur in the pheromones of these species? Where and when does mating take place? What are the evolutionary relationships among the species? Just imagine how much basic understanding of insect biology we could contribute if we could answer these and other questions about the biology of these tephritid species.

REFERENCES CITED

- Battiste, M.A., Streckowski, L., Vanderbilt, D.P., Visnick, M., King, R.W. and Nation, J.L. 1983. Anastrephin and epianastrephin, novel lactone components isolated from the sex pheromone blend of male Caribbean and Mexican fruit flies. Tet. Letters 24: 2611-2614.
- Baker, R., Herbert, R.H. and Parton, A.H. 1982. Isolation and synthesis of 3 and 4-hydroxy-1, 7-dioxaspiro [5.5] undecane from the olive fly, *Dacus oleae*. J. Chem Soc., Chem. Communications 11: 601-603.
- Baker, R., Herbert, R.H. and Lomer, R.A. 1982. Chemical components of the rectal gland secretions of male *Dacus cucurbitae*, the melon fly. Experientia 38: 232-233.
- Baker, R., Herbert, R.H., Howse, P.E., Jones, O.T., Francke, W. and Reith, W. 1980. Identification and synthesis of the major sex pheromone of the olive fly, *Dacus oleae*. J. Chem Soc., Chem. Communications. 1: 52-54.
- Baker, R., Herbert, R.H. and Grant, G.G. 1985. Isolation and identification of the sex pheromone of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wied). Journal of Chemical Society, Chemical Communication. 824-825.
- Bellas, T.E. and Fletcher, B.S. 1979. Identification of the major components in the secretion from the rectal pheromone glands of the Queensland fruit flies *Dacus tryoni* and *Dacus neohumeralis* (Diptera: Tephritidae). J. Chem. Ecol. 5: 795-803.
- Christenson, L.D. and Foote, R.H. 1960. Biology of fruit flies. Annu. Rev. Entomol. 5: 171-192. 5.
- Chuman, T., Londolt, P.J., Heath, R.R. and Tumlinson, J.H. 1987. Isolation identification, and synthesis of male pheromone of papaya fruit fly, *Toxotrypana curvicauda*, Gerstaecker (Diptera: Tephritidae). Journal of Chemical Ecology. 13(9): 1979-1992.
- Chuman, T., Sivinski, J., Heath, R.R., Calkins, C.O., Tumlinson, J.H., Battiste, M.A., Wydra, R.L., Streckowski, L. and Nation, J.L. 1989. Suspensolide, a new macrolide component of male Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa* [Loew]) volatiles. Tet. Letters.
- Cross, J.H. 1980. A vapor collection and thermal desorption method to measure semiochemical release rates from controlled release formulations. J. Chem. Ecol. 6: 781-787.

- Esponda-Gaxiola, R.E. 1977. Contribución al estudio químico del atrayente sexual de la mosca Mexicana de la fruta "*Anastrepha ludens* (Loew)". Thesis, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N.L., México.
- Golub, M.A. and Weatherston, I. 1984. Techniques for extracting and collecting sex pheromones from live insects and from artificial sources, in H.E. Hummel and T.A. Miller, (Eds), Techniques in Pheromone Research, Springer-Verlag, NY, pp. 223-285.
- Haniotakis, G.E., 1974. Sexual attraction in the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmelin). *Environmental Entomology*, 3: 82-83.
- Heath, R.R. and Manukin, A. 1992. Development and evaluation of systems to collect volatile semiochemicals from insects and plants using a charcoal-infused medium for air purification. *J. Chem. Ecol.* 18(7): 1209-1226.
- Heath, R.R., Landolt, P.J., Tumlinson, J.H., Chambers, D.L., Murphy, R.E., Doolittle, R.E., Dueben, B.D., Sivinski, J. and Calkins, C.O. 1991. Analysis, synthesis, formulation, and field testing of three major components of male Mediterranean fruit fly pheromone. *J. Chem. Ecol.* 17(9): 1925-1940.
- Hurter, J.E., Boller, E., Stadler, E., Blattman, B., Busser, H.R., Bosshard, N.U., Damm, L., Kozlowski, M.W., Schoni, R., Raschdorf, F., Dahinder, R., Schlumpf, E., Fritz, H., Richter, W.J. and Schreiber, J. 1987. Oviposition-detering pheromone in *Rhagoletis cerasi* L.: Purification and determination of chemical constitution. *Experientia* 43: 157-164.
- Jacobson, M., Ohinata, K., Chambers, D.L., Jones, W.A. and Fujimoto, M.S. 1973. Insect sex attractants. 13. Isolation, identification, and synthesis of sex pheromones of the male Mediterranean fruit fly. *Journal of Medicinal Chemistry.* 16(3): 248-251.
- Katsoyannos, B.I. 1976. Female attraction to males in *Rhagoletis cerasi*. *Environ. Entomol.* 5: 474-476.
- Kobayashi, R.M., Ohinata, K., Chambers, D.L. and Fujimoto, M.S. 1978. Sex pheromone of the oriental fruit fly and the melon fly: Mating behavior, bioassay method, and attraction of females by live males and by suspected pheromone glands of males. *Environ. Entomol.* 7: 107-112.
- Mazomenos, B.E., Haniotakis, G.E., Tumlinson, J.H. and Tagousis, N. 1981. Isolation, identification, synthesis and bioassays of the olive fruit fly sex pheromone. *Proc. Panhellenic Congress of Agricultural Research, Kalithea, Halkidikis. Greece May 5-8, 1981.* pp. 96-97.

- Mazomenos, B.E. and Pomonis, J.G. 1983. Male olive fruit fly pheromone: Isolation, identification and lab-bioassays. In R. Cavalloro (Ed.), *Fruit Flies of Economic Importance*. Proc. CEC/IOBC Intern. Symp. Athens, Nov. 1982. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 96-103.
- Mori, K. and Nakazono, Y. 1988. Synthesis of lactone components of the pheromone of *Anastrepha suspensa*, suspensolide and the enantiomers of anastrephin and epianastrephin. *Liebigs Ann. Chem.* 1988: 167-174.
- Nation, J.L. 1975. The sex pheromone blend of Caribbean fruit fly males: Isolation, biological activity, and partial chemical characterization. *Environ. Entomol.* 4(1): 27-30.
- Nation, J.L. 1983. Sex pheromone of the Caribbean fruit fly: chemistry and field ecology In: J. Miyamoto and P.C. Kearney (Editors), *IUPAC Pesticide Chemistry, Human Welfare and the Environment*, Vol. 2 Pergamon Press, New York, pp. 109-110.
- Nation, J.L. 1989. The role of pheromones in the mating system of *Anastrepha* fruit flies, in *Fruit Flies Their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol 3A (Ed) A.S. Robinson and Hooper, G., Elsevier, Amsterdam, 1989.
- Nation, J.L. 1990. Biology of pheromone release by male Caribbean fruit flies, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). *J. Chem. Ecol.* 16(2): 553-572.
- Nation, J.L. 1991. Sex pheromone components of *Anastrepha suspensa* and their role in mating behavior, pp. 224-236 in Kawasaki, K., O. Iwahashi and K.Y. Kaneshiro (eds.) *Proc. The International Symposium on The Biology and control of Fruit Flies*, Ginowan, Okinawa, Japan, 2-4 Sept. 1991.
- Nishida, R., Tan, K.H., Serit, M., Lajis, N.H., Sukari, A.M. Takahashi, S. and Fukami, H. 1988. Accumulation of phenylpropanoids in the rectal glands of males of the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis*. *Experientia* 44: 534-536.
- Ohinata, K., Jacobson, M., Nakagawa, S., Fujimoto, M. and Higa, H. 1977. Mediterranean fruit fly: laboratory and field evaluations of synthetic sex pheromones. *Journal of Environmental Science and Health.* A12(3): 67-78.
- Ohinata, K., Jacobson, M., Nakagawa, S., Fujimoto, M. and Higa, H. 1979. Methyl (E) -6-Nonenoate: a new Mediterranean fruit fly male attractant. *Journal of Economic Entomology.* 72(4): 648-650.
- Prokopy, R.J. 1975. Mating behavior in *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) V. Virgin female attraction to male odor. *Can. Entomol.* 107: 905-908.

- Robacker, D.C. and Hart, W.G. 1984. A bioassay for investigation of sex pheromones of fruit flies. *The Southwestern Entomologist* 9(2): 134-137.
- Robacker, D.C. and Hart, W.G. 1986. Behavioral responses of male and female Mexican fruit flies, *Anastrepha ludens*, to male-produced chemicals in laboratory experiments. *J. Chem. Ecol.* 12: 39-47.
- Robacker, D.C. 1988. Behavioral responses of female Mexican fruit flies, *Anastrepha ludens*, to components of male produced-pheromone. *J. Chem. Ecol.* 14: 1715-1716.
- Rocca, J.R., J.L. Nation, L. Streckowski and M.A. Battiste. 1992. Comparison of volatiles emitted by male Caribbean and Mexican fruit flies. *J. Chem. Ecol.* 18(2): 223-244.
- Saito, A., H. Matsushita and H. Kaneko. 1984. Synthesis of (+/-)- anastrephin and (+/-)-epianastrephin. *Chem. Lett.* 729-730.
- Stokes, J.B., Uebel, E.C., Warthen, Jr. J.D., Jacobson, M., Flippen-Anderson, J.L., Gilardi, R., Spishakoff, L.M. and Wilzer, K.R., 1983. Isolation and identification of novel lactones from male Mexican fruit flies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 31: 1162-1167.

Table 1. Published identifications of tephritid fruit fly pheromones.

SPECIES	PHEROMONE COMPONENT	REFERENCES
<u>B. neohumeralis</u> and <u>B. tryoni</u>	N-3-methylbutylpropanamide N-3-methylbutyl(acetamide), N-(3-methylbutyl- 2 methyl) propanamide, N-2-methylbutyl propanamide, N-2-methylbutylacetamide, N-(2-methylbutyl)-2-methyl propanamide	6
<u>B. oleae</u>	1,7 dioxaspiro [5,5] undecane 3-hydroxy-1,7-dioxaspiro [5,5]undecane 4-hydroxy-1,7-dioxaspiro [5,5]undecane	2,4, 13,20 21
<u>B. cucurbitae</u>	tetra methyl-pyrazine, methyl pyrazine, 2,3,6-trimethyl pyrazine, 2-ethoxybenzoic acid, N-3-methyl butyl acetamide, N-2-methyl butyl acetamide, 2-methoxy-N-3-methyl butyl acetamide, Smoke Components: pentacosane heptacosane, nonacosane, trisodium phosphate, potassium phosphate, ethyl dodecanoate, 5-(3E,6-hepta diethyl)-dihydro-2(3H)-furanone 1,7 dioxaspiro [5,5]undecane, α -pinene N-nonanal, and 1,7-dioxaspiro [5,5] undecane	3,19
<u>B. dorsalis</u>	N-(2-methyl butyl)-propanamide and 2 minor unidentified components plus smoke components (trisodium phosphate, potassium phosphate, and heptacosane)	19, 28
<u>A. suspensa</u>	(Z)-3-nonen-1-ol, (Z,Z)-3,6-nonadien-1-ol, anastrephin, epianastrephin suspensolide, cis- δ -ocimene, δ -bisabolene, (E,E)- α -farnesene, and α -bergamotene	1,9 23,24 35
<u>A. ludens</u>	(Z)-3-nonenol, (Z,Z)-3,6-nonadienol, anastrephin, epianastrephin, suspensolide, limonene, (E,E)- α -farnesene, δ -bisabolene, and α -bergamotene	1,11 34,37
<u>I. curvicauda</u>	2-methyl-6-vinylpyrazine	8
<u>C. capitata</u>	3,4-dihydro-2 H-pyrrole (δ -pyrroline), ethyl (E)-3-octenoate, (E,E)- α -farnesene, (E)-2-hexenoic acid, dihydro-3-methyl furan-2(3H)-one, 2-ethyl-3,5-dimethyl pyrazine, linalool, ethyl acetate. (E)-6-methylnonenoate, (E)-6-nonenol geranyl acetate	5,17 29,30 15
<u>R. pomonella</u>	No identified pheromonal chemicals yet, bioassay indicates pheromone	31
<u>R. cerasi</u>	No identified sex pheromone yet; bioassay indicates sex pheromone, but the oviposition marking pheromone is N[15(8-glucopyranosyl) oxy-8-hydroxypalmitoyl] taurine	18 16

Tephritid genera described in Table 1 are A., *Anastrepha*; B., *Bactrocera* (= *Dacus*); C., *Ceratitis*; R., *Rhagoletis*; T., *Toxotrypana*

EL INSECTICIDA NATURAL NIM - UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LA REPUBLICA DOMINICANA

Raúl Peralta¹
Francisco Taveras¹

Resumen

En 1987 se iniciaron las actividades del proyecto "Fabricación de Insecticidas Naturales a partir de plantas tropicales", en el Instituto Politécnico Loyola, bajo un convenio de cooperación técnica entre los gobiernos dominicano y alemán, con la asesoría de la GTZ.

El objetivo del proyecto es transferir y adaptar las tecnologías generadas a nivel suprarregional y realizar las investigaciones básicas en el control de plagas de los cultivos hortícolas de pequeños productores bajo riego con el uso del Nim.

El trabajo en conjunto y la constante capacitación tiene como meta que los agricultores estén capacitados para dar continuidad al mismo sin necesidad de asesorías.

El método utilizado es el extracto acuoso de 50 gramos de semillas finamente molidas por litro de agua; que luego de una suspensión de 8 a 12 horas, se cuele con una tela fina. La forma de actuar del Nim es modificando el sistema hormonal de los insectos susceptibles y por lo tanto los resultados se observan después de varios días. Actualmente estamos creando una estructura autogestionaria de los agricultores usuarios de Nim, motivándolos en las siembras masivas, cuidado, cosecha y procesamiento.

El programa ha tenido muchos éxitos porque los agricultores han adoptado las tecnologías que le ofrece una alternativa de manejo eficiente, económico y ecológico de control de plagas.

1. Introducción

El proyecto "Fabricación de Insecticidas Naturales" a partir de plantas tropicales a nivel suprarregional existe desde 1977 con sede en el "Institut für Phytopathologie un Angewandte Zoologie der Justus Liebig Universität" en Gießen, República Federal de Alemania.

Dentro de sus actividades se descubrió que las semillas del árbol Nim (*Azadirachta indica* Juss), tiene un alto potencial como fuente de insecticida y se fundó en el año 1987 una sucursal del proyecto en República Dominicana llamada Proyecto Nim.

¹ Proyecto "Fabricación de Insecticidas Naturales", GTZ-IPL. Contrapartes. Instituto Politécnico Loyola. San Cristóbal, R.D.

Como base el proyecto tiene un convenio de cooperación técnica entre los gobiernos de la República Dominicana y la República Federal de Alemania, el cual es ejecutado por el Instituto Politécnico Loyola (IPL) con la asesoría y asistencia técnica de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).

El proyecto ofrece una tecnología nueva para pequeños y medianos agricultores en el área del control de plagas en cultivos vegetales. La tecnología en sí está definida a través de la investigación realizada en el transcurso del proyecto a su nivel supraregional y en la primera fase de su sucursal en la República Dominicana.

2. Area de trabajo del proyecto

La zona de impacto del proyecto representa las áreas semiáridas y bajas (400 ms.n.m.) de la parte oeste de la República Dominicana. Dentro de esta área se ha definido la zona piloto vieja (desde San Cristóbal hasta Palmar de Ocoa) y la zona piloto nueva (el Valle de Azua). Existen otras zonas en la República Dominicana, con características ecológicas similares a la zona indicada en donde se realizan trabajos en cooperación con otras instituciones.

3. Descripción del trabajo

En la zona de impacto la meta es la siembra del árbol y una capacitación general, en cooperación con instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales. Además, que los pequeños y medianos agricultores con riegos y hortalizas afectadas por plagas y accesibles para el proyecto, usen el Nim como insecticida. Por otro lado, deben disponer de tierra para la siembra del árbol y que estén asociados. A estos agricultores el proyecto ofrece asistencia técnica agrícola directa o en estrecha colaboración con técnicos de otras instituciones.

Como los agricultores están asociados, el trabajo del proyecto se dirige a los productores mismos, preferiblemente a través de las asociaciones. En las zonas pilotos los técnicos del proyecto tienen la responsabilidad de llegar directamente a los agricultores dándoles informaciones básicas sobre el Nim y entrenamiento especiales en la elaboración del insecticida y su uso.

En regiones fuera de las zonas pilotos informaciones sobre el Nim deben llegar a los agricultores a través de técnicos agrícolas de diferentes organizaciones e instituciones que trabajan muy ligados con el grupo meta. Son ellos los que deben continuar el trabajo de extensión y capacitación cuando el proyecto en su estructura actual termine.

Multiplicadores importantes, con un radio de acción más limitado, pero con una eficacia muy alta son los agricultores pilotos. Ellos reciben un entrenamiento especial y muy intensivo a través del proyecto en cuanto al procesamiento de las semillas de Nim, la extracción del insecticida y su uso. Ellos deben continuar como multiplicadores de sus conocimientos y experiencias en su comunidad y asociación.

4. Procesamiento de las semillas del árbol Nim

4.1. Cosecha

Los arboles de Nim florecen y dan frutos, por primera vez, generalmente a partir de los dos primeros años de edad, de acuerdo con el desarrollo de las plantas y de las condiciones del clima del país o región en que estén sembradas.

Por lo general dan frutos una vez al año. Sin embargo en la República Dominicana existen zonas en donde las plantas permanecen con frutos todo el año. Durante la primera cosecha la producción oscila entre 2.4 kg/árbol, pero el 5o. año la producción se puede elevar a 20-30 kg/árbol. Los frutos pueden ser cosechados de las ramas, sacudirlos y/o recogerlos del suelo.

La forma más práctica para la recolección consiste en observar cuando los frutos comienzan a madurar lo que nos da una indicación de que los frutos que corresponden a la misma inflorescencia están llenos. Con frutas en estas condiciones y con la ayuda de un objeto cortante adherido a una vara podemos realizar la cosecha economizando mano de obra y trabajo. Solo que los frutos verdes deben ser colocados a la sombra hasta que terminen de madurar.

4.2 Despulpado

Las semillas de Nim poseen una pulpa de sabor dulce. Esta capa debe ser eliminada similar o como se hace con el café, para evitar la proliferación de hongos y el consiguiente daño de las semillas en donde se encuentre las sustancias activas que actúan como insecticida.

El despulpe puede hacerse a mano o con máquina despulpadora que no quiebren las cáscaras. Luego se procede a lavar con agua las semillas para terminar de desprender las sustancias azucaradas.

4.3 Secado y almacenamiento

Las semillas lavadas se esparcen sobre lonas, sacos, yaguas o papel periódico, sobre una base sólida o un secadero, evitando el contacto directo de las semillas con el cemento, dándole un día a pleno sol; luego las semillas se colocan debajo de sombra para que el aire termine de eliminar la humedad que queda en las semillas. Esto se hace porque se han realizado estudios en donde se determinó que el sol reduce considerablemente el contenido de sustancias activas en las semillas de Nim.

Los granos secos pueden enmohecerse en el almacén. Por esta razón, deben ser guardados solo en recipientes que permitan su aireación (sacos de fibras, cestas etc.), por el contrario los recipientes cerrados o cubetas no son adecuados. Las semillas bien secadas pueden ser almacenadas por más de dos años.

5. Preparación y aplicación del insecticida de las semillas del árbol Nim (extracto acuoso)

5.1 Preparación del extracto acuoso

Las sustancias insecticidas se encuentran concentradas en los cotiledones de las semillas del Nim. Para elaborar el insecticida, estas deben ser trituradas con un mortero o preferiblemente con un molino ya sea manual o eléctrico. La harina debe ser lo más fina posible para lograr una mejor mezcla.

La mezcla del Nim molido con el agua debe hacerse varias horas antes de la aplicación, preferiblemente de 8 a 10 horas, de tal modo que las sustancias puedan desprenderse bien, para pasar al agua y luego aplicarse.

La cantidad de semillas molidas para la mezcla va a depender de la calidad de la semilla (contenido azadiractina) y del tipo y cantidad de plagas presente. Generalmente estamos recomendando 50 g/litro de semillas molidas.

5.2 Formas de aplicar el insecticida Nim a los cultivos

5.2.1 Con equipo

Para la aplicación con equipo es necesario filtrar la mezcla, separando así las partículas sólidas, para que el equipo no se tape. La mezcla debe moverse para facilitar la separación de las sustancias activas. Al momento de la aplicación se introduce en el tanque de 55 galones un canasto de tamaño un poco menor que el tanque, forrado de una tela permeable. De esta manera la solución con el insecticida pasa libre de partículas al centro del tanque, de donde se puede sacar con un cubo para echarla en el equipo.

Otra forma es el uso de una tela o gasa sobre un recipiente adecuado se vierte la mezcla, quedando las partículas sólidas encima de la tela. La solución que pasa al recipiente contiene el insecticida ya listo para la aplicación.

Una tercera forma de colado y que ha sido creada por los agricultores, consiste en hechar el polvo de Nim en una tela o saco permeable, introducirlo en el tanque y dejarlo filtrar, luego mover con las manos la tela o saco para facilitar el desprendimiento de las sustancias activas y al cabo de 8-12 horas ya la mezcla está lista para ser aplicada, evitando el trabajo del filtrado.

5.2.2 En forma manual

El extracto de Nim puede aplicarse con una brocha de paja fina o una escoba, esto para la aplicación en áreas reducidas (huertos familiares, semilleros etc.). En este caso no es necesario filtrar la mezcla.

Otra forma especial es el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) del maíz y plagas de semilleros, solo es necesario pulverizar Nim molido y para el caso del semillero, se aplica la forma directa en el suelo.

Es importante señalar que tanto para la aplicación con equipo o manual se deben elegir las primeras horas de la mañana o las últimas horas de la tarde en razón de que los rayos solares disminuyen la acción de las sustancias activas del Nim.

6. Cultivos y plagas en los que se usa Nim

El Nim funciona para la mayoría de los cultivos vegetales en el control de insectos plaga, principalmente larvas de lepidóptero. Los cultivos en los cuales los agricultores usan Nim en República Dominicana son los siguientes:

- Cucurbitaceas: en estos cultivos el Nim se usa para el control de *Diaphania hyalinata* (L.), *Diaphania nitidalis* (Stoll), *Aphis gossypii* Glov, *Liriomyza trifolii* (Burg) y *Bemisia tabaci* (Genn).
- Solanaceas: se usa Nim principalmente, en *Solanum melongena* L. *Capsicum annuum* L. y *Lycopersicon esculentum*; en estos cultivos el Nim funciona en el control de *Bemisia tabaci* (Genn), *Keiferia lycopersicella* (Wals), *Manduca sexta* (Joh), *Helicoverpa zea* Bodd, *Heliothis virescens* (F.), *Spodoptera ornithogalli* (Guen), *Spodoptera exigua* (Hb.), *Liriomyza trifolii* (Burg.), *Liriomyza sativae* Blanch, *Corythaica cyathicolis* (Costa) y *Aphis gossypii* Glov.

Otros cultivos

- *Hibiscus esculentus* L. en el control de *Aphis gossypii* Glov., *Helicoverpa zea* Bodd, *Liriomyza trifolii* (Burg.) y *Bemisia tabaci* (Genn).
- *Brassica* spp.: en el control de *Brevicorne brassicae* (L.) *Lipaphis erysimi* (Kaalt), *Plutella xylostella* (L.), *Hellula phidilealis* (W/K), *Trichoplusia ni* (Hb.) y *Spodoptera frugiperda* (E.F. Smith).
- *Zea maiz*: en el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).
- *Phaseolus vulgaris*: control de *Bemisia tabaci* (Genn), *Hedylepta indicata* (F.), *Urbanus proteus* (L.), *Liriomyza trifolii* (Burg), *Helicoverpa zea* Bodd, *Heliothis virescens* (F.), *Spodoptera exigua* (Hb.).

Hay agricultores que afirman haber obtenido resultados positivos en el control de *Spodoptera exigua* en *Allium cepa* y *Aphis illiomensis* en cítricos, pero hasta el momento no se han realizado investigaciones para confirmar estas experiencias.

7. Efecto del Nim en los insectos

Los extractos de Nim actúan como repelente y modificando el sistema hormonal de los insectos susceptibles, inhibiendo la formación y desprendimiento de la piel, la fecundidad y fertilidad de los huevos, el sistema locomotor y el comportamiento del insecto por lo que los resultados no se observan de inmediato como en el caso de los insecticidas químicos sintéticos, sino después de varios días. De ahí la importancia de que el productor cree conciencia y ésto se ha logrado a través de las actividades en conjunto de los agricultores y los extensionistas del proyecto.

8. Resumen

En 1987 se iniciaron las actividades del proyecto "Fabricación de Insecticidas Naturales a partir de plantas tropicales", en el Instituto Politécnico Loyola, bajo un convenio de cooperación técnica entre los gobiernos dominicanos y alemanes, con la asesoría de la GTZ.

El objetivo del proyecto es transferir y adaptar las tecnologías generadas a nivel supraregional y realizar las investigaciones básicas en el control de plagas de los cultivos hortícolas de pequeños productores bajo riego con el uso de Nim.

El trabajo en conjunto y la constante capacitación tiene como meta que los agricultores estén capacitados para dar continuidad al mismo sin necesidad de asesorías.

El método utilizado es el extracto acuoso de 50 gramos de semillas finamente molidas por litro de agua; que luego de una suspensión de 8 a 12 horas, se cuela con una tela fina. La forma de actuar del Nim es modificando el sistema hormonal de los insectos susceptibles y por lo tanto los resultados se observan después de varios días.

Actualmente estamos creando una estructura autogestionaria de los agricultores usuarios de Nim, motivándolos en las siembras masivas, cuidado, cosecha y procesamiento.

El programa ha tenido muchos éxitos porque los agricultores han adoptado las tecnologías que le ofrecen una alternativa de manejo eficiente, económico y ecológico de control de plagas.

BIBLIOGRAFIA

- COPINIM, 1993. Hojas informativas, Nicaragua.
- GTZ, 1989. Nim un Insecticida Natural, Eschborn.
- GTZ-IPL, 19932. Fabricación de insecticidas naturales, curso para impartir a técnicos agrícolas, Baní, Rep. Dom.
- Jacobson, M. y Crosby D.C. 1971. Naturally Occurring Insecticides, Marcel Dekker, New York.
- Schmutterer, H. 1990. Plagas de las plantas cultivadas en el Caribe. GTZ, 1ra. Edición, Eschborn, Alemania.
- Schmutterer, H.; Ashcer, K.R.S. y Rembold, H. 1981. Proc. 1er. Int. Neem Conf., Rottach-Egern 1980, Eschborn (GTZ).
- Tesi, R., 1987. Principi di Orticoltura, 1a. Edición, Edagricole Bologna, Italia.

MANEJO DE PLAGAS CLAVES EN SISTEMAS DE ARROZ/PASTOS PARA LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Stephen L. Lapointe¹

Resumen

La sabana neotropical de los Llanos Orientales representa una gran frontera para el desarrollo agrícola futuro de Colombia. Hay aproximadamente 12 millones de hectáreas de sabanas bien drenadas en Colombia que en su mayoría son manejadas extensivamente para producción de ganado. La baja fertilidad de sus suelos ha limitado la explotación agrícola de estas sabanas. Aunque la introducción de gramíneas africanas a través de los últimos 25 años ha incrementado significativamente la productividad de pasturas, hoy en día nuevos sistemas de producción basados en variedades de cultivos adaptados específicamente a esos suelos están cambiando la cara de los llanos. El mayor éxito se ha obtenido con nuevas líneas de arroz seco tolerantes a suelos ácidos e infértiles. Para evitar la destrucción de la estructura de estos suelos frágiles, se han desarrollado sistemas de rotación y de relevo comúnmente llamados sistemas de arroz/pastos.

Varios insectos comunes de los llanos son plagas generalistas de las gramíneas y son capaces de atacar tanto a gramíneas forrajeras como al arroz. Cercópodos, hormigas arrieras, larvas de lepidópteros e insectos del suelo serán presentados como ejemplos de plagas para ambos sistemas. Avances en conocimiento y control de los últimos años serán discutidos en el contexto de estos emergentes sistemas de producción. Específicamente, trabajos de ecología, control cultural y resistencia varietal en pasturas hacia cercópodos y hormigas arrieras se revisarán con un análisis de las implicaciones para el cultivo de arroz seco. También, se discutirán las áreas que merecen mayor atención como el uso de entomopatógenos y nuevos insecticidas selectivos para plagas tales como larvas de lepidópteros y otros.

¹ Entomólogo, Programa de Forrajes, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. A.A. 6713, Cali.

SIMPOSIO PICUDO DEL ALGODONERO

**ALGUNOS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA DEL PICUDO
DEL ALGODONERO *Anthonomus grandis* Boheman
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Valentín Lobatón G.¹
Iván García C.¹

Resumen

El picudo del algodón, originario de México y América Central data históricamente desde 1843. Su ancestro que probablemente vivió sobre *Hampea* sp. dió origen también a *Anthonomus hunteri* que sobrevive únicamente en *Hampea trilobata*. La adaptación del picudo a diferentes zonas geográficas del continente americano ha sido posible por la segregación de razas reconociéndose en la actualidad tres de ellas con base en diferenciaciones morfológicas.

En Colombia, el picudo fue registrado por primera vez cerca a Cartagena en 1951. En 29 años colonizó toda la Costa Atlántica; en 1980 llegó al interior de Puerto Boyacá requiriendo sólo 12 años para infestar al Tolima y al Huila. En 1992 alcanzó al Valle del Cauca quedando libre de él únicamente la zona del Meta.

A. grandis con marcada estenofagia hacia el género *Gossypium* registra en Colombia como hospedero de reproducción a la malvácea *Thespesia populnea* o clemón.

El ciclo de vida de esta especie, regido por la facilidad para obtener alimento y por otros factores ambientales requiere de 11.3 a 12.9 días para pasar de huevo a adulto (2.3, 6.2, 3.5 días para los estados de huevo, larva y pupa respectivamente). El período de preoviposición, clave para el control químico, varía entre 3 y 4 días y la duración de 15 a 17 días por generación da lugar a 5 ó 6 generaciones/temporada para las condiciones de la Costa Atlántica. En los adultos la producción de feromona masculina y la oviposición se incrementan al iniciarse la ingestión de polen de los botones y flores. Del cuadro de daños ocasionados por los adultos, los de oviposición son los de importancia económica al implicar la caída de botones o la destrucción de uno o varios lóculos de las cápsulas.

Respecto a las poblaciones de picudo, en Colombia se registran cuatro: inmigrante, de establecimiento, residente y emigrante.

1. Origen, taxonomía y distribución

El picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) es originario de las zonas bajas de México o de Centro América y su historia taxonómica data de 1843 año en que se hizo su descripción (7).

¹ Respectivamente, Ings. Agrs. de ICA y CVS, Montería, Colombia.

Un evento de especiación dió origen a *A. grandis* sobre algunas especies de *Hampea* y a *A. hunteri* sobre *Hampea trilobata*. El ancestro común de *A. grandis* probablemente también vivió sobre malváceas del género *Hampea* las cuales se encuentran ampliamente distribuidas al sureste de México (19).

La especie *A. grandis* segrega en base a variaciones morfológicas de las larvas, pupas y adultos en: *Anthonomus grandis grandis* o "picudo del sureste" presente en el sur y sureste de los Estados Unidos, noreste de México, Haití, República Dominicana, Brasil y partes de Venezuela y Colombia; *Anthonomus grandis thurberiae* e "picudo thurberia" que se encuentra en Arizona Meridional y el noroeste de México y la "forma intermedia" o picudo mejicano que se encuentra en el resto de México, América Central y Cuba (1, 7).

En Colombia, el picudo fue registrado en 1951 en el corregimiento de Ternera cerca a Cartagena. Entre 1951 y 1980 se dispersó por toda la Costa Atlántica; en 1980 el Ingeniero Agrónomo Tarmin Campos lo localizó en la zona algodонера de Puerto Boyacá (11) y en Abril de 1992 el Ingeniero Agrónomo Carlos Colonia lo detectó por primera vez en el Valle del Cauca en una soca de algodón mal destruida en Rozo (21).

2. Hospedantes

La distribución de *A. grandis* está en relación con la distribución de sus hospederos (19). Aunque Cross y col. (8) relacionan los géneros *Gossypium*, *Cienfuegosia*, *Thespesia* y *Hampea* de la familia Malvaceae como hospederos de *A. grandis* en Colombia éste sólo se reproduce de manera confirmada en *Gossypium hirsutum*, *Gossypium barbadense* y en la malvácea *Thespesia populnea* conocida vulgarmente como clemón.

3. Descripción y ciclo de vida

3.1 Huevos

Son puestos en los botones, flores o cápsulas. En los botones, estructuras preferidas para la oviposición, los huevos son colocados generalmente en el plano ecuatorial de los mismos a unos 2 ó 3 mm de la superficie y en la parte media de las anteras. Son de color blanco marfil, elípticos de 0.72 mm de diámetro polar por 0.53 mm de diámetro ecuatorial. Transcurridos 24-28 horas el embrión se hace visible como una mancha lechosa rodeada por un fluido claro y a los 2.2 a 2.4 días la larva sale oradando el corión con sus mandíbulas.

3.2 Larvas

Son ápodas, de color blanco cremoso, se alimentan casi sin moverse y su cuerpo toma generalmente la posición de media luna. Pasan por tres instares cuyas características son las siguientes:

Primer instar: larvas blancas de 1.5 mm de largo. Inicialmente desarrollan cierta movilidad que les permite perforar una fina galería a través de las anteras. Su duración es de 1.04 a 1.12 días.

Segundo instar: larvas blanco opaco de 3.0 ± 1.0 mm de largo. Se alimentan de las anteras, pistilo y estigma en el caso de ataques a botones y de la fibra en formación en ataques a cápsulas. Su duración es de 1.08 a 1.2 días.

Tercer instar: larva blanco lechoso, segmentación definida, de 5.0 ± 2.0 mm de largo. Consumen en su totalidad la parte interna del botón o destruyen la fibra de uno o varios lóculos. Su duración incluida la prepupa es de 3.81 - 4.3 días.

Prepupas: son la parte final del tercer instar. Se inician cuando las larvas dejan de alimentarse; son de color blanco cremoso, miden 4 - 6 mm de largo. Su duración es relativamente corta (0.81 - 0.91 días) pero durante ella se realizan una serie de notables cambios como son el ensanchamiento y aplanamiento lateral de los segmentos abdominales y la aparición de las proyecciones torácicas correspondientes a los apéndices y a los élitros (12).

La duración del estado larval, incluida la de la prepupa es de 5.93 - 6.63 días.

3.3 Pupas

Exaratas, tienen la misma apariencia externa de los adultos; miden 5.4 ± 1.45 mm de largo y son de color blanco. Poco antes de la emergencia los ojos compuestos y la parte apical de los élitros se tornan oscuros. Su duración es de 3.2 - 3.9 días (12).

3.4 Adultos

El paso de pupa a adulto se realiza previo desprendimiento de la cutícula pupal dentro de las estructuras atacadas. A la emergencia miden 5.5 - 7.5 mm de largo, son blancos con dos manchas oscuras en la parte anteapical de los élitros que corresponden a las alas anteriores. Transcurridas cuatro a seis horas se tornan rojizos, perforan un orificio circular de 2 mm de diámetro en la cámara pupal y salen alcanzando el tercio superior de la planta ya sea caminando o volando (1).

A las 20 ó 22 horas los adultos alcanzan la apariencia definitiva, éste es, cuerpo de color café cubierto de finos pelos de color blanco cremoso; pico de 2.5 mm de largo con surcos antenales y color más oscuro que el resto del cuerpo. Ojos compuestos oscuros, antenas de 12 segmentos; cuerpo moderadamente convexo dorsalmente, con punturas circulares dispuestas longitudinalmente y de mayor diámetro en los élitros que en el protórax. Fémur anterior con dos dientes en el ápice de su margen interno, el interior de mayor tamaño; fémures medio y posterior con un sólo diente en la misma posición de los del anterior (12).

Hembras con el séptimo tergito abdominal en forma convexa y borde liso; pico relativamente largo, angosto y con surcos tan superficiales que da la apariencia de ser liso. Machos con el octavo tergito abdominal convexo pero con el borde presentando una muesca en el centro; pico relativamente corto, ancho y con surcos profundos.

El período de preoviposición, clave para el control químico de este insecto, es de 3.5 días para las condiciones de la Costa Atlántica colombiana y la primera oviposición se realiza a los 20 minutos de la primera cópula; machos y hembras pueden copular varias veces.

De acuerdo con la duración del ciclo de vida (12 días en promedio) y el período de preoviposición se tiene que para las condiciones antes citadas una generación de picudo demora de 15 a 17 días pudiendo desarrollarse 5 a 6 generaciones por temporada algodonera.

La longevidad para adultos en confinamiento es de 41.6 días para los machos y 37.5 días para las hembras. Durante este período cada hembra pone en promedio 5.9 huevos diarios para un total de 242 huevos en toda su vida (12).

4. Relaciones insecto-hospedero

La influencia de la planta sobre la dinámica poblacional de *A. grandis* es evidente. La plantación de algodonero influye en la temperatura, humedad y movimiento del aire del microhabitat del insecto suministrando además el sustrato para el crecimiento y reproducción. Por tal razón, la planta en últimas influye sobre la fecundidad, el desarrollo y la sobrevivencia (19). Así, la feromona producida por los machos de picudo que alcanza cantidades de sólo 0.1 microgramos/día/insecto cuando éste se alimenta en plantas que no han iniciado la producción de botones aumenta en cantidad (0.7 microgramos/día/insecto) y calidad cuando la planta empieza a producir botones y los machos tienen acceso al polen de los mismos. Igualmente, en la hembra la ovogénesis depende obligatoriamente del polen como fuente de proteína (9). Por esta razón, los adultos de picudo que se alimentan exclusivamente de cápsulas entran definitivamente en estado de diapausa reproductiva.

De otra parte, la actividad biológica del picudo incide sobre el desarrollo de las plantas. Así, la abscisión de botones por la acción de las larvas estimula la sustitución de éstos por otros nuevos (10). En consecuencia, bajas infestaciones de picudo son benéficas en épocas de gran producción de botones pero afectan la demanda por fotosintatos ocasionando un gran crecimiento vegetativo y baja productividad cuando son grandes (4).

5. Hábitos y comportamiento

Los adultos de picudo recién emergidos alcanzan las plantas a las cuatro horas alimentándose inicialmente de las hojas del tercio superior (13). Luego y en los tres y medio días siguientes tanto las hembras como los machos se alimentan en terminales, botones, flores y ocasionalmente en cápsulas. En botones, este daño conocido como "daño de alimentación" se reconoce por la presencia de orificios de un milímetro de diámetro

rodeados generalmente por un anillo amarillo de granos de polen. Estos botones no caen y las flores que de ellos resultan se caracterizan por presentar los pétalos agujereados.

En las flores, los adultos se alimentan de polen y con poblaciones de picudo relativamente altas es frecuente observarlos entre las 8 y 10 de la mañana alimentándose de aquellas. Al iniciarse la oviposición, esto es, en la mañana del cuarto día empiezan a observarse los daños de oviposición que se caracterizan en el caso de los botones por la presencia de una pústula de color blanco o café que se forma a la entrada del orificio que la hembra hace con su pico para colocar los huevos. Los botones con este tipo de daño se banderean y posteriormente caen. La abscisión de los botones es ocasionada por una proteína producida por las larvas de segundo o tercer instar en el momento de la muda (6, 15). En las cápsulas, el daño de oviposición se traduce en la destrucción de los lóculos pero sin que se produzca abscisión.

En la Tabla 1 elaborada por García (12) se aprecia la relación existente entre la apariencia externa e interna de los botones atacados por picudo y el desarrollo de los diversos estados. Se anota que la caída de los botones se produce cuando éstos se tornan amarillentos y las larvas inician su tercer instar.

Tabla 1. Relación entre la apariencia externa e interna de botones atacados por picudo y el desarrollo de los diversos estados.

Apariencia externa		Apariencia interna corte transversal	Estados de desarrollo
Color botón	Color pústula		
Verde normal	Blanca	Tejidos blancos	Huevo
Verde claro	Café	Pequeña galería café	Larva, 1er. instar
Verde claro	Café	Mediana galería café	Larva, 2o. instar
1/2 apical amarilla			
1/2 basal café	Café	Galería grande café	Larva, 3er. instar
Café claro	Café	Botón vacío	Pupa
Café claro	Café	Botón vacío	Adulto rojo

En infestaciones iniciales, el picudo prefiere los botones del tercio superior pero cuando sus poblaciones aumentan su daño se extiende a los tercios medio e inferior.

Respecto al movimiento dentro del cultivo, la mayor actividad del picudo se registra durante el día y las condiciones alternas luz-oscuridad no lo afectan (14). Su movimiento entre plantas no es muy grande prefiriendo desplazarse dentro de la misma planta por las ramas y tallos antes que por las hojas. La dispersión de los adultos en los campos generalmente ocurre planta a planta o surco a surco y no por vuelos largos (4).

La influencia de la luz solar y la radiación sobre el comportamiento ha sido estudiada por diversos investigadores. Así se tiene que los adultos permanecen en los botones cuando la temperatura del aire en el cultivo varía entre 29.5 y 32°C pero cuando baja a 27°C parte de la población permanece en follaje todo el día (22).

Otras condiciones abióticas tales como la luminosidad en términos de días nublados o cielo abierto influyen en la ubicación y movilidad del picudo dentro de la planta. Así, en condiciones de cielo nublado es factible encontrar el 20.3% de la población en el tercio inferior, el 42.7% en el tercio medio y el 37% de la población en el tercio superior mientras que en condiciones de cielo abierto estos porcentajes pueden ser 13.6, 48.4 y 40 para los tercios inferior, medio y superior respectivamente (23). Esta información merece tenerse en cuenta al realizar controles químicos en busca de mayores eficiencias.

Como ya se anotó, la alimentación de los machos en botones florales potencializa la producción de su feromona la cual además de cumplir su papel como atrayente sexual sirve como vínculo de agregación atrayendo tanto a hembras como a machos siendo en consecuencia un factor primario en la colonización de los cultivos (1, 2).

6. Tipos de poblaciones de picudo en algodonero

En Colombia al igual que lo observado por León (16) en Nicaragua, en las infestaciones de picudo se registran cuatro poblaciones que son: población inmigrante, población de establecimiento, población residente y población emigrante.

La población inmigrante se caracteriza por estar conformada exclusivamente por adultos migratorios, por constituir los llamados focos de penetración y por presentarse en número bajo. La población de establecimiento está conformada por adultos migratorios y residentes que por lo bajo de su número solo permiten la detección de los daños. La población residente o de pleno establecimiento está conformada únicamente por adultos residentes en un número muy alto que da lugar a una infestación generalizada con daños fácilmente visibles. Finalmente, la población emigrante se caracteriza por estar conformada por adultos residentes y migratorios que se concentran en focos cerca a los sitios de refugio, por la tendencia a la baja y por la factibilidad de encontrar varios estados inmaduros en una sola cápsula.

7. Dinámica de las poblaciones de picudo

Los estudios sobre dinámica de las poblaciones de picudo se iniciaron tan pronto como se produjo su invasión a los Estados Unidos. Esto permitió que en forma temprana los entomólogos de ese país reconocieran que el mismo tenía muchos de los atributos generalmente característicos de las plagas mayores, ésto es, mucha movilidad, alta capacidad reproductiva, múltiples generaciones y ausencia de enemigos eficientes que limiten efectivamente la expansión de la población (20).

Cálculos de Hunter y Pierce citados por Bradley y Phillips (1) muestran que una pareja de picudo puede generar 3'001.250 insectos en la cuarta generación siempre y cuando se asuma que cada hembra deposita 139 huevos de los cuales sobrevivan hasta el estado adulto 70. Sin embargo, los autores concluyen que este incremento de 35 veces por generación no ocurre bajo condiciones de campo debido a lo limitado del alimento y a la acción de factores bióticos y abióticos del medio.

Así dentro de este contexto y considerándose que la precipitación como factor abiótico es un regulador de las fluctuaciones poblaciones de picudo, León (17) anota que para las condiciones de Nicaragua el picudo no incide en la época normal del cultivo (junio a diciembre) en los años secos mientras que si lo hace en los años de lluvia normal o en los muy lluviosos coincidiendo las nascencia de nuevas poblaciones (picudo rojo) en los cultivos con el inicio del período crítico de fructificación.

Para las condiciones de la Costa Atlántica García (12) encontró que bajo confinamiento una pareja de picudo tiene el potencial de generar 2'048.381 insectos en la F₃.

8. Diapausa

La diapausa, fenómeno de usual ocurrencia en las zonas templadas, se caracteriza por la cesación de la gametogénesis y atrofia de las gónadas, incremento en el contenido de grasa, disminución en la tasa de respiración y en el contenido de agua (3). Lloyd y colaboradores (18) citan complementariamente cinco estímulos como los inductores de la diapausa en picudo: fotoperíodo (menos de 11 horas), temperatura (menos de 10°C), calidad de la dieta de los adultos (botones), disponibilidad de botones como alimento de adultos y dieta de las larvas (botones). En Arkansas, Carter y Phillips (5) encontraron que cuando las larvas se desarrollaron en la etapa de plena fructificación la diapausa en adultos es del orden del 0 al 20%, cuando se realiza en la etapa de niveles decrecientes de fructificación fluctúa entre

el 20 y 50% y cuando sucede en la época cercana a la recolección la diapausa es de más del 50%.

Para Colombia, W.H. Cross citado por Murillo (19) evidenció la ocurrencia de diapausa para picudo de las áreas de Repelón y Malambo en la Costa Atlántica.

REFERENCIAS

1. Bradley, J.R. and Phillips, J.R. 1978. Biology and population dynamics. In: Warren L.O. Ed. The boll weevil; management strategies. Fayetteville, Arkansas Southan Cooperative, Bull. 228: 15-22.
2. Bradley, J.R., Clower D.F. and Graves, J.F. 1968. Field studies of sex attraction in the boll weevil. J. Econ. Entomol. 61:1457-58.
3. Brazzel, J.R. and Newson, L.D. 1959. Diapause in *Anthonomus grandis* Boh. J. Econ. Entomol. 53: 603-611.
4. Bottrell, D.G. 1983. The ecological basis of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) Management. Agr. Ecos. and Env. 10: 247-274.
5. Carter, F.L. and Phillips, J.R. 1973. Diapause in the boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman as related to fruiting activity in the cotton plant. Ark. Sci. Proc. 27:16-20.
6. Coakley, J.M. *et al.*, 1969. Influence of feeding, oviposition and egg and larval development of the boll weevil abscission of cotton squares. J. Econ. Entomol. 62: 244-245.
7. Cross, W.H. 1973. Biology, control and eradication of the boll weevil. Ann. Review of Entomology. 18:17-46.
8. Cross, W.H., Lukefahr, M.J., Fyrxell, P.A. and Burket, H.R. 1975. Host plants of the boll weevil. Environ. Entomol. 4:19-26.
9. Curry, G.L., Sharpe, P.J.H., Demichele, D.W. and Cate, J. 1990. Towards a management model of the cotton weevil ecosystem. J. of Econ. Management. 11: 187-223.
10. Curry, G.L. 1982. Cotton bud drying: Contributions to boll weevil mortality. Environ. Entomol. 11:344-350.
11. ENTOMOLOGO. 1980. Informe sobre la presencia del picudo del algodouero en la zona de La Dorada. Bol. No. 26. Soc. Col. Entomol. p. 3.
12. García, C.I. 1980. Ciclo de vida y potencial de daño de *Anthonomus grandis* Boheman en el algodouero en Córdoba. Tesis U. de Córdoba. 33 p.
13. Gilliland, F.R. Jr., McCoy, C.E. 1969. The behavior of newly emerged boll weevil. Ann. Entomol. Soc. Am. 62:602-605.

14. Jones, D., and Sterling, L. 1979. Rate and thresholds of boll weevil locomotory activity in responses to temperature. *Env. Entomol.* 8:874-878.
15. King, E., and Lane, H.C. 1969. Abscission of cotton flower buds and petioles caused by protein from boll weevil larvae. *Plant Physiol.* 44: 903-906.
16. León, Q.G. 1980. Algunos aspectos claves en el manejo integrado del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman. Separata de las Memorias del VII Congreso de la Soc. Col. de Entomol. 26 p.
17. León, Q.G. s.f. Investigación práctica en el manejo del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman en Nicaragua. Simposio de Investigación y Manejo de picudo. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Entomología. p. 4.
18. Lloyd, E.P., Tingle F.C. and Gast, R.F. 1967. Environmental stimuli inducing diapause in the boll weevil. *J. Econ. Entomol.* 60:99-102.
19. Murillo, L.A. 1992. Aspectos biológicos de comportamiento y manejo del picudo (*Anthonomus grandis* Boheman). Temas Hoechst. Hoechst Colombiana, Bogotá. 6 p.
20. Newson, L.D. and Brazzel, J.R. 1969. Pests and their control. In advances in production and utilization of quality cotton. The Iowa State University Press. pp. 367-405.
21. Rendón, C.F. y Madriñán, D.G. 1992. Situación actual del problema de picudo (*Anthonomus grandis* Boheman) en el Valle del Cauca. *El Algodonero*, Edición 223 (May/jun.) pp. 13-16.
22. Rummel, D.G. and Bottrell, D.G. 1977. Seasonally related decline in responses of boll weevil to pheromone traps during mid-season. *Environ. Entomol.* 5: 783-7.
23. Sánchez, G. y Silveira, S.N. 1988. Distribución de adultos de *Anthonomus grandis* en la planta de algodón durante el día. *SIATOL*. p. 23.

COMPORTAMIENTO DE *Anthonomus grandis* Boheman, EN EL ALGODONERO BAJO CONDICIONES DEL TROPICO

Guillermo Sánchez G.¹

Resumen

El picudo del algodón, *Anthonomus grandis* Boheman, (Coleoptera: Curculionidae) es conocido como una de las principales plagas del algodón, desde el sur de los Estados Unidos hasta el Brasil. A pesar de que viene siendo estudiado por más de 100 años, su control es extremadamente difícil, debido a los hábitos de la larva; resistencia a los insecticidas; comportamiento y capacidad de los adultos de sobrevivir durante mucho tiempo en ausencia del cultivo.

Todas estas características hacen que su erradicación sea difícil, haciéndose más práctico aprender a manejarlo y a convivir con él que procurar su exterminio. El grado de daño por el picudo está estrechamente relacionado con el nivel de infestación, nivel de botones y la distribución de su edad en los diferentes estratos de la planta; este grado de daño también depende en gran parte del comportamiento del adulto y su distribución en la planta durante el transcurso del día teniendo en cuenta los factores ambientales.

Estudiando los patrones de respuesta estacional y comprendiendo el comportamiento del picudo en su ambiente, el diseño de estrategias apropiadas para manejarlo pueden ser más confiables, menos costosas y los disturbios que se ocasionarían en los otros insectos dentro del ecosistema podrían ser menores.

¹ ICA, Nataima. Apartado Postal 40, Espinal. Tolima.

**DISTRIBUCION GEOGRAFICA E IMPACTO ECONOMICO DEL PICUDO
DEL ALGODONERO *Anthonomus grandis* Boheman
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Francisco Rendón C.¹

Resumen

El picudo del algodón presenta un interesante proceso de dispersión y colonización que históricamente se puede enmarcar entre 1930, año en el cual se cree fue colectado por primera vez para su identificación y el año de 1991, cuando fue reportado en áreas algodoneras del Paraguay, limítrofes con el Brasil, completando su invasión, a partir del sur este de los EE. UU, hacia el sur del continente americano, en un proceso lento y de cuyo avance difícilmente podrán salvarse Argentina, Bolivia, Perú y Ecuador, países a donde aún no ha llegado. En Colombia este proceso tiene como referencia los años de 1951, primer reporte del insecto en Ternera, al norte del Departamento de Bolívar, 1980 en Puerto Boyacá en el Magdalena medio, 1990 en Garzón al sur del Huila y 1992 en la zona de Rozo-Yumbo en el Valle del Cauca. En la actualidad le quedan por colonizar, la zona algodonera de los Llanos Orientales, un área muy reducida al norte del Valle del Cauca a donde se cree debe llegar este año y la región del Patía, la cual podría considerarse la última escala en su viaje hacia el sur occidente del continente americano, antes de establecerse en el Ecuador y el Perú.

De las tres razas o formas de picudo descritas, el *A. grandis grandis* se encuentra distribuido en la región centro norte de México, el sur este de los EE.UU., República Dominicana y Sur América (Colombia, Venezuela, Brasil y Paraguay), en tanto que *A. grandis thurberiae* se presenta en un área retringida al sur de Arizona en los límites con México. Una forma intermedia, conocida como "Picudo mexicano" se encuentra en todo Centro América y Cuba.

Su impacto económico es difícil de valorar en términos monetarios. Los daños en la cosecha cuando no se le controla pueden llegar a representar más del 50% de la producción. En años críticos el número promedio de aplicaciones para su control ha llegado a ser de ocho o más. Para este año, cuando se estima un área mínima de siembra de 70.000 ha, cada aplicación le costaría a los algodoneros 980 millones de pesos a un valor promedio de \$14.000/ha. Los costos indirectos son aún más intangibles. Estos tienen que ver con la resurgencia de otras plagas potencialmente más dañinas y difíciles de manejar como lo es el complejo *Heliothis*. Se interfiere cualquier programa de manejo integrado de plagas (MIP). Para ciertas áreas en donde se siembran variedades de ciclo largo, como el Valle del Cauca y en el Perú, puede ser un factor limitante para producir algodón.

¹ Ingeniero Agrónomo particular. El Espinal (Tolima).

EXPERIENCIAS EN EL MANEJO DEL PICUDO *Anthonomus grandis* Boheman EN EL SINU MEDIO (Córdoba)

Uriel Gómez López¹

Resumen

En el Sinú Medio (Córdoba) el picudo es la plaga de mayor importancia económica. Como siempre la mala destrucción de socas sigue siendo el principal factor que favorece su presencia temprana en los campos y del alto número de aplicaciones con insecticidas. Su costo de control para la cosecha 92/93 ascendió a 4.700 millones de pesos, 62.7% del total del control de plagas. De 7.9 aplicaciones con insecticidas, 6.9 correspondieron al control del picudo (88.5%), de los cuales 3.5 aplicaciones se hicieron en complejo con otras plagas y 3.4 contra sólo picudo.

La importancia del picudo como plaga abarca también la contaminación ambiental y afecta los planes de control integrado de la zona, de 10.2 kg de i.a. de insecticidas aplicados en toda la cosecha, 7.8 kg (76.5%) van dirigidos al control del picudo.

Desde el punto de vista de salud humana la situación es delicada, especialmente la de los pequeños agricultores quienes aplican por vía terrestre productos de Categoría I sin ninguna precaución. En el año 1988 ingresaron a los hospitales de Montería, Cereté, Lórica y Ciénaga de Oro 182 personas intoxicadas por agroquímicos en las faenas del campo. Aquí nos asalta una pregunta: ¿si al hospital llevan los más graves, a cuántos ascenderá el número de afectados?

Este gran impacto económico, ambiental y de salud humana justifica un gran esfuerzo técnico y económico para desarrollar estrategias de manejo que regulen la presencia de esta plaga en el campo y así reducir todos los costos y riesgos que su control significa.

Pero lo más paradójico de esta plaga, y a pesar del alto costo que pagamos por su represión, es que dentro de un manejo racional y equilibrado del picudo, y un desarrollo normal del cultivo, su daño no alcanza a afectar la producción final. Y no la afecta, no solo por la ya conocida capacidad de la planta de soportar muy bien la pérdida de botones, sino también por la sencilla capacidad de soportar muy bien la pérdida de botones, sino también por la sencilla razón de que cuando iniciamos los controles generales el 50% de las cápsulas que van a ser motas se han formado y están lejos de ser afectadas por el picudo. Por su preferencia a atacar botones y flores, el daño sobre las cápsulas sólo podría darse cuando permitimos que poblaciones altas de picudo lleguen hasta el final de la cosecha y al no encontrar suficientes botones en donde ovipositar lo hagan sobre las cápsulas.

¹ Ingeniero Agrónomo. Asistente Técnico Particular. Coopiajeros A.A. 308 Montería, Colombia.

La clave de todo programa de manejo del picudo está en atacar su gran capacidad de sobrevivencia y multiplicación en los campos algodoneros y así retardar el inicio de las aplicaciones generales. Esto se logra, primero, con una excelente destrucción de socas; segundo, controlando los focos iniciales con medidas culturales oportunas de recolección de estructuras afectadas y aplicaciones de agroquímicos y, utilizando algodones de ciclo más corto.

1. Localización

El valle aluvial del río Sinú se encuentra en el Departamento de Córdoba al Norte- Oeste de Colombia, en la región Caribe. Está dividido en: Alto, Medio y Bajo. La mayor área algodonera se encuentra ubicada en el medio Sinú y comprende parte de los municipios de Montería, Cereté, San Carlos, Ciénaga de Oro y San Pelayo. La temperatura promedio es de 27°C y la precipitación de 1200 mm al año. Está clasificado como bosque húmedo y seco; con un período muy definido de lluvias, de mayo a noviembre, y otro seco, de diciembre a abril. Sus suelos son de buena fertilidad, las texturas promedias son las medianas a moderadamente pesada; los pH van de moderadamente ácidos a neutros.

El período de siembra de algodón es muy amplio, sobre las estribaciones de las serranías que limitan el valle las siembras van de agosto 1 a septiembre 15, y en todo el valle de agosto 15 a octubre 5. La recolección se hace de enero en adelante.

2. Antecedentes

El picudo hace su aparición en el Departamento de Córdoba en el año 1951. Hasta el año 1977 el *Heliothis* fué la plaga más importante del cultivo y para su control se requerían de doce aplicaciones con insecticidas que controlaban ambas plagas a la vez, facilitándose de esta forma el manejo del picudo. A partir de 1978 la incidencia de *Heliothis* se reduce y el picudo pasa a ser la plaga más importante (Gómez,1988).

En la Tabla 1, se relaciona el número total de aplicaciones que se hicieron en los últimos 9 años para el control total de plagas y específicamente contra picudo, bien sea sólo o en complejo con otras plagas. Se toma como parámetro la cosecha del año 1978 por ser la que necesitó el mayor número de aplicaciones en toda la historia del cultivo en la zona y para resaltar el hecho de que la no destrucción de la soca (después del año 1977, año del desastre algodonero, la soca permaneció en pie) es la causa principal del incremento de la poblaciones de esta plaga en la cosecha siguiente (Cardona et al. 1979).

3. Importancia económica

El impacto económico del picudo como plaga en el cultivo del algodón es de tal magnitud e importancia que justifica un gran esfuerzo técnico y económico para desarrollar estrategias de manejo que regulen su presencia en el campo y reduzcan el costo que su control significa. Este costo es muy amplio e incluye: control químico y cultural, impacto sobre la fauna benéfica y planes de control integrado, costo ambiental y costo humano.

Tabla 1. Número total de aplicaciones contra todas la plagas y contra picudo específicamente, sólo o en complejo con otras plagas durante los años 1984 -- 1992. 1978 año base, año del mayor número de aplicaciones contra el picudo. Cereté, Cordoba.

Año	Total	Picudo	%
1978	14.8	14.3	96.6
1984	7.1	5.3	74.6
1985	6.4	5.4	84.4
1986	4.8	3.0	62.5
1987	10.0	7.9	79.0
1988	7.0	5.6	80.0
1989	3.4	1.6	47.1
1990	5.0	2.4	48.0
1991	6.5	4.5	69.2
1992	7.9	6.9	87.3
Promedio (84-92)	6.5	4.7	72.3

Paradójicamente y aunque es una plaga que tiene todo el potencial para causar daños económicos importantes en el cultivo, un manejo adecuado de sus poblaciones, con controles oportunos y bien sincronizados antes de que causen algún daño, es suficiente para evitar mermas en la producción final. Sólo en algunos casos cuando se permiten poblaciones altas de esta plaga y los controles no se hacen a tiempo, sobre todo durante el período de máximo botoneo o hacia el final de la cosecha en donde el daño es sobre las cápsulas, las pérdidas económicas llegan a ser considerables.

3.1 Costo del control químico y cultural. La importancia económica del picudo está dada por el alto costo de su control. En la Tabla 2 se relaciona el costo del control del picudo durante la cosecha de 1992 - 1993 en una finca que cumple con todas las recomendaciones técnicas de manejo.

De la Tabla 2 se puede deducir que el picudo nos induce a "aplicar" muchas más veces (87.3%) y su costo de control representa el 62.7% del total de control de plagas. El monto total del control de picudo con base a una siembra de 35.000 hectáreas, fué de 4.700 millones de pesos.

Tabla 2. Costo por hectárea del control de plagas, cosecha 1992 - 1993, Cereté Córdoba.

	Total	Picudo	%	Otras plagas*	%
1. Costo Total	214.472	134.565	62.7	79.907	37.3
1.1 Costo control cultural	27.150	27.150	100	0.0	0.0
1.2 Costo control químico	136.662	73.940	54.1	62.682	45.9
1.3 Costo Aéreo	50.700	33.475	66.0	17.225	34.0
2. Aplicaciones No.	7.9	6.9**	87.3	4.4	56.4

* *Spodoptera*, rosado, *Heliothis*, alabama.

** 3.4 aplicaciones contra solo picudo más 3.5 aplicaciones en complejo con otras plagas.

3.1.1 Costo del manejo cultural. El costo cultural por hectárea durante la cosecha de 1992 en fincas donde se manejan cuidadosamente estas labores ascendió a \$ 27.150.00 pesos discriminados así:

- Trampas con feromonas (0.3/hectárea) 1.000
- Feromonas (durante 3 meses) 5.800
- Celador de trampas (durante 3 meses) 1.350
- Recolección de estructuras (4 jornales) 6.000
- Fumigación de focos primarios (2 jornales) 3.000
- Valor de insecticidas (para focos) 10.000

3.2 Impacto sobre la fauna benéfica y planes de control integrado. En el proceso de convencer a técnicos y agricultores para que el control de plagas en el cultivo del algodón se haga de acuerdo a unos parámetros ya establecidos de manejo, nivel de daño, fauna benéfica, liberación de *Trichogramma*, uso racional de insecticidas, etc. La presencia de picudo en el campo despierta siempre un temor que atenta contra el interés de un manejo integrado de las plagas. Este temor lo experimenta el agricultor al conocer que ya tiene picudo en el lote y va a preferir iniciar rápidamente las aplicaciones totales a intensificar las prácticas culturales de recolección de estructuras y fumigación de focos.

Pero también es de común ocurrencia, y por simple analogía con otros belloteros, que por presentarse los primeros ataques una vez iniciada la fructificación y por ser ésta una etapa en la que los algodones deben soportar una pérdida alta de sus estructuras, se llegue al error de permitir "evolucionar" libremente el picudo antes de los 60 días, descuidando el

manejo cultural y químico de los focos iniciales. Esto favorece la rápida dispersión del picudo obligándonos a iniciar los controles generales más temprano, requiriéndose después un mayor número de aplicaciones para su control. Por estas razones se considera al picudo como la principal plaga entorpecedora de los planes de control integrado.

3.3 Costo ambiental. El uso de insecticidas no biológicos implica una gran contaminación de un vasto sector que abarca no solo a los cultivos sino también: ríos, ciénagas, bosques, praderas y caseríos. Esta gran carga contaminante que se está depositando sobre el sistema, es debida a la presencia de insectos plagas que requieren de algún control químico durante la cosecha algodonera. Para este año la cantidad total de ingrediente activo aplicado en toda la zona algodonera ascendió a 357 toneladas. De las cuales el control del picudo contribuye con el 66.7% al 95.6% del total de ingrediente activo aplicado durante una cosecha. Esto se comprueba al mirar la tabla 3, en donde se compara la cantidad de ingrediente activo de insecticidas utilizados en el control total de plagas y picudo específicamente durante las dos últimas cosechas (1991 y 1992) con lo utilizado durante las cosechas de 1978 y 1989, años de mayor y menor incidencia de picudo, respectivamente, en toda la historia del cultivo en Córdoba. Estas cantidades se determinaron al analizar una muestra entre el 5% y 10% del área total aplicada en cada uno de los años reseñados.

Tabla 3. Kilogramos de ingrediente activo de insecticida por hectárea aplicados en diferentes años en el control de plagas. Cereté, Cordoba.

Cosecha	Total	Picudo	%	Otras plagas	%
78-79	32.0	30.6	95.6	1.4	4.4
89-90	2.7	1.8	66.7	0.9	33.3
91-92	5.4	4.6	84.6	0.8	15.4
92-93	10.2	7.8	76.5	2.4	23.5

3.4 Costo humano. En el 40% del área sembrada el control de plagas se realiza por vía terrestre, bien sea con bombas de motor o de espalada, especialmente agricultores pequeños y aún medianos. Paradójicamente estos agricultores son los más renuentes a ejecutar prácticas de recolección de estructuras para el control de picudo y se limitan, tan pronto observan adultos en el campo, unicamente a fumigar cada 3 - 4 días. Por esta razón aplican más veces para picudo. Si a esto le agregamos que los productos utilizados son todos de categoría toxicológica I (endosulfan y metilparathión) y conocidas además las condiciones de desprotección y descuido con que son aplicados, es facil deducir que el costo humano por intoxicación con agroquímicos es altísimo.

En el año de 1988 se revisaron las fichas de ingreso de pacientes a los hospitales de Montería, Cereté, Lórica y Ciénaga de Oro que presentaron síntomas de intoxicación con insecticidas. Y en el año de 1992 se revisaron únicamente las del hospital de Cereté. Con

estos datos se elaboró la Tabla 4 en donde se observa la gran cantidad de personas que se intoxican, unas de forma accidental, (los menores de 13 años) y el resto en las labores de fumigación. Aquí nos hacemos la siguiente pregunta: Si de la cantidad de personas que experimentan algún grado de intoxicación con agroquímicos sólo son llevados a los hospitales las que están en estado grave, ¿a cuánto ascenderá el número total de intoxicados? La cifra puede ser muy alta, de ahí la necesidad de que los agricultores pequeños sean educados en el manejo de agroquímicos y además se les restrinja el uso de productos de categoría toxicológica I.

Tabla 4. Número de personas que ingresaron a los hospitales de cuatro Municipios de Córdoba con síntomas de intoxicación con insecticidas en los años de 1988 y 1992.

Pacientes	1988		1992
	Hospital Cereté	Hospital Montería, C. de Oro, Loricá	Hospital Cereté
Niños*	8	Sin datos discriminatorios	6
Mujeres	8	Sin datos discriminatorios	15
Hombres	114	Sin datos discriminatorios	76
Total	130	52	97

* Menores de 13 años

Llama la atención el alto número de mujeres intoxicadas y aunque mucho de los casos se pueden catalogar como intento de suicidio, el ingreso a los campos recién aplicados a recoger estructuras atacadas por picudo podría ser la causa principal de ésta intoxicaciones.

4. Características de ataque del picudo

Lo aquí consignado es un intento por encasillar el comportamiento del picudo dentro de una lógica y así dar pautas de manejo y control. Pero esta aparente lógica no tiene validez si en cualquier zona algodonera la soca permanece en pie hasta y durante la cosecha siguiente. El resultado es un comportamiento impredecible y un control muy errático de esta plaga.

El picudo es un colonizador. Esta acción colonizadora la realiza el picudo en dos direcciones, a nivel de lote (durante el cultivo) y a nivel de zona o área algodonera (época

de veda). Cada una tiene características específicas que es importante conocer y que a continuación reseñamos.

4.1 Establecimiento en el lote. Las diferentes etapas por las que pasa un ataque de picudo descritas por León (1980) en Nicaragua son similares a las que se presentan en nuestras zonas algodoneras pero las hemos ajustado a nuestras condiciones y a la labor como asistentes técnicos.

4.1.1 Focos de iniciación. El picudo inicia su ataque, año tras año, siempre por los mismos sitios llamados "Focos de iniciación". Generalmente corresponden a sectores del cultivo más desarrollados donde la fructificación se inicia más temprano o a áreas cercanas a las zonas de refugio utilizadas por el picudo durante la época de veda. Estos focos se detectan después de los 35 días de germinado el cultivo pero se pueden retardar si la destrucción de socas de la cosecha anterior fué eficiente. Aunque el picudo puede picar antes de "botonear" alimentándose de los terminales y partes tiernas de la planta, en los focos de iniciación normalmente solo se encuentra el daño de oviposición y rara vez el de alimentación, casi nunca encontramos el adulto y cuando se halla, este es de color café oscuro, de élitros duros con claras señas de ser bastante viejo. El daño va desde varios botones atacados en una planta hasta muchos más en 5 o 10 plantas alrededor y no muy distanciados entre si.

Los focos de iniciación generalmente son pocos (1-3) y su detección oportuna es la clave del éxito del manejo cultural de ésta plaga, pues si logramos retirar del campo estas estructuras afectadas antes de que emerjan los adultos, la nueva generación o el paso a la siguiente fase (foco de establecimiento) será mucho más demorada.

4.1.2 Focos de establecimiento. Esta etapa corresponde a un periodo que dura de 30 a 40 días. Se caracteriza porque en las sucesivas revisiones de campo se encuentran daños frescos de alimentación y oviposición que corresponden a la primera generación de campo desarrollada en los focos de iniciación. Aunque continúa la dificultad de encontrar adultos, se pueden localizar de uno a dos realizando daños en botones. Su presencia continúa reducida a los focos de iniciación pero en una área mayor (hasta una hectárea). Su control continúa siendo cultural.

4.1.3 Etapas de invasión o avance. Es la más crucial en el control del picudo. Se inicia cuando la población de picudo de la etapa anterior (focos de establecimiento) adquiere una dinámica tal que logra romper, por así decirlo, todas aquellas barreras o prácticas culturales tendientes a mantener bajas las poblaciones de picudo y en consecuencia se dispersa en el lote tratando de invadirlo. En un amplio sector del lote se encuentran daños frescos de alimentación y oviposición, aunque no muy abundantes sí lo suficientemente separados entre sí, indicándonos el avance de la plaga. En los focos iniciales los ataques son más fuertes y, debido a la superposición de poblaciones, se observa toda la gama de daño en botones y flores y la totalidad de los estados de su ciclo; los adultos se encuentran con facilidad especialmente en las flores amarillas. Con esta etapa se inician los controles

generales y cuando éstos son oportunos y eficientes los daños se estabilizan, recomendando aplicaciones posteriores cada 8 días.

4.1.4 Generalización del picudo. Etapa que no debería permitirse. Se da en el campo cuando hay mucho descuido en su manejo o hemos tenido fallas en su control. El picudo ha invadido todo el lote y siempre se detectarán adultos, aún pocas horas después de una aplicación con insecticida. La frecuencia de aplicación es de cada 4 ó 5 días.

4.2 Establecimiento en la zona. Indudablemente la completa dispersión del picudo en toda la zona algodonera ocurre durante las épocas de pos-cosecha y de veda. Terminada la recolección y a pesar del verano la planta permanece viva emitiendo botones y flores en donde el picudo sigue reproduciéndose e hipotéticamente dando origen a dos tipos de poblaciones. La primera es la que sale del lote y, en algún momento, va a la zona de refugio y ahí permanece hasta la cosecha siguiente (picudo emigrante). La segunda es la población flotante que se va generando sucesivamente en los rebrotes de la soca no destruída o en las socas que logran sobrevivir después de las siembras de sorgo. Esta población flotante de picudo es atrapada por las trampas con feromonas con tan buen resultado que su uso se ha extendido a muchas fincas de la zona. Las trampas son colocadas dentro de los campos que se están preparando, o en aquellos sembrados de sorgo, cerca a sus bordes y se movilizan por toda la periferia de acuerdo con la cantidad de picudos capturados. Se tienen registros de fincas con 750.000 picudos recolectados. Esto nos indica que las trampas sirven no sólo para monitorear, sino también para reducir las poblaciones de picudo (Ponce, 1988).

Al llegar la nueva cosecha de algodón se inicia otra vez el ciclo. Los algodones sembrados entre agosto 15 y 30 (siembra temprana) son los primeros en ser atacados y a la postre los que más necesitan aplicaciones con insecticidas. Lo contrario sucede en algodones sembrados entre septiembre 15 y octubre 5 (siembras tardías) atacados tardíamente donde el número de aplicaciones es muy bajo. Así se establece una estrecha relación entre la aparición del picudo en el campo y la fecha de siembra. Este comportamiento se observa en lotes de una misma finca, con siembras tempranas y tardías, separados únicamente por canales o caminos (Tabla 5); se observa en lotes diferentes, ubicados en veredas diferentes y en años diferentes (Tabla 6); y se observa también en un mismo lote en un año con siembra tardía y el otro con siembra temprana (Tabla 7).

Es decir, el picudo tampronto ingresa a un campo tiende a permanecer en él y de ahí que su avance a lotes vecinos sembrados más tarde, no lo hace con la misma dinámica aunque estos se encuentren en la etapa de máximo botoneo. Sólo hasta al final de la cosecha, cuando el lote hoppedantes ha perdido todos sus botones se observan migraciones, especialmente por los bordes a lotes vecinos más jóvenes.

Tabla 5. Número de aplicaciones contra picudo y *Heliothis* en la finca Toledo, en lotes con fecha de siembra temprana y tardía. Cosecha 91/92; Municipio de Cereté, Córdoba

Siembra	Hectáreas	No. de lotes	Número de aplicaciones	
			Picudo	<i>Heliothis</i>
agosto 15-30 (temprana)	250	3	7.2	1.1
septiembre 15-octubre 5 (tardía)	170	4	1.6	1.0

Tabla 6. Número de aplicaciones contra picudo y *Heliothis* en 4 fincas con fechas de siembra diferentes, durante las cosechas 91/92 y 92/93; Municipio de Cereté, Córdoba

Siembra	Finca	Número de aplicaciones			
		Cosecha 91/92		Cosecha 92/93	
		Picudo	<i>Heliothis</i>	Picudo	<i>Heliothis</i>
Agosto 15-30 (temprana)	El Campano	7.6	0.9	11.5	0.0
	Mocarí	6.5	0.0	11.0	0.0
septiembre 15-octubre 5 (tardía)	Santa Lucía	1.1	1.6	2.3	1.4
	Vellojín	0.0	3.4	2.0	4.2
Promedio zona		4.6	0.9	6.9	0.5

Tabla 7. Número de aplicaciones contra picudo y *Heliothis* en el lote Campo Nuevo, finca Toledo, cosechas 90/91 y 91/92; Municipio de Cereté, Córdoba

Cosecha	Siembra	Picudo	<i>Heliothis</i>
90/91	septiembre 20 (tardía)	0	2.6
91/92	agosto 20 (temprana)	10	1.5

Se relaciona en las tablas 5, 6 y 7 el número de aplicaciones contra *Heliothis* para resaltar un hecho curioso: la preferencia de esta plaga en atacar los lotes que son sembrados tardíamente, a pesar de que los algodones de las siembras tempranas aún están verdes y atractivos a su ataque y se han asperjado muchas más veces. Es de anotar que los controles contra *Heliothis* se inician a partir de la segunda semana de diciembre.

5. Control

Cuando el picudo se presenta en las etapas de focos de iniciación y de establecimiento, se debe recomendar el control cultural en las etapas de invasión o avance y ataque generalizado, el control químico.

5.1 Control cultural. La efectividad y economía del control cultural se basa en detectar oportunamente los focos de iniciación y va dirigido a mantener reducidos estos focos. Por lo tanto es indispensable que el agricultor se apersone y dé la mayor prioridad e importancia al control cultural en su lucha contra el picudo.

Las prácticas culturales consisten en retirar del campo las estructuras atacadas por el picudo y en asperjar los focos iniciales. El retiro de las estructuras lo hacen los operarios surco por surco y recojiéndolas del suelo, tanto las caídas naturalmente (vaneo) como las atacadas. Es muy eficiente cuando el suelo permanece limpio de malezas y los operarios las pueden observar bien. El otro método consiste en revisar planta por planta y botón por botón y retirar los atacados, antes de caer al suelo. Es más eficiente pero dispendioso, y es el sistema más práctico en lotes enmalezados. Se necesita personal bien entrenado. Las estructuras recolectadas deben ser destruídas, de lo contrario se convierten en un foco de dispersión.

Las aplicaciones sobre los focos previamente demarcados se hacen sobre una área mayor para más seguridad. Los productos deben ser de baja toxicidad y usados con una frecuencia de 3 a 4 días alternándose con la recolección de estructuras. Para asegurar el éxito de estas labores cada finca debe tener su inspector de campo con el suficiente conocimiento y autoridad para realizar las siguientes labores:

- Colocación de las trampas con feromonas, tan pronto se corte la soca y dos meses antes de la siembra.
- Detección y señalamiento oportuno de los focos iniciales.
- Revisión de las estructuras cuando se retiren de la planta directamente, para corregir a los operarios que no lo hacen correctamente.
- Supervisión de la destrucción de las estructuras atacadas y retiradas del campo, evitando que sean abandonadas -parcialmente o totalmente- en forma accidental deliberada o negligentemente.

- Atender las aplicaciones con agroquímicos a los focos, señalando el área y utilizando la dosis exacta del producto recomendado.
- Informar sobre la evolución de los focos iniciales.

Un estricto cumplimiento de todas estas labores culturales mantiene reducido al picudo a sus focos iniciales de ataque y retrasa las aplicaciones generales hasta cuando los algodones tienen 80 días o más.

5.2 Control químico. La esencia del control químico es cortar el ciclo de vida del picudo, permitiendo únicamente el daño de alimentación. De esta forma se reducen las poblaciones existentes en el campo y al mismo tiempo se uniformizan, de tal modo, que las siguientes aplicaciones se sincronicen con la emergencia del máximo número de adultos, de acuerdo a una muestra de campo, la cual, es vital en el control químico y consiste en recoger y guardar en frascos en la oficina o en laboratorio, botones con toda la gama de estados inmaduros de picudo. En efecto, la fecha de mayor porcentaje de emergencia de picudo en los frascos, servirá de pauta para la toma de decisiones de control de adultos en el campo.

Teóricamente y de acuerdo al ciclo de vida (días mínimos: 11.33 días) para el departamento de Córdoba, estudiado por García y Lobatón (1980), se requieren (Figura 1), cuatro aplicaciones de insecticidas para cortar este ciclo. Esto, teniendo como base que un adulto emerge del botón seis horas después de formado (0.25 días), que demora 3.5 días alimentándose (preoviposición) y en el supuesto que el agroquímico utilizado tenga una residualidad máxima de 0.5 días. Pero este planteamiento teórico no se cumple pues nunca se obtienen controles del 100%; además factores como malas aplicaciones, lluvias después de las aplicaciones, infestaciones demasiado fuertes, migraciones de picudo de socas o de lotes vecinos abandonados, dan lugar a una población remanente que a la larga hace que sea imposible el rompimiento de este ciclo.

En la práctica, cuando los ataques son fuertes, como mínimo se recomiendan tres aplicaciones con intervalo de cuatro días, tratando de sincronizarlas con las aplicaciones para otras plagas con el fin de abaratar el control. Hecha la primera aplicación, la segunda debe hacerse según calendario, o sea, al cuarto día; la tercera aplicación se recomienda una vez confrontada la emergencia de adultos en la oficina, con la del campo, lo que normalmente ocurre entre el cuarto y quinto día después de la segunda aplicación. De ahí en adelante se continua asperjando cada 7 días y acomodándolas a las aplicaciones contra *Heliothis* o *Spodoptera*.

Al iniciar la recolección del primer pase no se deben permitir poblaciones altas de picudo porque al no tener suficientes botones en dónde ovipositar lo hace sobre las cápsulas.

6. Fenología del algodonnero y el control del picudo

Como dijimos antes, la importancia económica del picudo está dada por el costo de su represión (alto número de aplicaciones) y no por un verdadero daño económico sobre el cultivo ya que el algodonnero tiene una capacidad para recuperar los botones florales perdidos por ataques de insectos plagas, especialmente picudo (Carrillo *et al*, 1977); por lo tanto puede soportar muy bien sus ataques, aún en poblaciones altas, si nuestras medidas de control son oportunas y eficientes.

Debido a que el picudo prefiere atacar los botones su manejo es mucho más sencillo que el manejo de *Heliothis* y *Spodoptera* los cuales atacan botones y cápsulas. Al controlar picudo protegemos los botones y así aseguramos las cápsulas, lo que no ocurre con el control de los belloteros mencionados antes; además, la planta puede y tiene más tiempo para compensar la pérdida de un botón que de una cápsula. Por lo tanto las medidas de control deben ir dirigidas a proteger el período de botones efectivos (período de formación de los botones que llegan a mota). En el Sinú este período varía de acuerdo a la fecha de siembra: para los algodones de siembra temprana va desde los 60 a los 135 días y para los de siembra tardía desde los 45 hasta 105 días.

Con el fin de determinar dentro del período de botoneo efectivo la fase más crítica de pérdida de botones para los algodonnales de siembra tardía (septiembre 15 de 1992), se llevó a cabo un ensayo en la finca Cuba, municipio de Cereté, con precipitación 397 mm y utilizando la variedad Delta Pine 61. El experimento consistió en remover por una sola vez el 100% de los botones cuando las plantas tenían 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días de emergidas. Se tomó como unidad experimental los dos surcos centrales (10 m) de las parcelas de 32 m²; los tratamientos se replicaron cuatro veces. La remoción del 100% de los botones 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días causó una reducción no significativa ($P < 0.10$; DMS = 447 k $\alpha = 0.05$), de 11, 123, 440, 648, 157, 171 y 181 k de algodón-semilla, respectivamente. Sin embargo, hubo una merma en los rendimientos de 440 k y 648 k de algodón-semilla para el tratamiento donde se removió el 100% de los botones a los 75 y 90 días, aunque no fue estadísticamente significativa sí es económicamente importante.

Ahora, entre los 75 y los 90 días ¿cómo se encuentra la población de picudo?. Justamente entre los 70 y 75 días estamos empezando los controles generales contra un picudo que está iniciando la etapa de invasión y avance y por lo tanto sus poblaciones aún son bajas. Así pues con controles oportunos y eficientes la curva máxima de desarrollo poblacional de picudo es muy factible que no coincida con el período de botoneo crítico y por lo tanto la probabilidad de que estos botones sean atacados por el picudo es menor.

Se hizo un registro fenológico de formación de botones y cápsulas (cada 15 días) en dos lotes, uno de siembra temprana (Mocarí) y otro de siembra tardía (El Caracol). El número de aplicaciones que necesitaron ambos lotes para el control del picudo también se registró. Tanto para siembras tempranas como tardías, no hubo aplicaciones contra picudo durante el período de máximo botoneo; durante el periodo crítico (75 a 90 días) apenas se inician

los controles y el mayor número de aplicaciones se realizan durante el periodo de descenso natural de la formación de botones.

Con las cápsulas ocurre algo similar, pues entre los 70 y 75 días la planta tiene ya en formación una alto porcentaje de sus cápsulas (de flor morada en adelante), las que estan fuera del ataque del picudo. Así, para el lote Mocarí siembra temprana (Tabla 8) a los 75 días estan en proceso de formación el 56.5% de las cápsulas y solo hemos recomendado el 6.4% de las aplicaciones en el control del picudo. A los 135 días, se ha formado el 114.5% de las cápsulas (máximo número de cápsulas que dará origen después del vaneo natural, al 100% de motas recolectadas) y recomendado el 79.1% de las aplicaciones; el 21.9% restante de las aplicaciones se recomendo para reducir las poblaciones finales de picudo y evitar así un daño en las cápsulas en formación en el tercio superior; en ningún momento fueron dirigidas a proteger los botones que se formaron después de los 135 días y que no tienen probabilidad de llegar a cápsulas.

Tabla 8. Periodo de formación de cápsulas (flor morada en adelante) y de control de picudo en un lote con siembra temprana. Lote Mocarí, Monteria, Cordoba. Cosecha 92/93

Día	Cápsulas		Aplicaciones contra picudo	
	Número acumulado	Porcentaje *	Número acumulado	Porcentaje *
34-45	0.0	0.0	0.0	0.0
46-60	4.0	0.2	0.0	0.0
61-75	10.5	56.5	0.7	6.4
76-90	12.6	67.7	1.7	15.5
91-105	12.4	66.7	4.7	42.7
106-120	18.3	98.4	7.0	63.6
121-135	21.3	114.5	8.7	79.1
136-150	18.6	100.0	10.0	90.9
151-165	18.6	100.0	11.0	100.0
170	18.6 motas		Recolección	

* % de cápsulas con respecto a 18.6 motas (100%)

Para el lote El Caracol (siembra tardía) (Tabla 9) a los 60 días el 50.9% de las cápsulas estan en proceso de formación (de flor morada en adelante) y aún no hemos aplicado contra el picudo. A los 105 días se ha formado el 113.5% de las cápsulas (máximo número de cápsulas que dara origen después del vaneo natural al 100% de motas recolectadas) y hemos recomendado el 60% de las aplicaciones para picudo. Como en el caso anterior, el 40% de las aplicaciones restantes va dirigido a disminuir las poblaciones finales de picudo y a la protección de las últimas cápsulas juvenes pero en ningun momento a proteger nuevos botones formados después de los 105 días.

Tabla 9. Período de formación de cápsulas (flor morada en adelante) y de control de picudo en un lote con siembra tardía. Lote El Caracol, Cereté, Cordoba. Cosecha 92/93.

Días	Cápsulas		Aplicaciones contra picudo	
	Número acumulado	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje
34-45	0.0	0.0	0.0	0.0
46-60	8.7	50.9	0.0	0.0
61-75	13.7	80.1	2.0	40.0
76-90	17.0	99.4	3.0	60.0
91-105	19.4	113.5	3.0	60.0
106-120	17.3	101.2	5.0	100.0
134	17.1 Motas	100.0	Recolección	

A partir del análisis de las Tablas 8 y 9 se entiende el por qué el picudo puede ocasionar poco daño al algodonero, siempre y cuando se realicen los controles culturales y químicos oportunamente, ya que cuando hacemos la primera aplicación el 50% de las cápsulas están en proceso de formación y hacia el final, cuando las poblaciones del picudo adquieren una dinámica alta la planta ya ha formado del 40 al 50% de cápsulas restantes. No sobra aclarar que lo anterior se cumple dentro de una condiciones normales de desarrollo del cultivo y con un manejo técnico, no solo del picudo sino también de todas las plagas que atacan al cultivo del algodón.

7. Factores que favorecen el incremento de los ataques de picudo en el campo

A continuación se enumeran rápidamente una serie de factores que de una u otra forma favorecen el incremento de las poblaciones de picudo en el campo. El conocimiento de cada una de estas situaciones nos obliga a tenerlas más en cuenta para extremar las medidas coorrectivas que ayudan a combatir el picudo en nuestro medio.

- a. Año "picudero": año favorable a su propagación, durante el cual, independientemente de la buena o mala destrucción de socas, o de la eficiente ejecución de las prácticas culturales, esta plaga muestra una enorme agresividad en la temporada.
- b. Las condiciones externas de verano o invierno que afectan el desarrollo inicial de los ataques de picudo.
- c. Destrucción de socas: dejar la soca en pie, destruir únicamente la parte aérea, permitiendo el rebrote posterior. Presencia de socas retoñadas dentro del cultivo de rotación (sorgo).
- d. Periodo vegetativo largo: siembras tempranas, uso de variedades de ciclo largo, exceso de fertilización nitrogenada, lluvias tardías, pudrición de cápsulas, daños de plagas que favorecen el botoneo compensatorio de la planta.
- e. Malos controles con insecticidas productos alterados, o poco eficientes, dosis bajas, no uso de formulaciones a ultrabajo volumen en algodones altos y tupidos.
- f. Deficiencias en las aplicaciones: lluvias posteriores a la aplicación, "conejos", temperaturas altas y vientos que impiden que el producto llegue al objetivo, horas inapropiadas, poca penetración, equipos de aplicación inadecuados o en mal estado.
- g. Aplicaciones inoportunas, es decir, fuera del ciclo de la plaga. Significa que las aplicaciones son hechas cuando las hembras adultas del picudo han pasado del periodo de alimentación al de oviposición.
- h. Campos abandonados.
- i. Abandono deliberado, accidental o negligente de las estructuras recolectadas en los focos.
- j. Poca atención al control cultural.

8. Conclusiones

A manera de conclusión podemos decir que la clave de todo programa de manejo de picudo está en atacar, de cosecha a cosecha su gran capacidad de sobrevivencia y multiplicación en los campos aldoneros y así retardar hasta el máximo el inicio de las aplicaciones generales. Por lo tanto debemos tener en cuenta:

- Una buena destrucción de socas: tan pronto termine la recolección cortar la soca o preferiblemente cortar o quemar. Cuando se inician las lluvias (finales de abril o primeros días de mayo) arar y rastrillar, si se siembra sorgo como cultivo de rotación, destruir las socas retoñadas dentro del campo.
- No sembrar muy adelantado de la temporada.
- Uso de variedades de botoneo compacto y de ciclo más corto.
- Prácticas culturales de recolección de estructuras atacadas y aspersión de los focos iniciales.
- Personal entrenado en la destrucción oportuna de los focos iniciales.
- Uso de trampas con feromonas, por lo menos dos meses antes de la siembra

BIBLIOGRAFIA

- Cardona, C., Pacheco, L.C., Rendón, F. 1979. Población de insectos plaga y benéficos en socas de algodón en la Costa Atlántica. Métodos y épocas de destrucción. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 5(3-4):3-12
- Carrillo, E., Cujar, A. y Chavez, R. 1977. Daños simulados de belloteros especialmente *Anthonomus grandis*, a diferentes estados en el algodonoero. Revista Colombiana de Entomología. Vol. 3(3-4):65-70.
- García, I. y Lobatón, V. 1980. Ciclo de vida del picudo *Anthonomus grandis* en el algodonoero. Resúmenes VII Congreso de Entomología. Bucaramanga 61 p.
- Gómez, L. U. 1988. Análisis del comportamiento y manejo del *Heliothis* spp. y otras plagas a través de 17 cosechas algodonoeras en el Sinú medio. Resúmenes XV Congreso Colombiano de Entomología. Manizalez, 22 p.
- León, Q. G. 1980. Algunos aspectos clave en el manejo integrado del picudo del algodonoero *Anthonomus grandis* Boheman. Separata Memorias VII Congreso SOCOLEN, Bucaramanga. 13-17 pp.
- Ponce, B., Sánchez, J. 1988. Manejo integrado del picudo del algodonoero *Anthonomus grandis* Boheman (Col.: Curculionidae). Resúmenes XV Congreso de Entomología. Manizales. p. 26.

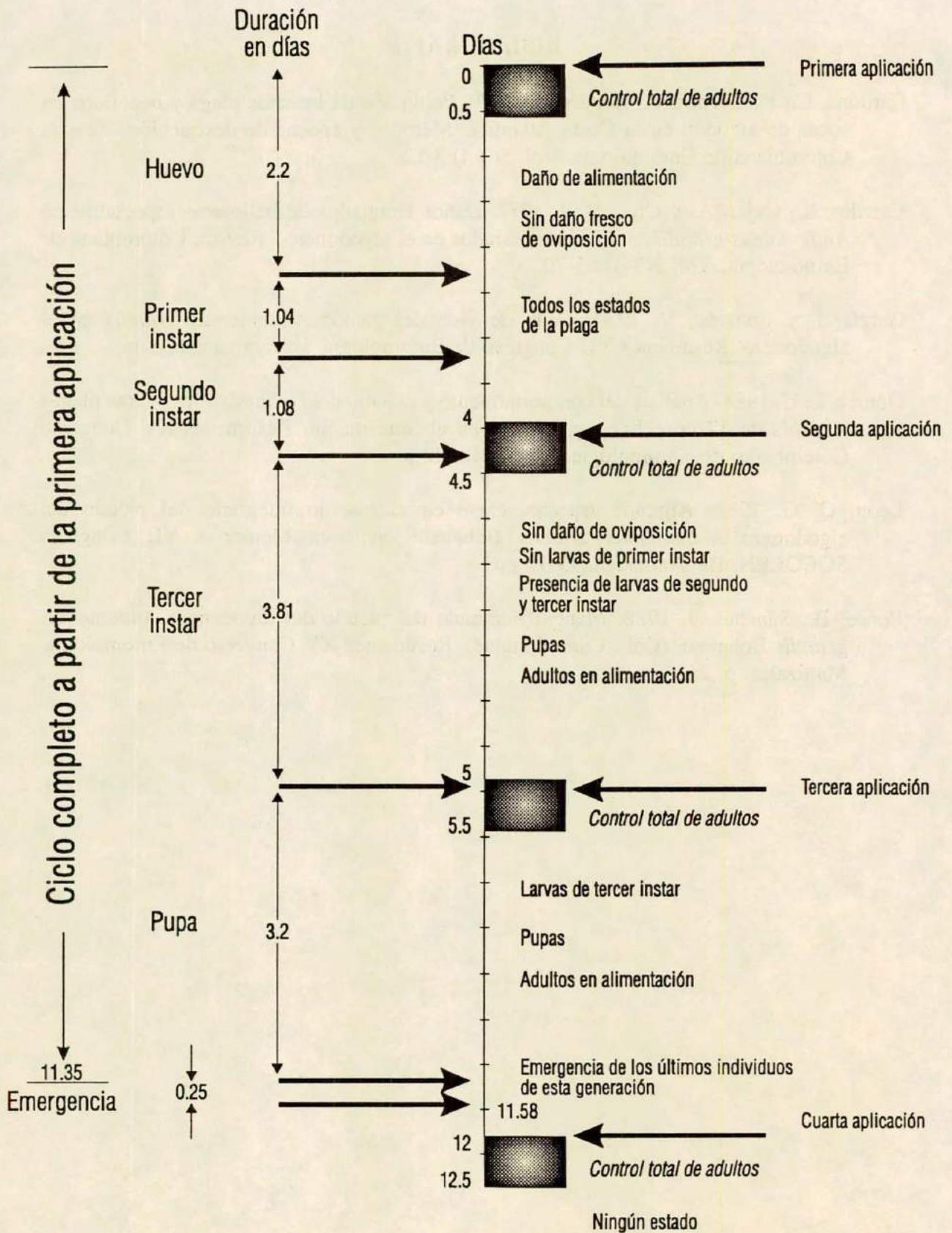


Figura 1. Eliminación teórica de una población de picudo.

**EXPERIENCIAS SOBRE EL MANEJO DEL PICUDO DEL ALGODONERO,
Anthonomus grandis Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EN EL TOLIMA Y EL HUILA**

Ricardo Revelo M.¹

Resumen

Trece años después del registro de picudo en la zona del interior del país, las recomendaciones sobre su manejo se enmarcan dentro de las establecidas para el Litoral Atlántico, como son: épocas de siembra en períodos cortos, eficiente destrucción de los residuos de cosecha, recolección de estructuras afectadas, detección temprana de poblaciones inmigrantes y control químico en "focos". Las condiciones climáticas imperantes que obligan a prorrogar todos los años los períodos de siembra, la deficientes destrucción oportuna de los residuos de cosecha la indisciplina de los agricultores y la falta de un criterio unificado dentro de los asistentes técnicos sobre su manejo, limitan la aplicación de las recomendaciones de manejo a la vez que se crean condiciones favorables para una mayor dinámica poblacional.

En la temporada algodonera de 1989 se presentaron los más altos niveles de infestación y los agricultores debieron hacer en promedio ocho aplicaciones para su control. Como consecuencia de ésto se estructuró un programa de manejo pagado por todos los agricultores el cual incluía el uso de trampas con feromonas, establecimiento de "Islas socas" y "Cultivos trampas", y tratar de mejorar la destrucción de socas y reducir al máximo los períodos de siembra. En los tres años que duró el programa los resultados fueron satisfactorios y el número de aplicaciones para picudo se logró reducir a tres en el año de 1990 y una en 1991. La crisis del sector no permitió darle continuidad a este programa por falta de presupuesto.

¹ Ingeniero Agrónomo, asistente particular, Ibagué (Tolima).

PROPUESTA PARA UN MANEJO DE PICUDO DEL ALGODONERO EN EL VALLE DEL CAUCA¹

Francisco Rendón
María Teresa Restrepo
Daniel Madriñán
Adolfo Trochez
Carlos Colonia
Hernando Pino
Alvaro Ortega

Resumen

Dadas las características agroecológicas del Valle del Cauca y las variedades de algodón tipo "Acala", de ciclo largo que se siembran, la llegada del picudo implica establecer una serie de estrategias para su manejo que incluyen: disminución en el período de siembra, el cual no debe prolongarse por más de treinta días; reducción en el período vegetativo mediante un manejo adecuado del agua de riego y de la fertilización nitrogenada o la búsqueda de variedades precoces. Esto permitiría reducir al máximo el número de generaciones, una disminución potencial del tiempo de incidencia económica. Otras medidas de tipo cultural y legal implican el uso de defoliantes al final de la temporada para acelerar la cosecha, destrucción inmediata de las "socas" o residuos de cosecha inmediatamente se termine la recolección, el establecimiento y manejo adecuado de "Islas socas" al final de la temporada y de "Cultivos trampa", antes de la siguiente época de siembra, con el fin de reducir al máximo el número de picudos que emigran a refugios cuando el cultivo madura y que reingresan en la época de establecimiento en la temporada siguiente. Si estas propuestas de manejo se cumplen, el período de veda entre temporadas puede ser mayor y los niveles de población del insecto hacerse más manejables mediante el uso de trampas con feromonas que ayuden a la detección temprana y oportuna de los primeros focos de infestación. Esto permitiría planear controles manuales y químicos localizados que retarden al máximo el uso generalizado de insecticidas de amplio espectro.

La propuesta también incluye realizar programas de divulgación y transferencia de tecnología a técnicos y agricultores, un seguimiento permanente de su desplazamiento y restricciones en el transporte de semilla, así como la zonificación del desmote para tratar su avance hacia el norte del departamento.

¹ Propuesta elaborada por el Comité Técnico conformado para el manejo del picudo en el Valle del Cauca.

LOS I.S.Q. COMO ALTERNATIVA DENTRO DE UN MANEJO INTEGRADO DEL PICUDO DEL ALGODONERO, *Anthonomus grandis* Boheman

Guillermo Torrado P.¹

Resumen

Muchas experiencias colombianas realizadas principalmente como trabajos de investigación y tesis de grado a nivel universitario, demuestran la efectividad del Inhibidor de Síntesis de Quitina (I.S.Q.) diflubenzuron, afectando la fecundidad y la fertilidad de huevos en hembras de picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) que haya recibido un tratamiento continuo con dicho producto. Por qué razón no se ha generalizado el uso de esta nueva alternativa?

Las experiencias indican que hay un desconocimiento entre técnicos y agricultores sobre la forma como actúa este producto en una plaga tan dinámica y agresiva. Pero lo que quizás es más importante es entender que su uso debe estar ligado a un verdadero programa de Manejo Integrado, el cual en resumen debe incluir:

1. Destrucción oportuna de "socas" o plantas del cultivo anterior.
2. Control de adultos en "islas socas".
3. Establecimiento de "cultivos trampa" al iniciar las nuevas siembras.
4. Manejo Integrado de Plagas del suelo, comedores de follaje etc., previo al establecimiento del picudo, con uso de insecticidas biológicos, I.S.Q. y liberación de fauna benéfica.
5. Monitoreo del picudo en trampas con cebos de feromonas (grandlure).
6. Control del picudo en "focos" con productos adulticidas en base a malathion. Recolección de botones.
7. Iniciar aplicaciones generales de diflubenzuron (300 g i.a./ha) con niveles de daño del picudo entre el 5% y el 8% cada 7 días. Continuar con la recolección de estructuras.
8. Hacer evaluación de "Emergencia de adultos" en botones caídos y "Retención de cápsulas" en botones marcados sobre la planta.
9. Si se incrementa demasiado la población de adultos (los cuales NO son afectados por el producto) hacer una mezcla o rotar con malathion.

¹ I.A. Gerente Técnico Proficol El Carmen S.A. - A.A. 92126 Bogotá.

10. Implementar este plan a nivel zonal y/o de finca.

Experiencias a nivel comercial con un programa como el mencionado, demostraron no emergencia de adultos en cerca al 70% lo cual permitió mantener niveles bajos de la población y retención de cápsulas entre 20 y 30%, lo cual se tradujo en un incremento de los rendimientos en aproximadamente 250 kg/ha y adicionalmente, control de otras plagas como *Heliothis* y Rosado colombiano.

**SIMPOSIO
BROCA
DEL CAFETO**

16038

POLITICAS DE LA FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE

Gabriel Cadena Gómez¹

Resumen

La caficultura colombiana se destaca no sólo por la calidad del café suave, sino además porque la productividad se ha mejorado sin recurrir al empleo masivo de agroquímicos. El café, por ser una especie introducida, por años estuvo libre de plagas de importancia económica. La Federación Nacional de Cafeteros desde su fundación en 1927 ha mantenido una política preventiva en lo referente a las plagas y enfermedades presentes en otros continentes y países latinoamericanos. En 1928 Chardon, advertía a las autoridades colombianas sobre los peligros que representaba la roya y la broca del café. En 1931 el Gerente General de la Federación recomendó las medidas que se debían adoptar para evitar la introducción de la broca al país. Desde la creación de CENICAFE en 1938, las investigaciones se han conducido buscando anticiparse a los problemas fitosanitarios de manejo. Cuando la broca fue registrada en Perú se enviaron comisiones a conocer el problema in situ para establecer anticipadamente la naturaleza del daño potencial de esta plaga y trazar las estrategias de manejo. En la década de los años 70 se divulgó ampliamente no solo lo relacionado con la roya sino también con la broca. A nivel andino, se estableció y soportó económicamente un programa de prevención para evitar la rápida dispersión de la plaga y con el ICA se creó un programa de sanidad vegetal.

Cuando la broca fue registrada por primera vez en el Ecuador, se apoyó a dicho país por intermedio del Grupo Andino para disminuir los daños y su propagación.

En 1988 en colaboración con el ICA se llevó a cabo una campaña exitosa de erradicación de cafetales afectados por la broca y sustitución por otros cultivos en la zona de Tumaco.

Cuando la broca se presentó en el departamento de Nariño, se estableció una campaña de control mediante un plan integral que incluía cuarentenas, erradicación y sustitución de cafetales, investigación y apoyo económico a los caficultores.

A partir de la presencia de la broca en Nariño y Antioquia, tanto en CENICAFE como el LIQC, se iniciaron investigaciones sobre el control biológico de la plaga, con la introducción de parasitoides e investigaciones con entomopatógenos.

La política de la Federación respecto a las plagas tiene como fundamentos no solo disminuir los daños económicos que dichos problemas puedan causar a los caficultores sino además defender el sistema agroecológico cafetero a largo plazo. Se han utilizado siempre los principios de **exclusión** (cuarentenas, educación, información, capacitación de profesionales, investigación), **erradicación** (de cafetales afectados, diversificados), **control** (cultural, biológico, genético, químico e integrado) y **apoyo socioeconómico** a los caficultores (transferencia de tecnología, mercadeo, créditos, subsidios, insumos, etc.).

¹ Director Programa de Investigación Científica - FEDERACAFE

BIOLOGIA, HABITOS Y CONTROL CULTURAL DE LA BROCA DEL CAFE
Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae)

Reinaldo Cárdenas M.¹

Biología

16039

La hembra rompe el fruto por el ostiolo y después de unas cuatro horas de comenzar su labor ya ha hecho una cámara en el endospermo cerca a la epidermis. En esta cámara pone entre 20 y 25 huevos en los primeros 15 días y en total de 30 - 40 en cuatro semanas. Estos huevos incuban en siete \pm dos días, las larvas son ápodas y de mandíbulas fuertes que utilizan en el consumo de la semilla. Las larvas que serán machos mudan una sola vez antes de empupar, mientras que las hembras mudan dos veces. El período larval es de 14 \pm tres días, las larvas maduras hacen una cavidad hacia la periferia del endospermo a manera de cámara y allí se transforman en pupa.

La pupa es desnuda, de color blanco y presenta un par de cerci en la cauda. La pupa macho es más pequeña que la pupa hembra. El período pupal es de siete \pm dos días. Los primeros en emerger son los machos que miden aproximadamente 1.2 mm y las hembras \pm 1.6 mm. Inicialmente de color caramelo y dos tres días después están completamente melanizados.

La reproducción es consanguínea, la cópula ocurre dentro del fruto, cuando los adultos inician sus movimientos. Cada macho cubre nueve - diez hembras y muere dentro del fruto donde nació, pues carece de alas funcionales. La hembra puede vivir más de un año, período durante en el cual pone entre 70 y 100 huevos en varias etapas. En el laboratorio se ha observado reproducción partenogénica facultativa.

Hábitos

La broca es más activa en la oscuridad y cuando sale del fruto busca refugio en cuanto material duro o húmedo encuentra. Las condiciones deficitarias en humedad (< 60%) o saturadas (> 95%) la estimulan para que abandone ese medio.

Las poblaciones flotantes o en tránsito son apreciables hacia las 10:00 y hacia las 16:00 horas, cuando las corrientes suaves de aire contribuyen a su dispersión. Estas brocas cuando no encuentran frutos verdes se concentran en los frutos muertos o guayaba y se han encontrado hasta 200 adultos en un solo fruto seco.

Cuando la hembra rompe un fruto entre ocho y 15 semanas de edad, éste se amarillea y se seca, sin que la broca pueda reproducirse, lo cual sólo ocurre en frutos con menos del 80% de humedad; alrededor de este punto (\pm 20% de peso seco), la broca se ubica entre las

¹ CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia. A.A. 2427 Manizales.

almendras y allí pone dos, tres huevos que completan su desarrollo en un endospermo ya más evolucionado.

En frutos semiconsistentes, con más del 20% de peso seco, la hembra hace su galería en el endospermo, en la cual pone su primera camada de siete a diez huevos. El túnel y cámara presentan una coloración azul verdosa, de naturaleza desconocida, (un simbiote?). La hembra fundadora después de su período de postura se coloca en el túnel o canal de penetración en actitud defensiva de su camada.

Esta broca sólo abandona su cría en condiciones muy extremas, e incluso se observa que cuando el endospermo pierde humedad, los estados inmaduros, son expulsados por la madre.

La broca se puede reproducir y/o refugiarse en semillas de las plantas de sombrero a una tasa baja. Entre las especies vegetales registradas como hospederas de broca están: Guandul (*Cajanus cajan*), palmito (*Euterpe oleraceae*), mamoncillo (*Melicocca bijuga*) y algunas leguminosas. En frutos de guayaba, cítricos y anonáceas se han encontrado hembras de broca sin estados inmaduros.

Cuando se sacan, las brocas del fruto y se reúnen en un recipiente, tienden a formar grupos en los puntos más húmedos. En estas condiciones son agresivas y se producen mutilaciones de antenas y patas. Una broca mutilada queda incapacitada para atacar y penetrar en un fruto.

Control cultural

Su fundamento es: "cosecha oportuna y rigurosa". Las reinfestaciones provienen de los frutos no cosechados o que cayeron al suelo y que representan un 10 - 15% de la cosecha total.

Para la aplicación de este sistema de control se recomienda:

1. Llevar los registros de floración de los lotes con broca.
2. A los ocho meses, \pm 32 semanas después de la floración, iniciar la cosecha.
3. No dejar sobremadurar el fruto en los árboles.
4. Beneficiar y secar mecánicamente la cosecha de los lotes con broca.
5. Hacer un repase cuatro a cinco semanas después de terminada la cosecha, para recoger "Todos los frutos sobremaduros y secos que no se cosecharon". Deben tomarse todas las precauciones para que el repase sea efectivo.

6. La pulpa se debe dejar descomponer bien en su fosa antes de regarla en el cafetal y adoptar alguna medida que impida el retorno de las brocas que están en la pulpa al cafetal.
7. Las espumas y pasillas se deben secar en el silo o tratarlas con calor antes de sacarlas al sol. No se deben guardar húmedas.
8. Cuando se vaya a renovar un lote por zoca, se deben cosechar todos los frutos y tratarlos, antes de hacer el desrame.
9. Eliminar o renovar todos los árboles o tallos improductivos dentro del cafetal.
10. Mantener registros de la incidencia de la broca en el cafetal, ojalá cada tres semanas, que permitan la adopción de otras prácticas complementarias.

A. Biología

1. Huevo: De color blanco brillante y corion transparente, de forma cilíndrica con los polos redondeados, mide unos 0.6 x 0.3 mm, en los frutos secos el corion es gris opaco y ligeramente más grandes que en verdes. Johanneson, N.E. 7, determinó las siguientes dimensiones para huevos colectado en frutos de diferente estado de maduración.

Estado de maduración	Largo				Ancho			
	Rango		Media	SE	Rango		Media	SE
Verde	0.54	0.65	0.59	0.01 a	0.29	0.32	0.31	0.002 a
Rojo	0.50	0.68	0.60	0.01 a	0.25	0.32	0.30	0.002 a
Seco	0.61	0.79	0.71	0.01 b	0.25	0.36	0.29	0.01 a

Los datos de cada columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente para $P= 0.05$

El aumento de tamaño en los huevos de frutos secos puede deberse a la reabsorción de algunos oocitos por los huevos más viejos como consecuencia del poco alimento consumido por la hembra. Los huevos más pequeños en frutos verdes no fueron viables, mientras que todos los huevos de frutos secos fueron fértiles.

Montoya y Cárdenas 8, en trabajos de campo, encontraron que el número promedio de huevos por fruto varía con la edad del fruto y el tiempo transcurrido después de la infestación:

Edad del fruto en semanas	Días después de la infestación			
	14	21	28	35
11	0.08	0.30	0.70	1.48
14	0.99	5.88	2.31	2.40
19	5.31	7.06	5.74	6.03
24	9.23	7.53	4.59	0.73

A medida que aumenta la edad del fruto, se estimula positivamente la oogenesis y se produce un pico de postura entre la 2ª y 3ª semana de la colonización del fruto, y que llega a los 30 - 35 huevos por hembra. Después de esta primera camada la hembra entra en un período corto de descanso para reanudar la oviposición a un ritmo menor, alcanzando de 100 - 110 huevos durante su vida. La embriogénesis ocurre en 5 ± 2 días en temperaturas entre 19 y 27°C, a temperaturas menores, se prolonga significativamente. Costa y Villacorta (6), encontraron que cesa a 13.5°C y que a 15°C el desarrollo diario es tan sólo del 3.82%, a 60% de H.R y fotoperíodo de 14 horas.

Borbon 3, en estudios hechos en Togo encontró un período de embriogénesis de 16.4 ± 0.4 días a 19 ± 0.2 °C y $70 \pm 5.0\%$ H.R y de 4.6 ± 0.1 días a 28.0 ± 1.0 °C y $84.0 \pm 7.0\%$ H.R.

Larva: Es ápoda, vermiforme de color blanco crema, con el cuerpo cubierto de muchos pelos dirigidos hacia atrás, de cabeza hipognata; tórax con tres segmentos, siendo el protórax más grande que el meso y el metatórax; el abdomen con nueve segmentos, siendo el último muy reducido, pero bien definido y sin espiráculos, partes bucales bien desarrolladas y esclerotizadas, para morder y masticar. No presenta ojos simples.

El primer instar mide más o menos 0.90 mm x 0.33 mm, las que mudan a pupa son machos, mientras que las que mudan a segundo instar son hembras y miden 1.68 x 0.68 mm.

Las larvas machos viven 9.1 ± 0.25 días y las hembras 6.00 ± 0.5 días, por lo cual se tiene un período larval de 12.0 ± 3 días.

Borbon 3, encontró un período larval de 40.8 ± 14 días a 19 °C y de 11.1 ± 0.4 días a 28 °C.

Costa y Villacorta 6, encontraron una constante térmica de 256, 36° Día, para el período larval, el cual detiene su desarrollo a 9.5°C y presenta un 3.71% de evolución diaria.

Montoya y Cárdenas 8, en estudios de campo a 22°C, encontraron que el mayor número de larvas por fruto se presenta a los 21 días después de la infestación en frutos de más de 23 semanas de edad. En el laboratorio a 24°C, las primeras larvas se observaron a los ocho

días de aisladas las posturas y hacia los 24 días, un 90% de la población experimental se encontraba en estado larval.

Costa Lima 5, encontró que las larvas sufren una ecdysis a partir del cuarto día cuando son machos, para pasar al estado pupal, mientras que las larvas hembra, después de la primera muda pasan a un segundo instar que después de cinco-seis días se transforman en pupa. En 52 observaciones a 22.0°C encontró un período larval promedio de 15.5 días (12.0 - 20.0). Finalizado el período larval abandona la galería y construye su cámara pupal en la cual reposa dos-tres días, mientras ocurre su transformación a pupa.

Pupa: Es de aspecto blando o suave, de color blanco, luego desarrolla un tinte castaño, un oscurecimiento de los apéndices y las manchas oculares se hacen visibles. Es mas de tipo exarata que semiobtectata, presenta urogomphi o pseudocerci. La pupa macho mide 1.2 x 0.55, y las pupas hembras 1.68 x 0.68 mm

Según Johannesson 7, el estado pupal dura entre tres y siete días con una media de 3.93 0.14.

Según Costa Lima 5, la pupa dura entre cuatro y diez días. En observación hecha sobre 138 pupas a tres temperaturas obtuvo los siguientes resultados:

Temperatura	Duración en días			
	Min.	Max.	Media	No. Obs.
22.8	5	10	7.2	25
26.0	5	8	6.3	80
28.7	4	7	5.8	83

Costa y Villacorta 6, encontraron que el desarrollo pupal se detiene por debajo de 12.8 C, la constante térmica fue de 58.96° Día y el porcentaje de desarrollo diario fue del 9.39 a 20°C

Borbon 3, determinó un promedio de 19.1 1.7 días y 4.7 0.2 días para el estado pupal a 19.0 y 25.8°C respectivamente.

Costa Lima 5, anota que el desarrollo de *H. hampei* a tres temperaturas diferentes fue el siguiente:

Período	Temperaturas		
	19.2	22.0	27.0°C
Incubación	13.5	6.0	4.0
Larva	29.5	14.0	11.0
Prepupa	6.0	4.0	2.0
Pupa	14.0	8.0	4.0
Suma	63.0	32.0	21.0 días

Brun *et al.* 4, estudiaron la progenie de 16 hembras apareadas, criadas en dieta artificial encontrando la siguiente proporción de estados biológicos:

	Días después de colocadas las hembras en la dieta				
	20	28	41	57	70
Huevos	90	46	30	12	2 %
Larvas	10	54	62	41	12
Pupas			5	28	34
Adultos				19	52
Total de la camada	30	83	135	218	251

Montoya y Cárdenas 8, trabajando en condiciones de campo compararon la evolución de la población de broca en frutos de cuatro edades diferentes, obteniendo los siguientes resultados, al disectar 25 frutos a las dos, tres, cuatro y cinco semanas de hecha la infestación.

Edad fruto semanas	Huevos		Larvas		Pupas		Adultos	
	14	21	14	21	14	21	14	21 días
11	0.08	0.30	0	0	0	0	0	0
14	0.99	5.88	0.48	4.35	0	0	0	0
19	5.31	7.06	0.60	5.18	9	0	0	0
24	9.23	7.53	8.20	19.33	0.62	0.08	*	*

Edad fruto semanas	Huevos		Larvas		Pupas		Adultos	
	28	35	28	35	28	35	38	35 días
11	0.70	1.48	0.51	7.74	0	0	0	0
14	2.31	2.40	10.69	12.04	0.54	0.63	*	*
19	5.74	6.03	7.78	18.10	*	2.07	*	*
24	4.59	0.73	17.16	11.89	5.18	8.0	0.37	10.17

Promedio por fruto en 25 observaciones.

* No se encontraron estados biológicos en los frutos disectados.

Costa Lima 6, estudió el número de generaciones anuales en laboratorio con una población de 50 hembras, los resultados fueron:

Generación	1	2	3	4	5	6	7
Duración (días)	49	94	72	47	33	31	31
Temperatura M	30.6	27.6	32.0	32.0	31.5	30.2	32.0
m	16.0	11.0	9.0	16.5	20.0	21.0	21.02
m	23.5	20.0	21.7	23.4	24.1	25.3	6.1

Borbon 3, estudió durante 1988 en Blifou - Togo, el número de generaciones de broca en un año y obtuvo los siguientes resultados:

Generación	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	03-01	09-02	13-03	27-04	19-06	06-09	15-10	09-12
Temperatura	24.3	25.5	22.9	21.9	21.1	23.9	21.8	22.1
Días	37	32	45	53	79	39	54	51

Ticheler 10, calculó un total de 13 generaciones de broca al año, para la parte baja de Costa de Marfil donde la temperatura media fluctúa entre 23.9 y 27.7°C.

Costa y Villacorta 6, anotan, que con un modelo de acumulado térmico basado en grados días sobre 11.25 C se puede predecir el número de generaciones por año.

Adulto: Ocurrida la muda pupal emergen los adultos de color castaño claro, tornándose más oscuros, casi negros o tres días después cuando se dice que están sexualmente maduros. Su cuerpo es dorso convexo, con la cauda abdominal redonda en la hembra y

ahusada en el macho, la superficie ventral es bien plana. El macho es significativamente más pequeño que la hembra, mide 1.15 - 0.99 mm, contra 1.74 - 0.65 mm de la hembra. Los ojos del macho tienen 26 omatidias y los de la hembra 113, que es una cantidad muy baja si se compara con otros Scolytidae que tiene más de 400 omatidias, esto explicaría por qué el macho no sale a la luz y las hembras encuentran el fruto más por el olor que por la visión.

La cópula ocurre dentro del fruto, cuando el macho recién emergido busca las hembras en emergencia (desprendimiento de la exuvia pupal) para cortejarlas y una vez se desprende la muda se produce el apareamiento. La relación sexual es de un macho por nueve a diez hembras. El macho tiene las alas membranosas muy reducidas y sólo en condiciones muy extremas abandona el fruto donde nació, de manera que la reproducción de la especie es consanguínea y el cruzamiento sólo sería posible mediante la visita de hembras que nacieron en otros frutos, lo cual no ha sido observado.

Montoya y Cárdenas 8, observaron reproducción partenogénica facultativa en hembras que se confinaron en frutos perforados mecánicamente; observaciones similares fueron hechas por Muñoz 9, en Honduras. Sobre la longevidad del estado adulto existen algunas contradicciones: Johanneson 7, dice que el macho muere tan pronto ha finalizado su tarea reproductiva y la hembra poco después de haber finalizado su postura, esto ocurre a los 47.9 - 0.09 días.

Brun L. et al 4, encontraron que una hembra vivió 380 días, de una población criada en dieta artificial y Bergamin 2, registró una edad máxima en hembras de 282 días.

Costa y Villacorta 6, determinaron un total de 386.86°D para un ciclo evolutivo, con un límite mínimo de 11.25°C.

Montoya y Cárdenas 8, determinaron 240 - 248°D para una generación que se estudió a 23°C y 85.5 de H.R., tomando como límite mínimo de reproducción 16.5°C.

Hábitos: Leefmans citado por Ticheler 10, puso 30 hembras con 10 frutos negros (guayaba) 10 frutos maduros y 10 frutos verdes en 20 repeticiones y después de 24 horas contó 145 negros, 110 maduros y 95 verdes colonizados por la broca.

Ticheler colocó por 29 veces una broca con frutos rojos, amarillos y verdes. Los frutos rojos fueron preferidos 19 veces, los amarillos nueve veces y los verdes sólo tres.

Johanneson 7, anota que la broca preferiría atacar frutos verdes que le ofrecen mayor posibilidad de mantenimiento de la especie y en sus estudios hechos en laboratorio encontró que:

Las brocas son atraídas por estímulos olfatorios que son emitidos en mayor concentración por los frutos maduros. Bajo las condiciones de campo los estímulos olfatorios son más difusos y aún así ayudan a la broca a dirigirse hacia racimos de frutos.

Una vez sobre los racimos, la broca posiblemente usa de señales visuales, gustatorias y mecánicas para encontrar un fruto verde adecuado.

En experimentos con frutos secos el comportamiento de la broca fue muy errático, gastó la mayor parte del tiempo caminando sobre la superficie de vidrio, ocasionalmente caminaba sobre los frutos y volvía al recipiente. Probablemente el bajo contenido de agua (<10%) en estos frutos, los hace inatractivos para la broca.

El macho no mostró respuesta a ningún estado de maduración y se le vio caminar desprevenidamente por el fondo del recipiente. Para elegir el punto de brocación la hembra recorre el fruto hacia los extremos buscando un punto adecuado y después de siete a 12 visitas a la corona, decide empezar su tarea allí. En frutos a los cuales se les removió el pedúnculo o se les hizo alguna herida lateral se observó perforación y colonización por estos puntos.

No se encontró diferencia significativa ($P= 0.05$) en el tiempo requerido por la hembra para seleccionar el punto de penetración en frutos verdes aptos y no aptos para su reproducción, tiempo medio 0.56 0.42 y 0.78 0.18 horas, respectivamente. En los frutos maduros la broca requirió de 0.08 a 0.92 horas para ubicar el ombligo e iniciar actividades. En frutos secos la broca no mostró comportamiento de búsqueda de sitio de brocado y no se le vio en actividad.

El agujero de entrada es circular 0.65 a 0.90 mm de diámetro y es ligeramente mayor al largo de la broca. El tiempo promedio en fabricar su agujero de entrada fue de 3.08 0.36 horas para frutos verdes no aptos, 3.2 0.34 horas para frutos verdes aptos y 2.23 0.45 horas para frutos maduros. En los frutos maduros el tiempo es significativamente menor ($P= 0.05$) al de frutos verdes. Después de barrenar la pulpa se observa la broca en un período de espera o descanso cerca a la ranura que separa las dos almendras y después de cuatro a cinco horas inicia la perforación del endospermo en un sitio muy cercano a la punta de la almendra y a la ranura que presenta el endospermo. Entre la iniciación de la perforación y ubicación de la cámara de postura, transcurrieron 52.2 0.9 y 51.4 1.6 horas, para frutos verdes y maduros, respectivamente.

El tiempo transcurrido entre la iniciación del agujero en la pulpa y la postura de la primera nidada fue de 178.72 3.8 y 84.15 3.2 horas para frutos verdes y maduros respectivamente.

El hallazgo del hospedero, la selección del punto de entrada y la apertura del hueco de entrada por la hembra de *H. hampei* fue significativamente más rápido en frutos maduros que en verdes. Las cerezas secas no fueron atractivas. Los machos no respondieron a la presencia de frutos. Las hembras barrenaron en la punta del fruto donde permanecen los rudimentos florales. En el punto de entrada, la hembra muerde el fruto con las mandíbulas, moviéndolas en ambos sentidos. Las hembras removieron los detritos desde las galerías con sus patas posteriores. Estos detritos no contienen heces, lo cual hace pensar que la hembra no se alimenta mientras barrena.

Las galerías de alimentación y las cámaras de postura fueron hechas dentro del endospermo por la hembra.

Las brocas hicieron galerías durante 35 días en frutos maduros y 45 días en frutos verdes; 10 a 12 cámaras de posturas se observaron en cada fruto.

El tiempo requerido para hacer la cámara de postura y depositar el primer grupo de huevos en frutos maduros fue la mitad del necesario para frutos verdes.

Los frutos verdes de 7-9 semanas de edad son atacados por la broca a nivel de la corona, estos frutos se amarillean y se secan, con la broca allí dentro, la cual los abandona, cuando las condiciones de refugio no le son favorables o cuando se da cuenta que ya existen en el medio frutos apropiados para su reproducción, que son aquellos de más de 16 semanas de edad, con un contenido de peso seco mayor del 20%. En este punto muchas veces la broca hace una pequeña cámara entre las almendras y pone 2-3 huevos de los cuales, por lo menos uno se desarrolla normalmente. En ocasiones la broca abandona estos frutos verdes disturbada por otros organismos y en estos casos la almendra perforada se pudre.

En frutos pintones y maduros la colonización es mucho más rápida y 2-3 días después de atacados, la hembra ya ha construido la primera cámara de postura, cercana al punto de entrada, y puesto los primeros huevos. Después de 2-3 semanas la hembra ha puesto unos 20-25 huevos que cuida con esmero y dedicación, en ocasiones si sitúa en el canal de penetración para impedir la entrada de intrusos. A nivel de la cámara de postura aparece una coloración verde azulosa, atribuida a algún agente "simbionte" que le facilita el metabolismo de los polisacáridos y otros compuestos complejos.

Las larvas se alimentan del endospermo, avanzando hacia la parte central, generalmente en grupo, cuando han completado su desarrollo se ubican cerca a la periferia y sobre el tejido ya deshecho hacen una cámara en la cual empupan, de manera que en un espacio muy reducido se encuentra toda una camada. Cuando la población ha colonizado menos del 20% de los frutos del cafetal, sólo se encuentra una broca por fruto, que desarrolla hasta dos generaciones antes de la cosecha, atacando sólo una semilla por fruto, pero cuando la población es alta se encuentran dos y más agujeros por fruto y ambas semillas son colonizadas. En los frutos brocados que caen antes y durante la cosecha, los estados biológicos continúan su evolución y los adultos los abandonan cuando se pudren o entran en germinación y en ocasiones permanecen brocas refugiadas en los cotiledones que penden de las hojuelas.

En los días soleados después de aguaceros nocturnos, se observan las brocas volar en los cafetales, después de las 10 horas y en la tarde se ven las hembras colonizando los frutos. Todo parece indicar que una hembra después que se ha establecido en un fruto no lo abandona, sino por molestia de otros competidores o inutilización de espacio de cría.

Baker *et al* 1, en un estudio de los factores que afectan la emergencia de los adultos encontraron que las bajas humedades relativas (< 60%) a 25°C provocaron una rápida

evacuación de los adultos. La emergencia fue mínima a 90 de H.R. Un aumento súbito en emergencia ocurrió entre 90 y 100% de H.R., pero por debajo de 20°C disminuyó la emergencia y aumentó notoriamente entre 20 y 25°C. No ocurrió un incremento significativo en la emergencia, por encima de 25°C.

La broca sólo se reproduce normalmente en su hospedero primario, que son las especies del género *Coffea*, pero se han encontrado adultos con unos pocos estados biológicos en:

Guandul *Cajanus cajan* L.
 Palmito *Euterpe oleraceae*
 Mamoncillo *Melicoca bijuga*
 Níspero *Eriobothrya japonica* Lindley
 Leguminosa *Dialium lacourtianum*

Se observa que durante su dispersión, cuando el ambiente está muy caluroso, el insecto busca refugio en todo tipo de semilla, como defensa a la pérdida de agua.

Control cultural: Las prácticas de control cultural están sustentadas en las labores orientadas a minimizar la disponibilidad de alimento y refugio y a modificar todas aquellas condiciones del medio que le son favorables para su reproducción. En este orden de ideas todas las actividades relacionadas con destrucción de residuos, eliminación de frutos donde puede reproducirse la broca poscosecha y las podas y raleos que regulen la humedad en el cafetal son de necesaria adopción, si se desea producir café de tipo exportación. CENICAFE (1992) estudió las pérdidas de cosecha en un cafetal al sol (zoca de seis años) con los siguientes resultados:

Año	Cosecha Kg	Repase	Repela	Total	% perdido
1987	4.456	197	174	371	7.68
1988	5.022	302	276	578	9.63
1989	3.165	181	186	367	10.39
1990	3.224	122	154	276	7.88

En Brasil se condujo un trabajo para medir cuál era el efecto del repase y la repela en el daño causado por la broca y se encontró que la práctica de repase y repela fue más eficiente que la repela y la repela más eficiente que el repase

Repela: Recogida de los frutos que caen después de la cosecha.

Repase: Cosecha de los frutos del árbol que no fueron cosechados.

En Kenya para disminuir los niveles de infestación por broca se recomienda a los productores las siguientes labores:

Mantener los cafetos podados evitando el exceso de sombrero.

Remover y destruir todos los granos secos que se encuentran en el árbol y en el suelo.

Secar rápida y adecuadamente, para evitar la reproducción del insecto en café almacenado.

En los países mesoamericanos se recomiendan como prácticas culturales para disminuir las poblaciones de broca, realizar las siguientes labores:

1. Repase y repela de los frutos del árbol y del suelo.
2. Podas, descope y entresacas.
3. Control de malezas para facilitar la repela.
4. Fertilización para regular las floraciones.
5. Siembra de variedades de floraciones uniformes.

En trabajos realizados por el Instituto Francés de Café y Cacao en Camerún (1972) se encontró que: la infestación por broca es más alta en cafetales industriales que en los familiares, aunque en los primeros se apliquen insecticidas, esto se explica porque en las plantaciones familiares se hacen las cosechas y repases con más cuidado y las prácticas culturales son de más trascendencia que el control químico.

Estudios hechos en Africa Central demostraron que la cosecha de cada dos semanas en comparación con la cosecha tradicional produjo una reducción significativa en la cantidad de frutos caídos y una disminución considerable en el ataque de broca.

Recién encontrada la broca en cafetales de la selva central Peruana se dieron como recomendaciones para el control cultural:

1. Evitar mucho sombrero en el cafetal.
2. Repase o raspa riguroso después de la cosecha del árbol y del suelo.
3. Cosecha de los primeros frutos atacados en la etapa de fructificación.
4. Beneficio inmediato de los frutos cosechados.
5. Usar costales de lona en vez de fique.

En Guatemala se estudió la rentabilidad del control cultural en cafetales de variedad Caturra y Típica de 10 y 20 años de edad, obteniéndose unos ingresos por cuadra de cafetal de 56, 86 y 4 Quetzales respectivamente, después de haber descontado el costo del repase y la repela.

En Salvador se estudió la efectividad del control manual y químico en parcelas de 0.5 ha de cafetal con broca.

Tratamientos comparados

A-	Repase + repela	ab	(seis jornales)
B-	Repase + repela + químico	a	
C-	Químico	c	(una aplicación)
D-	Químico	ab	(dos aplicaciones)
E-	Testigo	d	

Los tratamientos con la misma letra no difieren significativa mente. Con el producido del repase y la repela se pagaron los jornales.

Los métodos de control cultural son ventajosos porque son efectivos, baratos, no crean resistencia y no contaminan el medio ambiente, pero tienen la desventaja de que no producen efectos inmediatos y para mostrar su bondad se necesita llevar registros y hacer comparaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. ✓ BAKER, P.S., LEY C., BALBUENA, R. y BARRERA, J.F. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. Bull of Ent. Res. (1992) 82, 145-150.
2. BERGAMIN, J. Contribuicao para o conhecimento da biologia da broca do cafe *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col: Ipidae) Arquivos do Instituto Biologico (1943) 14, 31-72.
3. BORBON, M.O. Bioecologie D'un ravageur des bais de cafeier *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae) et des ses parasitoides au Togo. These du doctorat de L'universite Paul-Sabatier de Toulouse 185 p. 1989.
4. BRUN L.O.; GAUDICHON, V. WIGLEY P.J. An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) Insect Sciences (1993) In prensa.
5. COSTA LIMA DA. Insectos do brasil, Tomo 10 Coleopteros. Escola Nal. de Agronomia. Serie didactica No.12. 1956:308-338
6. COSTA, T.C.S.; VILLACORTA, A. Modelo acumulativo para *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) com base em suas exigencias termicas. Ann. Soc. Ent. Brasil (1989) 18, 91-99.
7. JOHANNESON, N.E. The external morfology and life cycle of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in Jamaica. Thesis Dept. of Zoology U. of West 1992, 235 p.
8. MONTOYA, S.A.; CARDENAS, R. Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de diferentes edades. Cenicafé (1993). En prensa.
9. MUÑOZ, R. Ciclo biológico y reproducción partenogenetica de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferr.). Turrialba (1989) 39, 415-421.
10. TICHELER, J.H.G. Estudio analítico de la epidemiología del escolitido de los granos de café *Stephanoderes hampei* Ferr. en Costa de Marfil. Cenicafé (1963) 14, 223-294. (Traducción G. Quiceno H.).

Jaime Orozco Hoyos¹

Resumen

El primer intento para controlar la broca del café *Hypothenemus hampei* mediante el uso de parasitoides, fue realizado en Brasil en 1929. Después de esta fecha también en otros países se ha tratado de introducir las avispidas por ejemplo en Perú (1962), Ecuador (1987), México (1988), Guatemala, Salvador y Honduras (1990).

En Colombia la investigación con parasitoides para el control de la broca se inició en 1989, con el envío desde Inglaterra y Ecuador de algunos ejemplares de *Prorops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem. Para la cría de estos insectos benéficos se cuenta con cuatro Unidades de Cría (laboratorios), localizados en Nariño, Antioquia, Huila y Caldas.

A través de cuatro años de investigación se ha podido desarrollar una metodología que permite una producción a mediana escala y se está trabajando actualmente en la masificación del proceso.

Para la multiplicación de la broca se empezó trabajando con grano cereza. Actualmente ésta se realiza sobre grano pergamino húmedo (del 40-45% humedad).

Los recipientes más usados para el brocado consisten en frascos confiteros y cajas plásticas. Sin embargo, se están probando bandejas plásticas y metálicas con buenas perspectivas hasta el momento.

Los colectores de broca y los parasitoides están plenamente evaluados. Con respecto a las crías rurales se vienen adelantando investigaciones. Los primeros resultados a este respecto son promisorios.

Introducción

En 1929, pocos años después de descubrirse la broca en el Brasil, el Instituto Biológico de Sao Paulo importó algunos ejemplares del parasitoide *Prorops nasuta* W. directamente desde Africa. Este betfido fue llamado "Avispa de Uganda" y fue criado y multiplicado en laboratorio para ser liberado en las áreas cafetaleras infestadas con broca.

Debido a las dificultades de la crianza artificial de la broca durante los meses sin producción de café, el descubrimiento y uso masivo de los insecticidas organoclorados etc. se determinó abandonar la lucha biológica en Brasil al terminar la segunda guerra mundial.

¹ CENICAFE, Chinchiná, Caldas. A.A. 2427, Manizales.

En el Perú se introdujo *P. nasuta* en 1962 poco después de haber comprobado la presencia de la broca en este país.

Entre marzo de 1987 y marzo de 1988 con la cooperación del Instituto Internacional de Control Biológico IIBC de Inglaterra, se recibieron en el Ecuador 60 adultos y 210 cocones de *Prorops* y 57 adultos de *Cephalonomia*, los cuales se distribuyeron a Loja y a la Estación Experimental del INIAP en Pichilingue.

En México, el Centro de Investigaciones Ecológicas del Suroeste CIES, ha realizado labores relativas a la introducción, multiplicación y liberación de los parasitoides *P. nasuta* y *C. stephanoderis* desde mayo de 1988.

El uso de parasitoides para el control biológico clásico de la broca del café en mesoamérica, se inició en mayo de 1990 con ejemplares de *Cephalonomia* enviados desde México CIES a Guatemala (Asociación Nacional del Café), Honduras (Instituto Hondureño del Café) y Salvador (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café), un total de 1.214 ejemplares fueron enviados.

En Colombia la investigación con parasitoides para el control de la broca se inició en 1989, con el envío desde Ecuador de algunos ejemplares de la "avisquita de Costa de Marfil" *Cephalonomia stephanoderis* Betrem. Posteriormente a través de un convenio con el IIBC, la ODA y el Gobierno Británico, se pudieron introducir a partir de 1990, las avisquitas *P. nasuta*, *C. stephanoderis* y *Phymastichus coffea*.

Para la cría de las avisquitas en Colombia se cuenta con cuatro Unidades de Cría (laboratorios) localizados en Sandoná (Nariño), Garzón (Huila), Medellín (Antioquia) y Chinchiná (Caldas), cuya finalidad es proporcionar especímenes para su liberación en el campo.

Cuadro 1. Introducción de los parasitoides de la broca del café *H. hampei* a Colombia.

Especie	Procedencia	Fecha introduc.	Recibido	
			Grano	Adulto
<i>Cephalonomia stephanoderis</i>	Ecuador	Dic. 16-89	48	-
	Ecuador	Abril 5-90	40	-
	Inglaterra	Mayo 8 Ag. 22-90	-	415
<i>Prorops nasuta</i>	Ecuador	Dic. 7-90	300	-
	Inglaterra	Julio 23-90	6	3
	Inglaterra	Nov. 7-90	-	84
		Dic. 28-90		
<i>Phymastichus coffea</i>	Inglaterra	Junio 12-91	144	-
	Inglaterra	Sept. 28-91	57	-

La producción de *C. stephanoderis* en estos cuatro lugares desde enero hasta septiembre de 1992 fue de 2.481.700 y la de *P. nasuta* al final del mismo año era de 312.000 granos parasitados.

La introducción exitosa en Colombia de los parasitoides para el control de la broca ha permitido que se desarrolle una metodología de cría con la cual pueda asegurarse su producción masiva.

Desarrollo de la metodología para la cría de la broca y sus parasitoides en Colombia

Inicialmente las colonias de broca se mantuvieron en café cereza colectado de campo cuando se encontraba pintón, siguiendo la metodología empleada en Ecuador y México por Delgado y Sotomayor (1990), Cisneros y Tandazo (1990) y Barrera *et al* (1990) y por otros investigadores en Inglaterra, pero debido a su alta contaminación con ácaros y hongos mucho material se perdía a pesar de los tratamientos que se llevaban a cabo con acaricidas y fungicidas.

Con tal observación se decidió estudiar otros tipos de café para criar la broca, tales como café pergamino y café trillado, los cuales se remojaron en agua y se dejaron secar por unas horas a la sombra. El café trillado se descartó por la gran proliferación de hongos y la no preferencia de la broca. Actualmente se usa para la cría de la broca el grano pergamino recién lavado escurrido de agua y seco a la sombra, hasta alcanzar 40% de humedad.

Colección de la broca

Las primeras cajas de emergencia de la broca consistían en unos cajones de madera con frascos colectores en su parte basal o lateral (Figura 1 y 2). Se han estudiado también canecas con la base transformada en cono (Figura 3) portando un tarro plástico donde se colectan los insectos adultos y finalmente se está trabajando con unos colectores para producción masiva (Figura 4) consistente en un cajón de madera con 25 bandejas, las cuales pueden albergar 2 kg de café pergamino brocado cada una, para una capacidad de 1'900.000 brocas emergidas por mes.

Brocado

Este nombre se le da al proceso de colocar la broca adulta sobre el grano pergamino, para ello se utilizan cajas plásticas de 22 x 15 x 6 cm, para brocar 300 granos porrones de vidrio de un galón de capacidad en los cuales se pueden brocar 1.500 granos y últimamente se vienen realizando pruebas con bandejas de madera con el fondo en lámina galvanizada y en madera con capacidad para 3000 granos.

El proceso de brocado se cumple en un cuarto oscuro, donde permanece el grano por espacio de 10-12 días, al cabo de las cuales se limpia el grano y se lleva a un cuarto llamado de desarrollo.

Cuarto de desarrollo del grano

En este cuarto se lleva a cabo el proceso de maduración de los diferentes estados biológicos de la broca, para lo cual el grano proveniente del cuarto de cría se coloca sobre bandejas de madera con fondo en malla y éstas a su vez en un armario con ventilación por todos sus lados. También se han utilizado otros métodos para el desarrollo del grano, por ejemplo cajas plásticas de 22 x 12 x 7 cm cerradas con ventilación lateral cubierta con tela (muselina) y armarios de madera con ventilación frontal mediante el uso de tela (muselina) que permite el intercambio del aire. En el primer caso el grano permanece húmedo por más tiempo con respecto a las bandejas, pero en caso de contaminación por hongos y ácaros, todo el material debe ser descartado. En el segundo caso, cuando las temperaturas y la humedad relativa son muy altas (27°C y 90% HR o más), la expulsión de estados inmaduros desde el interior del grano brocado, reduce considerablemente la calidad del grano para parasitación.

Parasitación

La selección del grano para la avispa se hace por observación del estereomicroscopio. Cuando se observan las primeras pupas se consideran convenientes para la avispa, lo cual se logra entre 25 y 32 días a temperaturas de 27 a 22°C.

La parasitación se realiza en frascos de conserva con tapa ventilada con muselina o en cajas plásticas pequeñas con ventilación lateral. Este material con el grano seleccionado y los parasitoides, se deja en un cuarto oscuro por 25 días, al cabo de los cuales se llevan a un cuarto de emergencia.

Cuarto de emergencia

La emergencia de las avispitas se logra mediante el uso de cámaras de emergencia que consisten en un cajón de madera (Figura 5), con el frente cubierto de tela negra (Figura 6) y en la base con un cono de acrílico terminado en un frasco de rollo de fotografía, donde se colectan los parasitoides o también el mismo cajón puede llevar un par de frascos bomboneros en su base.

De esta forma obtenemos las avispas, las cuales se utilizan para el pie de cría en el laboratorio o para liberaciones en el campo.

Control de calidad

El control de calidad del material biológico del laboratorio es esencial para lograr un buen resultado en la multiplicación de los parasitoides, los principales problemas en las unidades de cría son:

Acaros contaminantes de la familia Acaridae:

Cosmoglyphus oudemansi (Zachyatkina) y *Tyrophagus putrescentiae* (Scharank).

Familia Anoetidae: no determinado

Familia Uropodidae: género y especie no determinados

Otros ácaros encontrados en las crías pertenecen a las familias: Laelapidae: *Androlaelaps* sp. cerca *zuluensis* Zumpt.

Familia Histiotomatidae: género y especie no determinados

Familia Ascidae: *Proctolaelaps bickleyi* (Bram).

Otros contaminantes son los hongos pertenecientes a los géneros *Beauveria bassiana*, *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp.

Como medidas preventivas, están la limpieza permanente de la unidad, limpieza general de la unidad una vez por semana y desinfección, revisión periódica de los granos en cada uno de los estados de desarrollo de la broca o el parasitoide para observar contaminantes y adicionalmente población de broca o avispa. Estas medidas deben llevarse a cabo rigurosamente y en los tiempos señalados.

Cría rural de parasitoides

Los estudios sobre cría rural de parasitoides se llevan a cabo en fincas de los departamentos de Risaralda, Valle, Caldas y Huila. Existen dos metodologías: la primera es la cría de avispias usando grano brocado de campo, obtenido en la misma finca. Este se despulpa, se deja 16 horas en fermentación, se lava y se escurre el agua. Posteriormente se selecciona aquel grano, en el cual se observa a través del pergamino, la mitad de la almendra deteriorada y además las cámaras pupales o larvas desarrolladas de la broca.

Algunos de los resultados obtenidos son los siguientes:

Producción de parasitoides en finca con grano brocado de campo

	No. grano brocado	Avispas	A. emergidas	Relación avispa:grano
Huila	487 720	487 720	2.459 1.805	5:1 2.51:1
La Selvita (Risaralda)	4.000	3.500	15.000	4.29:1
Marsella (Risaralda)	1.200	1.100	3.800	3.45:1
CENICAFE	800	700	2.480	3.54:1

La segunda metodología de cría consiste en el uso de jaulas de malla con las cuales se encierra un cafeto. Este puede estar infestado con broca o de lo contrario es necesario realizar la infestación para liberar posteriormente las avispas. En ambos casos a los 25 días de la liberación se colectan los granos y se secan a la sombra. Una parte de ellos se lleva a los lotes con más broca y la restante se coloca en otro árbol brocado encerrado con la jaula.

Actualmente se está llevando este proceso de cría rural de parasitoides en 23 fincas, distribuidas así; tres en Risaralda, ocho en el Valle del Cauca, nueve en el Huila y tres en Nariño, a las cuales se les ha proporcionado 81.080 parasitoides.

Liberación de parasitoides en el campo

Durante el transcurso de 1992 se liberaron 465.098 *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y 33.500 *Prorops nasuta* Waterston.

Los resultados muestran que los parasitoides se establecen en las fincas donde se liberan y sus niveles de parasitismo se incrementan después de las liberaciones a medida que pasa el tiempo. Para obtener niveles altos de parasitismo, se deben realizar liberaciones masivas del parasitoide.

Existe una tendencia en la disminución del parasitismo a medida que se incrementa la altitud de las fincas, lo que está relacionado con la temperatura.

Estudios realizados sobre el impacto de las liberaciones masivas del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* sobre las poblaciones de broca en condiciones de campo, mostraron que con infestaciones del 98%, el nivel de parasitismo alcanzó 65%.

Investigación adelantada

Las investigaciones llevadas a cabo sobre el proceso de cría de la broca y sus parasitoides, se detallan a continuación:

- Cuantificación de estados de desarrollo de la broca, de acuerdo con el tiempo de brocado.
- Eficiencia de parasitación de *C. stephanoderis* en café pergamino dependiendo del número de días de brocado.
- Eficiencia de parasitación de *P. nasuta* en café pergamino dependiendo del número de días de brocado.
- Método de selección del pergamino en edad de parasitación.
- Biología y hábitos de la broca.

- **Biología y hábitos de los parasitoides.**
- Efecto de los acaricidas sobre los ácaros contaminantes de las crías de la broca y de sus parasitoides.
- Efecto de algunos de los insecticidas sobre el parasitoide *C. stephanoderis*.
- Desarrollo de metodologías para crías rurales.
- Liberación de parasitoides en fincas.
- Impacto de los parasitoides sobre la broca.

Estudios sobre:

- Recipientes para el proceso de brocado.
- Armarios colectores de broca.
- Desarrollo de grano en armarios.
- Porcentaje de humedad del grano pergamino brocado a través del tiempo.
- Efecto de los acaricidas sobre la broca y el porcentaje de brocado.
- Ciclo de vida de *C. stephanoderis* en laboratorio.
- Toxicidad del endosulfan 0.7 cc/árbol sobre *C. stephanoderis*.
- Infestación del café pergamino seco de agua, usando varias relaciones de broca/grano.

Investigación propuesta:

- Efecto de insecticidas sobre *C. stephanoderis* a nivel de campo.
- Efecto del hongo *Beauveria bassiana* sobre *C. stephanoderis* a nivel de campo.
- Estudios de la bioecología de *Prorops nasuta* y *C. stephanoderis*.
- Uso de los parasitoides de la broca en un sistema de manejo integrado de la plaga.
- Estudios sobre eficiencia del brocado y la parasitación en las unidades de cría de los parasitoides para el control de broca.
- Estudios sobre control de ácaros en las crías de parasitoides.

- Estudios sobre la interacción de las avispidas *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis*.
- Introducción, cría, liberación y evaluación del parasitoide *Phymastichus coffea*.
- Estudios sobre la relación grano:avispa y la eficiencia en la parasitación en laboratorio.

Capacitación

Durante los meses de marzo, abril y mayo/93 se ha dado capacitación en la Unidad de Cría de parasitoides en Chinchiná, a 90 personas pertenecientes a 27 grupos diferentes entre los cuales están Universidades, Asociaciones de Agrónomos, Comités de Cafeteros, productores de insumos biológicos y particulares. El objetivo fundamental de esta capacitación es el ofrecer y enseñar la metodología existente y con ello buscar que la empresa privada, especialmente, se vincule a la producción y proporcione en forma comercial este insumo biológico.

Conclusión

El control biológico de la broca en Colombia mediante el uso de parasitoides de origen africano, se plantea como una alternativa más para el control de esta plaga.

Los resultados sobre el efecto controlador de estas avispidas ha sido comprobado en experimentos de laboratorio y campo. Su multiplicación masiva es posible mediante el uso de la metodología existente, desarrollada en la unidad de cría en Sandoná (Nariño) y adaptada para cría masal en CENICAFE, Chinchiná. Actualmente Colombia cuenta con el pie de cría de parasitoides de broca más grande del mundo, lo cual nos permitirá en el futuro y con la competencia de la empresa privada una multiplicación masiva de las avispidas y por consiguiente una disponibilidad mayor de ellas para liberarlas a incorporarlas dentro del programa de manejo integrado de la broca.

Los estudios bioecológicos serán llevados a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones del Café, y los resultados serán publicados y transferidos a nivel de campo.

Finalmente, las metas en cuanto a la producción de parasitoides, en las cuatro unidades de cría de CENICAFE, serán de 10.000.00 mensualmente, las cuales van a ser liberadas en algunas fincas donde se lleve a cabo manejo integrado de la broca.

El uso de los parasitoides es una alternativa y no la solución al problema y su disponibilidad será cierta a partir de 1994.

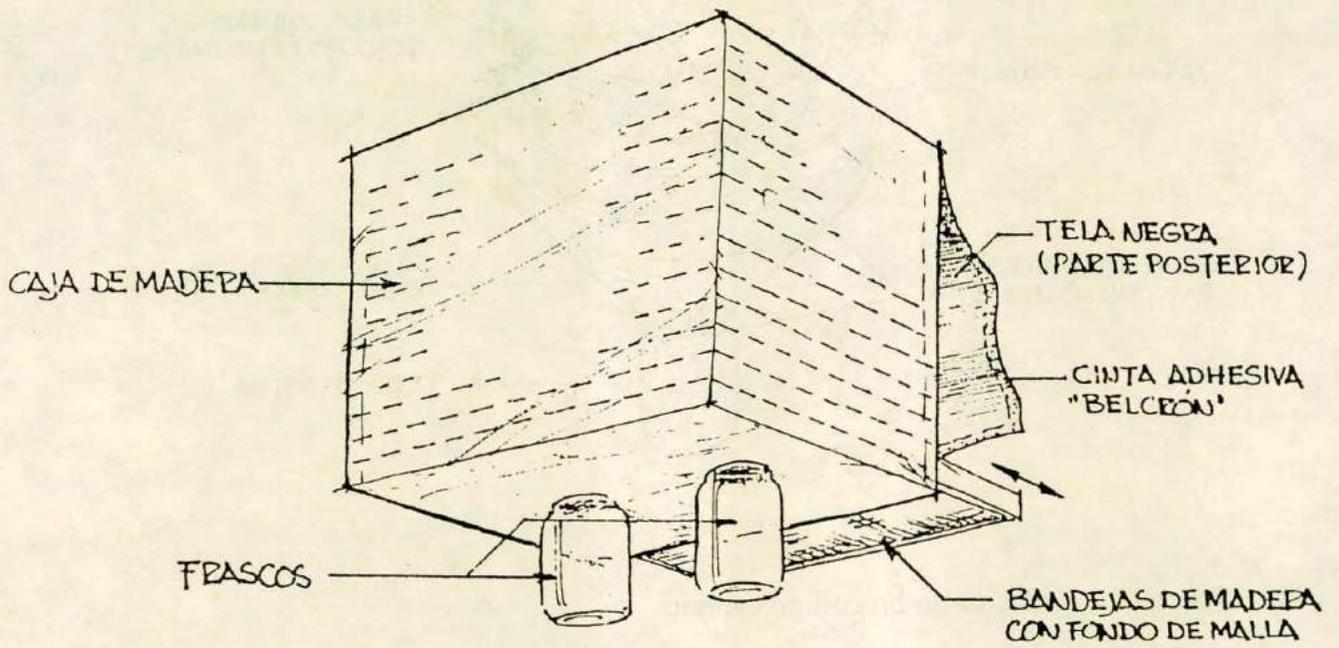


Figura 1. Colector de broca con salida basal.

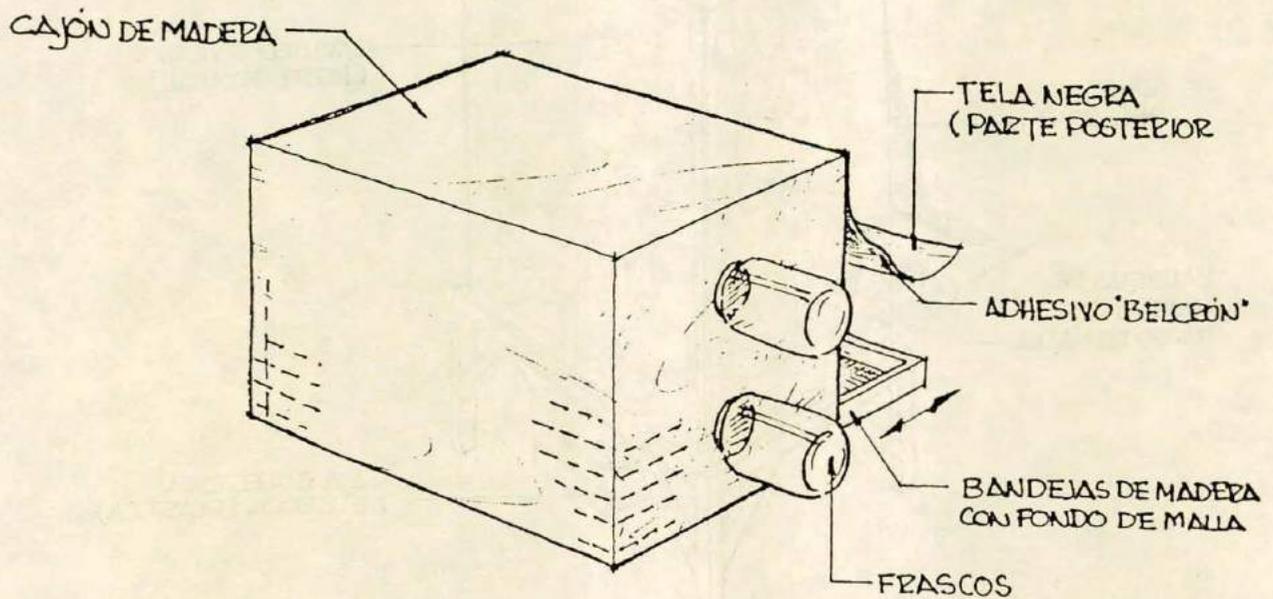


Figura 2. Colector de broca con salida lateral.

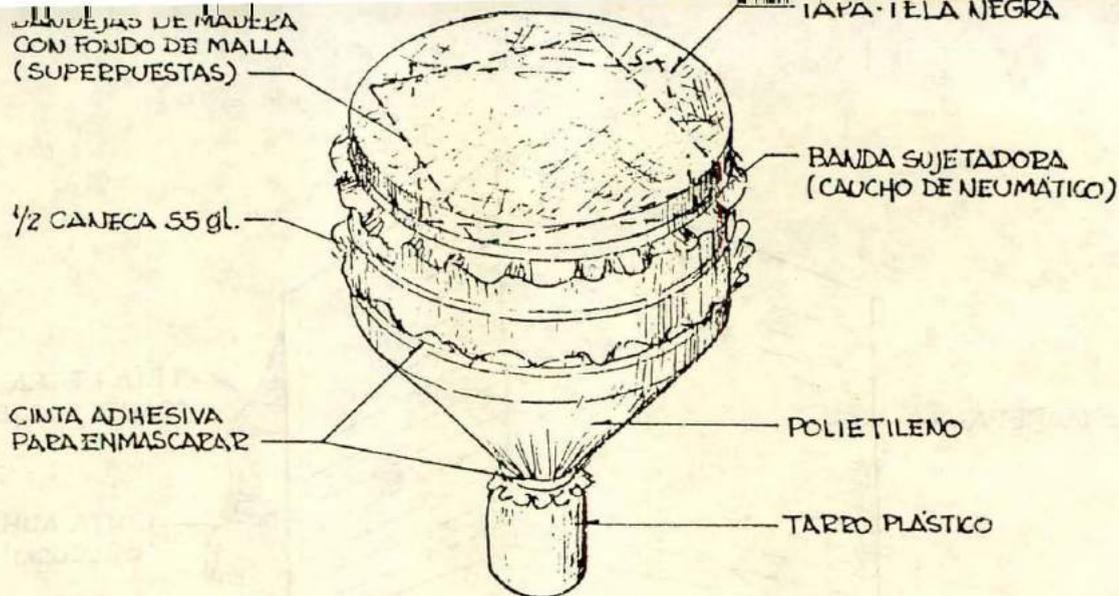


Figura 3. Colector de broca tipo caneca.

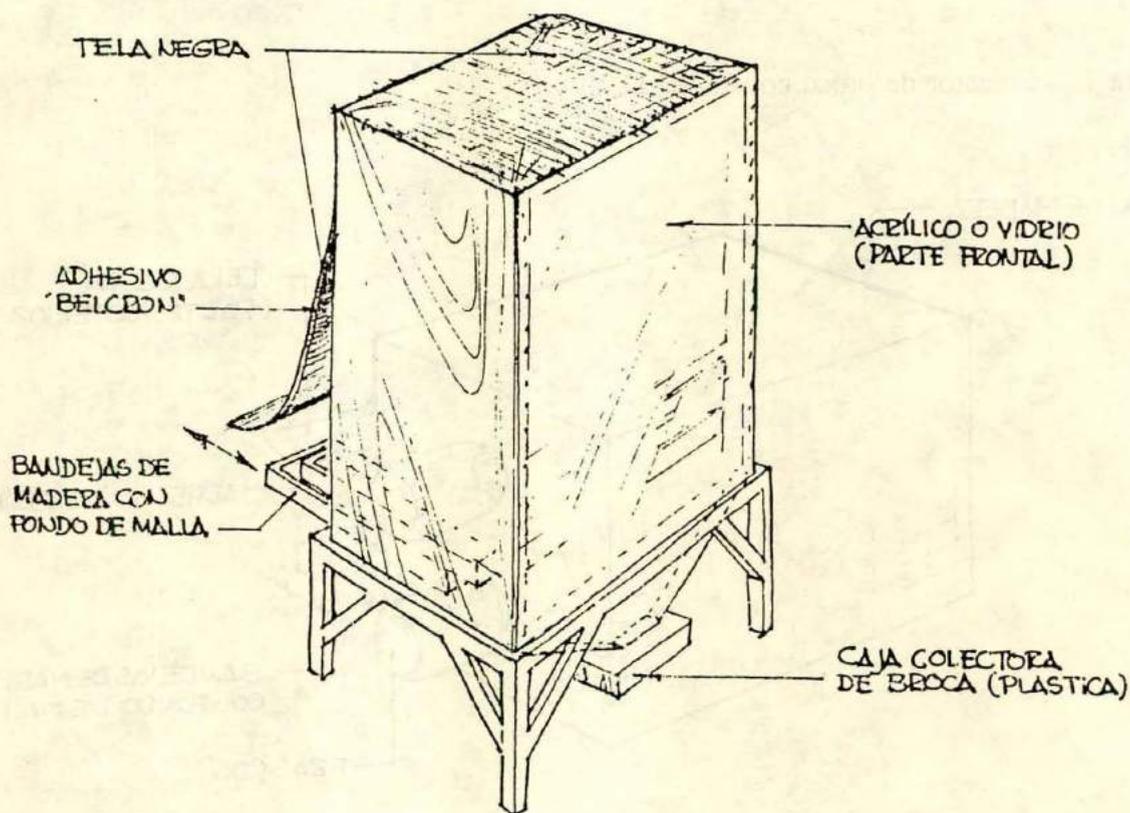


Figura 4. Colector de broca tipo sarcófago.

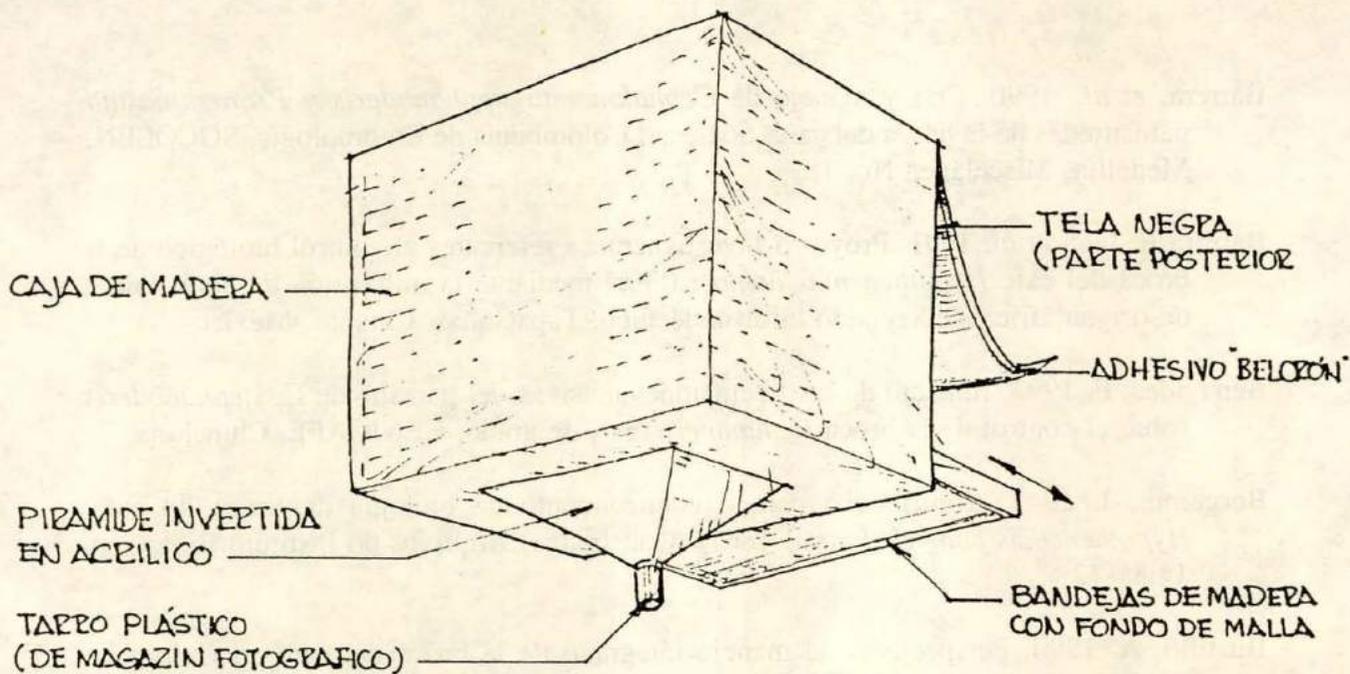


Figura 5. Cajón para emergencia de avispa con salida en pirámide.

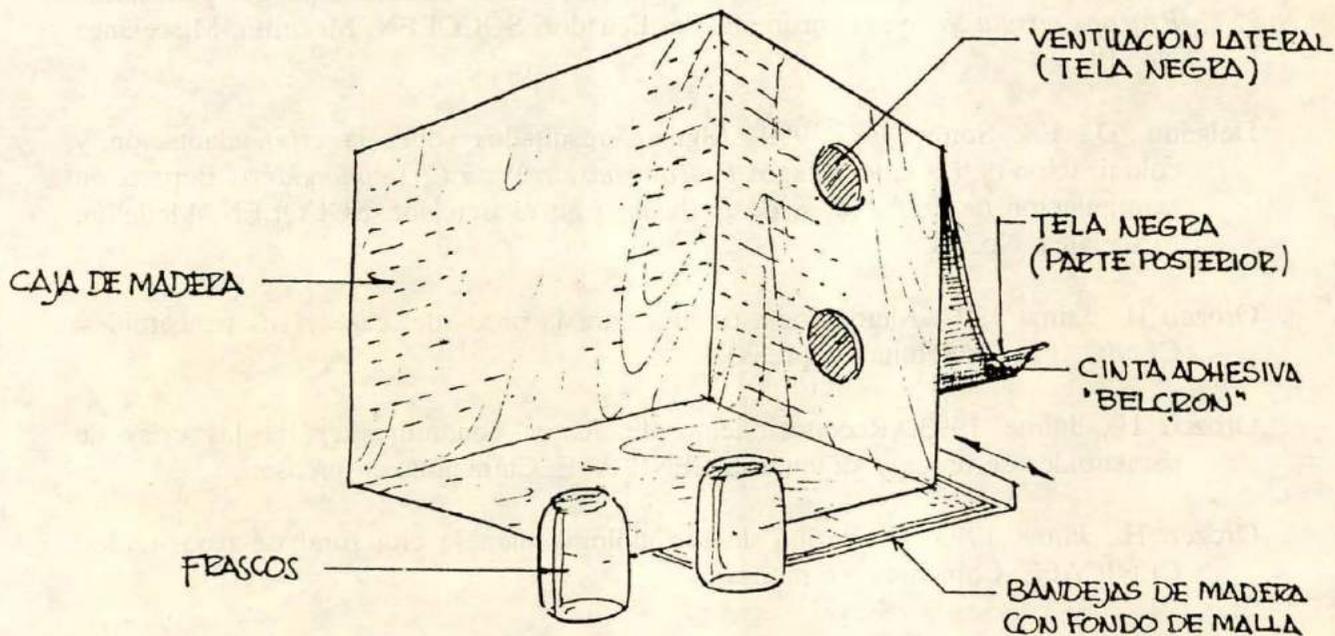


Figura 6. Cajón para emergencia de avispa con salida a frascos bomboneros.

BIBLIOGRAFIA

- Barrera, *et al.*, 1990. Cría y manejo de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* parasitoides de la broca del café. Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, Medellín, Miscelánea No. 18.
- Barrera F. Juan *et al.* 1991. Proyecto Investigaciones referentes al control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferr) mediante la utilización de parasitoides de origen africano. Segundo informe técnico. Tapachulas, Chiapas, México.
- Benavides, P. 1993. Impacto de las liberaciones masivas del parasitoide *C. stephanoderis* sobre el control de la broca *H. hampei*. Tesis de grado. CENICAFE, Chinchiná.
- Bergamin, J. 1943. Contribucao para o conhecimento da biologia da broca do cafe, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Col: Ipidae) Arquivos do Instituto Biologico, 14:31-72.
- Bustillo, A. 1990. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café en Colombia. SOCOLEN, Medellín, Miscelánea No. 18.
- Bustillo, A. 1991. Estado actual de las investigaciones con parasitoides para el control de la broca en Colombia. Informe de actividades, CENICAFE, Chinchiná.
- Cisneros, P. y A. Tandazo. 1990. Evidencias sobre el establecimiento del parasitoide *Prorops nasuta* W. en el suroriente del Ecuador. SOCOLEN, Medellín, Miscelánea No. 18.
- Delgado, D., E.I. Sotomayor. 1990. Algunos resultados sobre la cría, adaptación y colonización de los entomófagos *Prorops nasuta* W. y *C. stephanoderis* Betrem, en la regulación de poblaciones de *H. hampei* en el Ecuador. SOCOLEN, Medellín, Miscelánea No. 18.
- Orozco H., Jaime 1993. Metodología de cría para la broca del café y sus parasitoides. CENICAFE, Chinchiná, en prensa.
- Orozco H., Jaime 1993. Reconocimiento de ácaros contaminantes de las crías de parasitoides de broca y su control. CENICAFE, Chinchiná, en prensa.
- Orozco H., Jaime 1993. Desarrollo de metodología para la cría rural de parasitoides. CENICAFE, Chinchiná, en prensa.

16041

CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) CON HONGOS

Francisco J. Posada F.¹

Resumen

Entre los enemigos naturales de la broca del café los hongos entomopatógenos, se han conocido como factores permanentes de mortalidad dado que la relación patógeno-insecto ocurre en un agroecosistema perenne en el cual las condiciones de temperatura, y humedad relativa favorecen el ataque de los hongos.

La broca del café en Colombia es atacada naturalmente por los hongos *Beuveria bassiana* (Balsamo) Vuilleman e *Hirsutella eleutheratorum* (Nees ex Gray) Petch y en condiciones de laboratorio y campo se ha inducido el ataque de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin y *B. brongniartii* (Sacc) Petch.

CENICAFE está desarrollando un programa de investigación con los hongos entomopatógenos de la broca del café que comprende el aislamiento y mantenimiento de un cepario, realización de pruebas de patogenicidad, selección y evaluación de métodos de producción, evaluación de métodos de aplicación y eficiencia en campo, compatibilidad con plaguicidas y seguridad a la fauna benéfica con el objetivo final de producir un bioinsecticida.

Actualmente en Colombia en toda el área afectada por la broca del café se está aplicando el hongo *B. bassiana* producido por los caficultores en sus propias fincas y de formulaciones industriales, con el fin de: 1) establecerlo como un factor de mortalidad permanente y 2) emplearlo como bioinsecticida para el control de broca.

Introducción

Los hongos entomopatógenos básicamente han sido considerados sólo como enemigos naturales que regulan las poblaciones de las plagas y todavía con ninguno se ha demostrado ningún caso de control biológico clásico.

Entre los enemigos naturales de la broca del café los hongos entomopatógenos se han reconocido como factores permanentes de mortalidad, dado que la relación insecto-patógeno ocurre en condiciones de un ecosistema perenne en el que las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad favorecen el ataque del hongo.

La broca del café en Colombia es atacada naturalmente en campo por los hongos *Beuveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin e *Hirsutella eleutheratorum* (Nees, ex Grag) Petch y en

¹ CENICAFE, Chinchiná, Caldas. A.A. 2427 Manizales.

condiciones de laboratorio y campo se ha inducido el ataque de *Metarhizium anisopliae* (Mech.) Sorokin y *B. brongniartii* (Sacc.) Petch.

CENICAFE tiene un programa de investigación con los hongos entomopatógenos a la broca del café que comprende el aislamiento y colección en el cepario, la realización de pruebas de patogenicidad, selección y evaluación de métodos de producción, evaluación de los métodos de aplicación y eficiencia en campo, compatibilidad con plaguicidas y seguridad a la fauna benéfica con el objetivo final de producir un bioinsecticida.

La profundización en el conocimiento de estos aspectos ha tenido por objetivo soportar la producción de bioinsecticidas, a partir de los hongos entomopatógenos que atacan a la broca.

A continuación se presenta la información desarrollada por CENICAFE hasta la fecha sobre los hongos entomopatógenos que atacan la broca y se están empleando en su programa de manejo integrado.

1. *Hirsutella eleutheratorum* (Nees ex Gray) Petch.

H. eleutheratorum es una especie sobre la que existe muy poca información. Es sinónimo *Isaria eleutheratorum* Pat. y *H. entomophila* Pat.. Se ha reconocido como parásito de coleopteros en Ecuador, Norte América, Australia y Europa.

En Colombia se registró por primera vez en 1992 atacando adultos de la broca en Pereira (Risaralda) y fue identificada por Harry Evans del IIBC de Inglaterra. Posteriormente en esta misma región se encontró atacando, sobre árboles de café, una especie de hormiga (Hymenoptera), de Cicadellidae, otra de Membracidae (Homoptera) y una de Pyrrhocoridae (Hemiptera).

La incidencia de este hongo en condiciones de campo se vio favorecida por la presencia de una alta población del huésped, broca y condiciones ambientales de humedad relativa superior al 75% (Tabla 1).

2. *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch.

Esta especie no se ha registrado atacando naturalmente la broca. Es una especie que se ha considerado específica de coleopteros que habitan en el suelo. Sin embargo, en Colombia es común su ocurrencia en plantaciones de palma africana atacando especies que se alimentan de follaje como la chinche de encaje de la palma *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) y del gusano defoliador de las palmas *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidoptera: Stenomidae) (Zenner de Polania y Posada, 1992).

Tabla 1. Condiciones ambientales, infestación de broca e incidencia de los hongos *B. bassiana* e *H. eleutheratorum*

Mes	Condiciones ambientales		Precipitación	Infestación broca	Infección %	
	Temperatura °C	H.R. %	mm	%	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Hirsutella eleutheratorum</i>
Octubre	21.9	80.0	94.7	64.81	5.99	0.01
Noviembre	20.8	81.0	227.5	74.63	15.20	0.04
Diciembre	21.4	84.0	138.5	79.35	33.73	0.09
Enero	21.7	79.0	83.2	90.03	42.09	0.014
Febrero	22.4	75.0	132.7	88.07	31.68	0.027

2.1 Aislamientos

En el cepario de CENICAFE se tienen dos aislamientos de *B. brongniartii*, uno proveniente de *S. cecropia* de Puerto Wilches (Santander) y el otro de *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae) proveniente del Perú.

2.2 Patogenicidad

El aislamiento de *S. cecropia* se ha evaluado sobre adultos de broca en pruebas de patogenicidad en las cuales se ha obtenido una mortalidad del 70% con concentraciones de 1×10^7 esporas/ml, con un tiempo promedio de mortalidad (X D.E.) de 5 1.91 días. Este tiempo es similar al tiempo de mortalidad promedio de otros hongos como *B. bassiana* y *M. anisopliae* el cual es de 4.44 1.35 y 4.47 0.92 días, respectivamente (Gonzalez et al., 1992; Bernal et al., 1992).

En evaluaciones de patogenicidad realizadas con la cepa aislada de *S. cecropia* pasada por broca y aplicada sobre frutos brocados depositados en el suelo, en condiciones de laboratorio, se obtuvo un 53.81% de mortalidad promedio comparada con la cepa de *B. bassiana* Bb9205 aislada de *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) pasada también por broca, la cual causó un 69.73% de mortalidad en promedio (Niño et al., 1993).

Los resultados indican que la cepa aislada de *S. cecropia* es poco patogénica sobre la broca del café en relación al tiempo de mortalidad a nivel del suelo. Debido a esto con *B. brongniartii* es necesario profundizar la investigación, colectando nuevos aislamientos provenientes de otros huéspedes con diferente nicho ecológico y de diferentes zonas de vida.

3. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin

Esta especie ha sido registrada por varios autores atacando la broca del café (Claude, 1977; Fernández et al., 1989). El primer país donde se registró fue en Java (Villares, 1931). En Brasil en pruebas de laboratorio se obtuvo mortalidades altas (D'Antonio y Paula, 1979) que demuestran que es promisorio para el control de la broca del café.

3.1 Aislamientos

CENICAFE tiene en el cepario 49 aislamientos de los cuales 42 son extranjeros y siete obtenidos en Colombia, de diferentes especies de insectos, en su mayoría de coleopteros.

3.2 Patogenicidad

3.2.1. En Laboratorio

Del cepario se tomaron 14 aislamientos de *M. anisopliae* y se les evaluó la patogenicidad contra la broca. Diez aislamientos causaron una mortalidad superior al 50% (Tabla 2). El aislamiento más patogénico fue Ma9101 aislado de *Scapanes*.

Tabla 2. Tiempo promedio y porcentaje de mortalidad de *Hypothenemus hampei* tratada con diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* en laboratorio (Bernal)*.

Código cepario	Huésped	País	Mortalidad			
			Días		Porcentaje	
			X	± D.E.	X	± D.E.
Ma 9001	Coleoptera: Scarabaeidae Chisa	Colombia	5.2	1.62	57.6	2.50
Ma 9003	Chisa	Colombia	3.5	0.82	90.6	2.20
Ma 9004	Chisa	Colombia	4.5	0.92	55.8	2.30
Ma 9101	<i>Scapanes australis</i>	Papua Nueva Guinea	3.4	1.13	95.0	1.29
Ma 9105	<i>Heteronichus</i> sp.	Nueva Zelanda	3.7	0.65	75.0	0.95
Ma 9107	<i>Myllocerus discolor</i>	India	5.7	1.30	85.0	1.20
Ma 9216	<i>Oryctes rhinoceros</i>	Nueva Zelanda	4.8	1.80	45.0	1.20
Ma 9212	<i>Costelitra</i> sp.	Nueva Zelanda	4.6	1.42	55.0	3.0
Ma 9201	Coleoptera: Curculionidae <i>Nemocestes incomptus</i>	U.S.A.	4.9	1.44	52.5	1.70
Ma 9103	Homoptera: Aphididae <i>Pemphigus Trehermei</i>	Reino Unido	5.2	2.0	42.5	0.50
Ma 9206	Homoptera: Cercospidae <i>Aeneolamia</i> sp.	Colombia	4.5	1.0	75.0	1.25
Ma 9211	<i>Zulia Colombiana</i>	Colombia	4.6	1.83	2.5	1.50
Ma 9108	Lepidoptera: Geometridae <i>Cargolia arana</i>	Colombia	5.2	1.13	84.1	2.06
Ma 9207	Lepidoptera: Noctuidae <i>Mocis</i> sp.	Colombia	5.1	0.99	37.5	1.50

australis (Coleoptera: Scarabeidae), que causó una mortalidad del 95%, seguido por Ma9003 que causó una mortalidad de 90.6% y fue aislado de chisas (Coleoptera: Scarabaeidae). Cabe destacar que los aislamientos más patogénicos fueron aislados de coleoptera; indicando esto mayor especificidad por grupo taxonómico.

3.2.2. En el Campo

Los resultados de las investigaciones adelantadas para evaluar la eficiencia de aspersiones de *M. anisopliae*, a los árboles en campo, han alcanzado un 43.0% de mortalidad empleando mangas entomológicas, en una concentración de 1×10^7 esporas/ml y aplicando el hongo 24 horas antes de la infestación de los frutos por la broca. Estos resultados indican que el hongo es promisorio para el control de la broca del café y que el verdadero potencial de control se conocerá cuando se aplique masivamente, en presencia de altas poblaciones de la broca y las condiciones ambientales adecuadas para el ataque del hongo.

3.3 Producción

Sobre el hongo *M. anisopliae* se han adelantado investigaciones sobre producción en cultivos sumergidos con medios artificiales con sorbitol peptona; en cultivos en superficie y en botellas empleando como sustrato medios naturales como mucilago, frijón y arroz. La mayor producción en medios naturales se obtuvo en arroz, 2.2×10^9 esporas/g (Bernal).

M. anisopliae también se va a recomendar para el control de la broca y se entregará a los caficultores para que lo produzcan con la misma tecnología que se produce *B. bassiana* en sus propias fincas (Antía *et al.*, 1992).

3.4 Compatibilidad con plaguicidas

CENICAFE tiene planeado hacer evaluaciones de compatibilidad de *M. anisopliae* con plaguicidas. En la literatura hay registros del efecto negativo de los plaguicidas sobre *M. anisopliae* que indican que no es conveniente emplearlo en mezcla o que el uso continuado tiene un efecto delétere sobre la sobrevivencia del patógeno en el medio (Aguda y Roberts, 1984; Torres y Parada, 1989).

3.5 Seguridad a la fauna benéfica

M. anisopliae es específico para insectos y tiene selectividad para especies. Es seguro para la fauna benéfica como: predadores, parasitoides, lombríz de tierra y abejas. En condiciones de laboratorio, empleando altas concentraciones de inóculo se ha obtenido patogenicidad sobre el gusano de seda, sin embargo, en condiciones naturales no se ha obtenido ataque.

4. *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin

Es una especie cosmopolita. En Colombia es el hongo entomopatógeno con mayor rango de huéspedes, ataca 30 especies (Bustillo, 1991) y en las zonas donde ha penetrado la broca aparece naturalmente afectando la población debido a que el hongo está presente en el medio por ser un parásito facultativo que tiene la habilidad de atacar insectos vivos o alimentarse y sobrevivir sobre la materia orgánica que encuentra en el suelo.

* Informe Anual de Labores. Octubre 1991 - Septiembre 1992. Chinchiná (Colombia). CENICAFE. Disciplina de Entomología. 1992. 62 p.

4.1 Aislamientos

En el cepario de CENICAFE se tienen 64 aislamientos, 16 de procedencia extranjera y 48 aislados en Colombia, de acuerdo con los pisos altitudinales, zonas de vida, época de ocurrencia o especies de insectos huéspedes atacados, incluida la broca.

4.2 Patogenicidad

En relación con la patogenicidad de los hongos entomopatógenos a la broca, se estandarizó un método de bioensayo como soporte que permitiera evaluar experimentalmente la patogenicidad de los diferentes aislamientos, midiendo parámetros como mortalidad total, distribución de la mortalidad, tiempo letal promedio (TL50) y analizar los resultados estadísticamente. El bioensayo básicamente consiste en que cada tratamiento tiene cuatro repeticiones, cada una conformada por 10 especímenes que se colocan individualmente (González *et al.*, 1992).

En las pruebas de patogenicidad sobre la broca de los aislamientos Bb9002, aislado de broca en Ancuya (Nariño) y Bb9205 de *D. saccharalis* de Candelaria (Valle del Cauca) se obtuvieron mortalidades de 71.66% para ambos aislamientos.

En las evaluaciones de patogenicidad de *B. bassiana* sobre la broca del café, del hongo producido en arroz, se encontró que la mortalidad se incrementó cuando el aislamiento original se pasó por broca (Tabla 3) (González *et al.*, 1992).

Tabla 3. Mortalidad causada sobre la broca del café por el hongo *B. bassiana* en pruebas de patogenicidad aislado directamente del huésped y después de pasarlo por broca (González)*.

Aislamiento	Porcentaje de mortalidad			
	Aislado por huésped		Después de pasarlo por broca	
	X	± D.E.	X	± D.E.
9002	71.66		100	
9205	71.66		100	

4.3 Producción

Sobre la producción del hongo *B. bassiana* CENICAFE está investigando y evaluando los métodos de producción a nivel industrial con cultivos sumergidos y de superficie en medios artificiales y a nivel artesanal en medios naturales.

4.3.1 Producción Industrial

En la producción industrial tanto CENICAFE como el Laboratorio de Investigaciones de la Química del Café (LIQC) están investigando los diferentes procesos por los que pasa la

* Informe Anual de Labores. Octubre 1991 - Septiembre 1992. Chinchiná (Colombia). CENICAFE. Disciplina de Entomología. 1992. 62 p.

producción del hongo, los cuales son debidamente analizados y sometidos a pruebas de calidad para asegurar un producto final con los estándares de calidad que debe tener un producto biológico, como son: alta pureza y concentración de esporas, viabilidad y patogenicidad superior al 80% y que la formulación que se obtenga permita la conservación de las características del hongo, como son: una vida media de almacenamiento mínimo de tres meses para el hongo producido artesanalmente y seis meses para el producido industrialmente y que además garantice que su manejo y aplicación sea fácil y eficiente (Velásquez, 1993).

4.3.2 Producción artesanal

En relación con la producción artesanal por los caficultores a nivel de finca se ha venido cumpliendo con los objetivos propuestos (Antía et al., 1992).

- a. Que el propio caficultor a través de un proceso de autogestión, para encontrar métodos de control de la broca, sea el mismo productor del hongo *B. bassiana*. Este es quizás el segundo caso en el mundo después de la China (Hussey y Tinsley, 1981) en el que los mismos agricultores son los productores de un insumo biológico para el control de plagas. Sin embargo, en este caso los caficultores colombianos han ido más allá demostrando un mayor nivel técnico, porque ellos mismos son capaces de proveerse del inóculo inicial para comenzar sus producciones del hongo sin necesidad de depender de ninguna institución, de la tramitología o los procesos ineficientes de los correos que sólo conducen a la apatía y desestímulo de los usuarios al no obtener oportunamente el inóculo para iniciar la producción del hongo.
- b. Que la tecnología de producción sea fácil y económica y que permita al caficultor producir el hongo en la cantidad necesaria y oportunamente para el control de la broca. Sobre este aspecto cabe destacar que en la producción del hongo pueden participar todos los miembros de la familia del caficultor, lo cual contribuye positivamente a la economía cafetera y los materiales y equipos para la preparación y esterilización de los medios de cultivo se encuentran en toda finca cafetera. Como medio se emplea el arroz que se consigue en cualquier lugar. La esterilización de los medios de cultivo que es el aspecto más importante para la producción del hongo, se hace al baño maría. Este método es el más simplificado que se conoce y permite la producción con un cien por ciento de eficiencia.

La tecnología de producción del hongo a nivel de finca ha sido adoptada por todos los caficultores y en todas las áreas donde se encuentra la broca se viene aplicando el hongo producido artesanalmente con niveles de control hasta de un 80% que complementado con las medidas culturales, sobre todo de cosecha oportuna, han permitido que muchos caficultores estén manejando apropiadamente la broca y señalen que el manejo de la broca se puede hacer con las prácticas culturales y el hongo.

El hongo producido en botellas es superior al producido industrialmente en todas las características que en que se establezcan comparaciones (Tabla 4).

En un año de entrega esta tecnología se estima que ha sido transferida a más de 20.000 usuarios que han recibido cursos de capacitación sobre la producción del hongo y el inóculo inicial para comenzar la producción en su propia finca.

Tabla 4. Comparación del hongo *B. bassiana* producido en finca, con el hongo producido y formulado comercialmente.

Características	Comercial	En finca
Formulación	Polvo mojable	Líquido
Portador	Talco	Arroz
Pureza	Presencia contaminantes	Libre contaminantes
Concentración (Laboratorio)	1×10^8 E/g	3.9×10^1 E/botella
Viabilidad	50 - 80%	100%
Patogenicidad	40 - 88%	100%
Dosis	1×10^7 E/árbol	1×10^7 E/árbol
Rendimiento	10 árboles	780 árboles
Costo/árbol	\$1.00	0.001 (mil veces más barato)
Almacenamiento	6 meses nevera 4°C	3 meses T° ambiente 1 año nevera 4°C
Suspensibilidad		+
Homogenización		+

El éxito de esta adopción básicamente se ha debido a los siguientes aspectos:

- a. La necesidad apremiante de los caficultores de tener un método de control de la broca seguro para el agroecosistema cafetero tanto para el equilibrio biológico como para la salud humana.
- b. Al principio de enseñar haciendo y comprometiendo a cada usuario, técnico y caficultor que recibe los cursos y el inóculo, que dicte un curso y a su vez entregue inóculo, cultivo madre o cepa, a sus vecinos. Esto ha permitido indicar a los caficultores que el manejo integrado de la broca del café se puede llevar a cabo exitosamente si todos los caficultores realizan las medidas de manejo oportunamente y que un solo caficultor que no lo haga, perjudica a todos los demás.
- c. Al Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros a través de los Comités Departamentales que han acogido esta tecnología y tienen programas de capacitación en cada municipio y vereda que tiene la broca.

4.4 Aplicación

4.4.1 Equipos de Aplicación

El hongo *B. bassiana* se puede aplicar con cualquier equipo que se tenga disponible en la finca. Las aplicaciones se pueden hacer a alto volumen con equipos de presión hidráulica, presión previa retenida, motorizados de espalda, estacionarios y de bajo volumen.

CENICAFE tiene una amplia trayectoria en investigación con equipos de aplicación, ha desarrollado prototipos que permiten buenos cubrimientos y rendimientos de aplicación en las diferentes topografías en que se cultiva el café.

El empleo de un bioinsecticida a base de *B. bassiana* para el control de la broca del café, en las condiciones de la caficultura colombiana, requiere evaluar diferentes métodos, equipos y frecuencias de aplicación y desarrollar formulaciones que permitan mayores rendimientos y disminución de los costos de aplicación, así como el establecimiento y sobrevivencia del hongo en el medio para lograr una mayor efectividad en el control de la broca del café.

4.4.2 Concentraciones

Con las formulaciones producidas industrialmente, que se consiguen en el país, las recomendaciones de aplicación para árboles de una edad promedio de cuatro años son de 0.1 gramo por árbol asperjando con 50 ml en promedio con lo cual queda en cada árbol 1×10^7 esporas. Mientras que del producido en una botella, en 50 g de arroz suspendida en 20 l de agua para asperjar 400 árboles, cada árbol recibe 9.68×10^8 esporas (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de costos y rendimiento de las formulaciones del hongo *B. bassiana* producido industrialmente ya nivel de finca.

Densidad de siembra (árboles)	Formulaciones				
	Industrial *		Finca **		
	Polvo mojable (g)	Costo (\$)	Botellas (No.)	Arroz (g)	Costo \$
2.500	250	2.250.00	6.25	312.5	398.00
5.000	500	4.500.00	12.50	625.0	795.00
7500	750	6.750.00	18.75	937.5	1.193.00
10.000	1.000	9.000.00	25.00	1.250.0	1.590.00

* 1×10^8 esporas/gramo --> 0.1 g polvo/50 ml agua/árbol
--> 1×10^7 esporas/árbol

** 7.74×10^9 esporas/gramo --> 0.125 g arroz/50 ml agua/árbol
--> 9.68×10^3 esporas/árbol

El empleo del hongo producido a nivel de finca por el caficultor es más barato 5.66 veces y cada árbol recibe 96.8 veces más esporas que con las formulaciones comerciales, lo cual permite crear una mayor presión de inóculo en el medio que asegura el control efectivo de la broca.

4.4.3 Condiciones ambientales

La zona cafetera colombiana ofrece condiciones ambientales ideales para la aplicación de bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos, por los siguientes componentes que favorecen la sobrevivencia del hongo en el medio:

- a. El microclima. Creado por la perennidad del cultivo del café que ofrece condiciones especialmente de humedad relativa y autosombreamiento que favorece la acción y permanencia del hongo en el medio.
- b. El macroclima de la zona cafetera. Que tiene temperatura de 21°C en promedio y Humedad Relativa promedio de 70% que favorecen el ataque, germinación de las esporas, la esporulación del hongo sobre los cadáveres de la broca y el establecimiento en el campo del hongo como un factor de mortalidad permanente de la población de la broca.

Las aplicaciones del hongo se recomienda hacerlas temprano en la mañana, de 6 a 10 a.m. cuando en el ambiente todavía existe alta humedad relativa y en las horas de la tarde después de las 3 p.m., cuando los rayos solares pierden intensidad y comienza nuevamente a incrementarse la humedad relativa. En los días nublados las aplicaciones se pueden realizar durante todo el día.

En las horas del medio día no se recomienda realizar aplicaciones porque la atmósfera está seca y en el medio existe una alta temperatura que deshidrata las esporas y evapora el agua con que se aplican. Además éstas estarían expuestas mayor tiempo a la radiación solar que tiene un efecto nocivo sobre las esporas debido a la radiación ultravioleta, que tiene acción germicida. Para resolver este limitante actualmente en CENICAFE se están probando aceites de tipo vegetal y mineral para la formulación de un Bioinsecticida para la aplicación a bajo volumen que conserve y proteja la viabilidad de las esporas de la radiación ultravioleta y en el campo permita la acción del hongo más tiempo contra la población de la broca.

Paralelo a esto, se está evaluando la toxicidad de los aceites al café y a la broca y la emulsificación de estas formulaciones en aceite en el volumen final de agua utilizada para la aplicación al cafetal (Vélez, 1992).

4.4.4 Estrategias de dispersión

El hongo *B. bassiana* es un habitante natural del suelo que sobrevive en el medio soprofiticamente sobre la materia orgánica en descomposición o atacando insectos huéspedes como el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae), chisas como *Cyclocephala* sp. y *Phyllophaga* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae) y el mión de los pastos *Aeneolomia* sp. (Homoptera: Cercopidae).

El mejor medio de dispersión del hongo *B. bassiana* en la zona cafetera ha sido a través de la producción realizada por los propios caficultores quienes lo vienen aplicando con dos criterios:

- a. Establecerlo en el campo como factor de mortalidad.
- b. Emplearlo como un bioinsecticida. Sin embargo, el mayor aporte de inóculo al medio lo producen las propias brocas muertas. Una broca en promedio produce 1×10^6 esporas. La producción de esporas en las brocas muertas por el ataque del hongo en el cafetal, en un momento dado llega a equivaler a varias aplicaciones.

Las brocas infectadas por el hongo son un medio de dispersión, pero el agente más activo es el viento. Una sola aplicación del hongo en una hectárea afectada por broca ha llegado después de establecerse y las condiciones ambientales ser favorables a invadir toda una región.

4.5 Compatibilidad con plaguicidas

B. bassiana en evaluaciones in vitro es afectado en alto grado por los fungicidas que inhiben, en la dosis comercial, hasta el 100% de la germinación y el crecimiento micelial. La inhibición es menor con los insecticidas en la dosis comercial hasta en un 50% .

Los fungicidas que presentaron mayor efecto deletéreo sobre *B. bassiana* fueron triadimefon y hexaconazol y en menor grado el oxiclورو de cobre.

En los insecticidas el efecto más inhibitorio lo presentaron fenitrotion, seguido por Pirimifos- metil, endosulfan y en menor proporción el dicrotofos (Rivera, 1992).

Dentro de este campo cabe destacar que en CENICAFE se desarrolló un medio selectivo con base en los fungicidas cyproconazol y oxiclورو de cobre, que permite el aislamiento de *B. bassiana* a partir de muestras de suelo, hojas o frutos de café, lo cual es importante porque tiene aplicación en investigaciones de dinámica del hongo en el campo y permite medir su permanencia en el medio (Rivera y López, 1992).

En mezcla en tanque el efecto de los plaguicidas no es tan inhibitorio como en condiciones in vitro, en las que el hongo permanece largo tiempo expuesto a altas dosis de los plaguicidas. Los avances en la investigación indican que en tanque no hay efecto inhibitorio del oxiclورو de cobre y de los insecticidas endosulfan (formulación especial para café), Clorpirifos, pirimifos-metil y malation, siendo fenitrotion el que presentó mayor inhibición (Rivera et al., 1993).

En esta investigación cabe destacar que entre los aislamientos de *B. bassiana* existe gran variación en sensibilidad hacia los grupos de insecticidas.

4.6 Seguridad a la fauna benéfica

El hongo *B. bassiana* es específico de insectos, no ataca vertebrados, aunque un porcentaje muy bajo de la población humana puede desarrollar alergias respiratorias, el hongo se considera seguro para la salud de humanos.

El hongo no ataca abejas y los registros sobre huéspedes como parasitoides y predadores son muy escasos. De los insectos benéficos sólo se conoce que ataca al gusano de seda. El efecto de *B. bassiana* sobre *Bombix mori* depende de la susceptibilidad de la raza del gusano y de la patogenicidad de los aislamientos del hongo.

La incidencia natural de *B. bassiana* sobre las crías del gusano de seda es baja y económicamente no es limitante. Las medidas profilácticas que se toman a nivel de caseta son suficientes para contrarrestar la ocurrencia de la enfermedad y evitar que cuando se presente, alcance niveles epizootia (López, 1992).

Las larvas atacadas por el hongo se pueden reconocer y separar de la cría porque presentan los síntomas y signos de la enfermedad muscardina blanca o tiza blanca y además, el tiempo que tarda la larva muerta en producir inóculo, esporas, permite al sericultor retirar las larvas para reducir y prevenir el contagio del resto de la cría.

B. bassiana ataca al gusano de seda en todos sus cinco instares. La mayor susceptibilidad se presenta en los primeros instares. Durante los dos primeros la cría del gusano de seda se lleva a cabo bajo condiciones extremas de asepsia en las instalaciones que producen el gusano joven, razón por la cual la incidencia en estas etapas es baja. El mayor riesgo de contagio e incidencia se presenta en el tercer instar porque es el momento en el que el sericultor recibe las crías. Es en este momento que se deben tomar todas las medidas de profilaxis oportunamente y éstas son suficientes para mantener la incidencia de *B. bassiana* en niveles muy bajos sin ningún riesgo económico para la cría del gusano de seda (López).¹

¹ CENICAFE. Disciplina de Entomología. Comunicación personal.

BIBLIOGRAFIA

- Aguda, R. M.; Roberts D.W. Inhibitory effects of insecticides on Entomopatogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Inst. Rice Res. New Letter. 9(6): 16, 1984.
- Alves, S.B. Fungos entomopatogenos. In: controle microbiano de insetos, Ed. Sergio B. Alves, capítulo 6, p.73-126. Editora Manole Ltda., Sao Paulo, Brasil. 1986. 407 p.
- Antía, O.P.; Posada, F.J.; Bustillo, A.E.; González, M.T. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1992. 12 p. (Cenicafé Avances Técnicos No.182).
- Bernal U. M.G.; Bustillo P., A.E.; Posada F., F.J. Bioensayos de patogenicidad del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin sobre adultos de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). En: Congreso de La Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 19. Manizales (Colombia). Resúmenes Manizales Colombia, SOCOLEN, 1992. p. 76.
- Bustillo P., A.E. Uso potencial del entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, Medellín, Miscelánea No.18. p. 91-105.
- Claude, B. Possibilites de lutte biologique en caféiculture. Café, cacao, thé (Francia) 21(3): 223-225. 1977.
- D'Antonio, A.M.; Paula, V. de. Estudios preliminares de eficiencia de *Metarhizium anisopliae* (Metch.) sorokin No controle á broca de café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) en condicoes de Laboratorio. In: Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 7o. a raxa, M.G. (Brasil) Resumes, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do café. 1979. p.301.
- Fernández, P.M.; Lecuona, R.E.; Alves, S.B. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin a broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera: Scolytidae). Ecosistema (Brasil) 10:176-182. 1985.
- González G., M.T.; Posada F., F.J.; Bustillo P., A.E. Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). En: Congreso de Sociedad Colombiana de Entomología. SOCOLEN, 19. Manizales (Colombia). Resúmenes, Manizales (colombia), SOCOLEN, p.76. 1992.
- Hussey, W.W.; Tinsley, T.W. Impressions of Insect pathology in the people's republic of China. In: BURGESS, H.D. (Ed). Microbial Control of pests and plant diseases 1970-1980; New York (Estados Unidos), Academia Press. 1981. p.785-795.
- López N., J.C. Efecto patogénico de cuatro cepas de *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) sobre larvas de *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) en laboratorio. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 19. Manizales (Colombia). Resúmenes. p.74. 1992.
- Niño V., O.P.; Posada F., F.J.; Bustillo P., A.E. Patogenicidad de *Beauveria brongniartii* sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 20. Cali (Colombia). Resúmenes. 1993.

- Rivera M., A. Estudio de compatibilidad del hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin con formulaciones comerciales de fungicidas e insecticidas. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 19. Manizales (Colombia). Resúmenes. p.78. 1992
- Rivera M., A.; López N., J.C. Medio selectivo para el aislamiento de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin a partir de muestras de suelo. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 19. Manizales (Colombia). Resúmenes. p. 77. 1992.
- Rivera M., A.; Bustillo P., A.E.; Marin M., P. Compatibilidad en mezcla de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin con insecticidas usados en el control químico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, 20. Cali (Colombia). Resúmenes. 1993.
- Torres, M.C.; Parada, T.O. Efecto de algunos agroquímicos utilizados en el arroz (*Oryza sativa*) sobre el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) en condiciones de laboratorio En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 16, Medellín, 25-28 de Julio. 1989 (Resúmenes) Medellín. SOCOLEN. 1989. p.64.
- Velásquez S., E. Formulación de un bioinsecticida con base en el hongo *Beauveria bassiana*, para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Chinchiná (Colombia). CENICAFE, 1993. 1 p. (Cenicafé Seminario).
- Velez A., P.E. Efecto de factores climáticos en la supervivencia del micoinsecticida *Beauveria bassiana* aplicado en diferentes formulaciones al café. Chinchiná (Colombia). CENICAFE, 1993. 1p. (Cenicafé Seminario).
- Villares, J.D. La plaga del *Stephanoderes* a broca del café. Los estragos que ha causado en Africa. Revista Cafetera de Colombia. 3(28-29): 1047-1049. 1931.
- Zenner de Polanía, I. y Posada F., F.J. Manejo de plagas y benéficos de la palma africana. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario.1992. (Manual de Asistencia Técnica No.54). 124 p.

16042

CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE INSECTICIDAS QUÍMICOS EN LA ZONA CAFETERA EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE, *Hypothenemus hampei*

Alex E. Bustillo P.¹
Diógenes A. Villalba G.¹
Bernardo Chavés C.¹

Resumen

La broca del fruto es considerada la plaga más importante del cultivo del café por atacar directamente el fruto, causando pérdidas de peso, depreciación del grano y pérdida de la calidad de la bebida por presencia de impurezas en los granos brocados.

La broca del fruto del café, fue detectada en Colombia en agosto de 1988 en Tumaco (Nariño) y actualmente se encuentra diseminada en 169 municipios de 12 departamentos, afectando 150.858 hectáreas a febrero de 1993.

Desde su detección se iniciaron en CENICAFE las investigaciones para el manejo integrado de la plaga, en aspectos tales como: control biológico, control cultural y control químico.

En cuanto al control químico, se realizó un estudio con el objeto de evaluar diferentes insecticidas. El experimento se realizó en el municipio de Pereira, en un cafetal variedad Colombia, sembrado a una distancia de 2 m x 1 m, cuatro años de edad y bajo sombrero. Se utilizaron los insecticidas: endosulfan (0.63 kg de i.a./ha), clorpirifos (0.864 kg de 1.1/ha), pirimifos-metil (0.9 kg de i.a./ha), malathion (1.08 kg de i.a./ha) y fenitrotion (0.97 kg de i.a./ha). Las aplicaciones se realizaron con un equipo de aspersión Triunfo 40-100-10 y boquilla TX3 (190 cc/min a 40 psi.) aplicando un volumen de 50 cc por planta.

Los resultados indicaron que se puede obtener alta mortalidad de adultos de la broca (mayor del 90%) 24 horas después de iniciar la penetración en los frutos o las que se encontraban en el canal de penetración. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de endosulfan, clorpirifos, fenitrotion y pirimifos-metil. Sin embargo, el endosulfan causó la más alta mortalidad (96%) y la menor se obtuvo con malathion (41%). En cuanto a la protección de los frutos al ataque de la broca, se pudo apreciar que ninguno de los productos presentó una acción efectiva más allá de cuatro días después de la aplicación.

En otro experimento, se evaluó el efecto del endosulfan sobre frutos brocados, con el fin de evaluar la mortalidad de adultos y estados inmaduros de la broca en el interior de los frutos. Para el efecto se utilizó el insecticida endosulfan en dosis de 0.595 kg de i.a. por hectárea bajo condiciones de campo. Los resultados mostraron que el endosulfan no tuvo ningún efecto sobre los estados inmaduros (huevo, larva, pupa) de la broca, pero sí sobre los adultos. El mayor porcentaje de mortalidad (24.6) se registró siete días después de la aplicación del producto.

Con base en esta información, otros estudios se encuentran en ejecución.

¹ CENICAFE, Chinchiná, Colombia.

Introducción

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) es el insecto plaga más importante que tiene el cultivo del café. En Colombia el problema de la broca se considera más limitante que en la mayoría de los países, donde se ha introducido, debido a los siguientes factores:

1. Las altas exigencias de calidad del café colombiano que requieren niveles muy bajos de defectos en el grano pergamino, lo cual admite muy poco daño por broca (< 5.5%).
2. El clima tan favorable de la zona cafetera hace que se produzcan múltiples floraciones y que la cosecha no sea concentrada, favoreciendo en esta forma la reproducción continua de la broca.
3. La continuidad de la zona cafetera facilita la rápida dispersión de la broca una vez introducida.
4. Las altas densidades y producciones hacen que el crecimiento de las poblaciones de broca sean en las mismas proporciones.

Aspectos relevantes del comportamiento de la broca

La hembra adulta de la broca es el estado que emerge del fruto brocado el cual se puede encontrar en los árboles o en el suelo. Un fruto seco puede dar lugar a la emergencia de hasta 150 adultos de broca. Normalmente la broca emerge de los frutos en respuesta a condiciones de alta humedad ambiental e inmediatamente vuela en busca de nuevos frutos en los árboles. Cuando encuentra un fruto susceptible de ser infestado (p. e. frutos con más del 20% de peso seco, o sea, 90-120 días de desarrollo), inicia su perforación lo que puede demorar entre 2 a 7 horas, siendo más lenta su penetración en frutos verdes.

Si el fruto no tiene la consistencia apropiada la broca se coloca en el tunel de entrada pero no coloniza ni se reproduce. Bajo condiciones de altas infestaciones y cuando no existen frutos con el desarrollo apropiado puede atacar frutos muy jóvenes ("garrapata", "cabeza de alfiler", "fosforito") de 4-5 mm que corresponden a edades de 30-45 días después de la floración. Estos frutos son "picados" por la broca y se pueden observar los adultos externamente sin que penetren; la consecuencia de este daño es la caída temprana de ellos.

De lo anterior, se puede concluir que la broca durante su desarrollo tiene un momento de gran vulnerabilidad y es cuando inicia la colonización de nuevos frutos. Una vez que se establece en su interior, es prácticamente imposible tratarla con insecticidas químicos o biológicos, las únicas medidas eficientes en este estado son la cosecha de los frutos o la acción de parasitoides que evitan la progenie en el interior de los frutos.

Uso de los insecticidas en cafetales

Las zonas cafeteras desde el inicio de esta industria en Colombia, han guardado un equilibrio biológico y ecológico, debido a las prácticas de conservación y manejo del cultivo recomendadas por la Federación Nacional de Cafeteros. Es así como el uso de insecticidas es prácticamente nulo, lo cual ha permitido que insectos plagas como el minador, defoliadores, escamas, cochinillas, etc., guarden un equilibrio biológico al preservarse sus enemigos naturales.

La llegada de la broca al país plantea una situación de riesgo a este equilibrio, al utilizarse los insecticidas químicos, no sólo por el desbalance de las plagas, sino también por los riesgos de contaminación ambiental.

El cafetero en Colombia no está acostumbrado a utilizar insecticidas y se debe hacer énfasis en una campaña masiva de educación en esta área. El uso de insecticidas debe ser un último recurso empleado sólo cuando las poblaciones de la broca causen infestaciones superiores al 2% en la época crítica del fruto verde cuando los adultos inician el daño y otros métodos de control ya han sido utilizados.

Las aplicaciones de insecticidas no deben obedecer a un calendario sino a un análisis de la situación de la broca en el cafetal, el cual se logra a través de muestreos periódicos para establecer sus niveles de infestación. Con la llegada de la broca el cafetero debe concientizarse de que es necesario establecer un monitoreo permanente a través del año de los niveles de infestación y conocer el estado de desarrollo de sus frutos ayudado de registros de floración, para estar alerta sobre los períodos críticos en que la broca pueda iniciar el daño a nuevos frutos.

En resumen, el uso de insecticidas en cafetales debe ser muy restringido y sólo deben ser usados cuando lo amerite una evaluación de campo. Estas restricciones obedecen principalmente a:

1. El poco conocimiento que los cafeteros tienen sobre los insecticidas.
2. La necesidad de mantener un equilibrio biológico y un ambiente ecológico libre de riesgos de toxicidad para la familia cafetera.
3. La topografía de la zona cafetera y la densidad de población que sólo permite aspersiones vía terrestre.

Los insecticidas no son efectivos para controlar poblaciones de broca, estados inmaduros y adultos, que se encuentran en el interior del fruto. Un insecticida ideal para la zona cafetera deberá reunir las siguientes características:

1. Categoría toxicológica baja.
2. Alta eficacia sobre los adultos que inician la penetración del fruto.
3. Selectividad hacia el organismo objeto de control.
4. No dejar residuos en el fruto ni en el ambiente.
5. Compatible con otras medidas de control.

A pesar de que estas características son difíciles de encontrar en un solo producto, deben servir como un criterio de selección.

Manejo integrado de la broca

Todas las consideraciones anteriores permiten concluir que el problema de la broca no se resuelve con una sola medida de control, sino con un conjunto de métodos de control como son la cosecha rigurosa, los tratamientos de frutos brocados en la etapa de beneficio, el tratamiento de la pulpa, el uso oportuno del hongo *Beauveria bassiana* y cuando sea necesario el uso de insecticidas.

El concepto del manejo integrado de plagas, precisamente establece el uso de los métodos que se pueden involucrar en el control de ese insecto plaga en una forma armónica y cuyo resultado sea la reducción de sus poblaciones a niveles que no causan daño económico. Esto es lo que se persigue en el caso de la broca.

Algunos puntos que se deben tener en cuenta con un programa de esta naturaleza son:

1. El programa se debe desarrollar por toda la comunidad, ya que el que no lo lleve a cabo perjudica a su vecino.
2. Es necesario llevar registros de las floraciones y evaluar como mínimo mensualmente los niveles de infestación de la broca.
3. La cosecha rigurosa de los frutos es el factor más importante en la reducción de las poblaciones de broca, ya que corta el ciclo al retirar todos los estados de desarrollo que se encuentran en su interior.
4. La presencia de frutos secos brocados en un cafetal es nefasta para el control de la broca, ya que contienen altas poblaciones de adultos en su interior (20-150). Con sólo recolectar estos frutos se eliminará una gran cantidad de broca del cafetal.
5. Especial cuidado se debe tener en evitar que los adultos de broca que llegan al beneficio retornen al cafetal. Existen muchas formas de controlarlo y cada cafetero de acuerdo con sus posibilidades, debe "poner a funcionar su inventiva" para lograrlo.
6. El uso de insecticidas sólo es eficiente cuando la broca se encuentra penetrando o en el canal de penetración de los frutos, su eficacia es nula cuando ya se ha establecido en el interior de los frutos.
7. El uso del hongo *Beauveria* se debe intensificar en todos los cafetales con broca aplicándolo al momento en que la broca está penetrando los frutos. Para obtener niveles de infección altos en corto tiempo, se deben utilizar concentraciones de 1×10^9 esporas/árbol. La mezcla de insecticidas o fungicidas químicos no se recomienda a menos que se compruebe experimentalmente su compatibilidad.

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE INSECTICIDAS QUIMICOS EN EL CONTROL DE LA BROCA

1. Generalidades

Cenicafé considera conveniente para una mayor eficiencia y supervisión de las evaluaciones de insecticidas candidatos para el control de la broca, que la metodología se unifique y los ensayos se lleven a cabo bajo las mismas condiciones para asegurar una mayor confiabilidad de los resultados y de las comparaciones entre productos.

La evaluación se dividirá en dos etapas:

- 1.1 El primer experimento estará destinado a evaluar la eficacia del producto sobre los adultos que están penetrando en el fruto y varios días después de la infestación.
- 1.2 El segundo experimento, permitirá evaluar el efecto residual de los insecticidas que en el ensayo anterior produzcan mortalidades superiores al 75%.

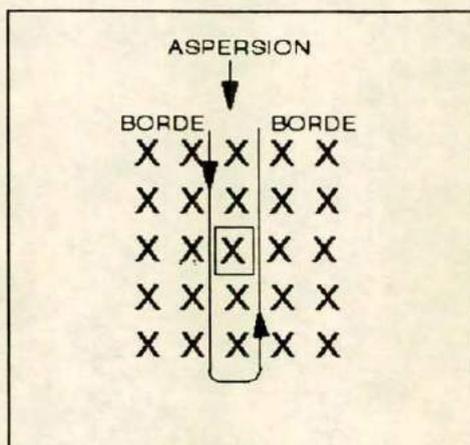
Posterior a estas evaluaciones, se llevarán a cabo estudios con los insecticidas seleccionados sobre compatibilidad con otros agentes de control como hongos, parasitoides y observaciones sobre el impacto ambiental.

El efecto de estos insecticidas se validará en lotes de una hectárea localizados en fincas cafeteras destinadas a evaluar el programa de manejo integrado de la broca.

2. Procedimiento

El estudio, se llevará a cabo durante los meses de junio y julio de 1993 en una finca del municipio de Pereira, en un lote de café variedad Colombia de 2.5 años de edad, con una distancia de siembra de 1.2 m x 1.2 m y una pendiente del 40%. El desarrollo de los frutos se encuentra en el estado apropiado para ser atacado por la broca.

Las aspersiones se realizarán con un equipo de presión previa retenida (Triunfo 40-100-10), una boquilla TX3 que descarga 190 cc por minuto a 40 libras de presión. Los equipos se calibrarán previo a su uso para establecer el volumen de mezcla por árbol. Los tratamientos se aplicarán a los cinco árboles del surco central.



En este árbol se toma al azar una rama de la zona productiva y se dejan sólo 50 frutos en estado de semiconsistencia (aprox. 120 días de desarrollo), luego se cubre con una manga entomológica. La manga se construye con alambre calibre 10 de una longitud de 50 cm y un diámetro de 25 cm y esta estructura cilíndrica se cubre con una tela de muselina blanca la cual se asegura a la rama con hilo de polipropileno.

2.1 Evaluación de la eficacia

Una vez instalada la manga se procede a infestar cada una con 25 frutos secos brocados, previamente humedecidos, para estimular la emergencia de los adultos de la broca. Al cabo de 1, 3, 8 y 15 días, se retiran las mangas, se evalúa la infestación y se aplican los productos. A las 72 horas de la aspersión se evalúa la infestación y se retiran los frutos brocados de la rama para llevarlos a un laboratorio y examinar su contenido y establecer la mortalidad que ocurre en la población que está en el canal de penetración y dentro de los frutos.

El diseño experimental es completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos, siendo los niveles: Productos (n), tiempos de aspersión (4) y repeticiones (5).

Los porcentajes de infestación y mortalidad se corregirán de acuerdo con el testigo usando la fórmula de Abbott y la diferencia entre tratamientos, se establecerá a través de comparaciones estadísticas, partiendo de un nivel mínimo de diferencia entre tratamientos del 10%.

Los datos de estos experimentos se consignarán en formatos como el que se presenta a continuación:

Tratamientos	Producto (código)	Tiempo aspersión	Repetición	Infestación (%)	Mortalidad (%)

Antes de iniciar el experimento se hará un mapa de campo para localizar las parcelas y aleatoriamente se asignarán los tratamientos debidamente codificados para evitar sesgos en la aplicación y toma de la información. El control de la toma de información y su procesamiento estará bajo la responsabilidad de Cenicafé, quien dará a conocer estos resultados a los interesados de los ensayos.

Las casas comerciales proporcionarán todos los recursos de personal técnico y mano de obra calificada, así como también los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo el trabajo de campo y laboratorio. También será necesario proporcionar recursos para el alquiler de los lotes experimentales.

2.2 Evaluación de la residualidad

Los productos seleccionados, en el anterior experimento (eficacia mayor del 75%), se evaluarán de acuerdo con su efectividad a través del tiempo para tener una idea de qué tipo de protección ofrecen una vez asperjados.

Se procederá como en el caso anterior, (2.1) con la diferencia de que los insecticidas se asperjan y después de 3, 7, 15 y 21 días, se infestan las ramas con la ayuda de las mangas entomológicas. Se permite a la broca infestar los frutos durante 72 horas, al cabo de las cuales se evalúa el número de frutos brocados y la mortalidad en el interior de los frutos.

El formato de registros en este caso sólo varía en la tercera columna, donde en vez de "Tiempo Aspersión" es "Tiempo Infestación".

El diseño experimental es también completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos, donde los niveles son: Productos (n), tiempo de Infestación (4) y repeticiones (5).

Tiempo de Infestación (días)	Producto	Repeticiones	Número de frutos brocados	Mortalidad (%)
3				
7				
15				
21				

EL CONTROL BIOLÓGICO COMO UN COMPONENTE EN UN PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ, *Hypothenemus hampei* EN COLOMBIA

Alex E. Bustillo P.¹

Resumen

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), es el insecto plaga de mayor importancia en el café, el cual amerita su control debido a las pérdidas que ocasiona no sólo en la reducción de la producción, sino en la merma de la calidad de la bebida.

La broca del café es originaria del Africa e introducida al continente americano en donde ha encontrado condiciones muy propicias para su desarrollo al encontrarse libre de reguladores biológicos. En Africa la broca es atacada por varios enemigos que regulan sus poblaciones. CENICAFE desde la detección de broca en Colombia (1988), inició un programa de investigación para introducir y desarrollar parasitoides (*Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston) y entomopatógenos (*Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin para el control de la broca.

El control de la broca no es posible llevarlo a cabo con un solo componente, sin embargo el pilar fundamental son las prácticas de control cultural, como son las cosechas oportunas, la remoción de frutos secos, el control de la broca en poscosecha. Estas prácticas logran reducir poblaciones de la broca que se encuentran dentro de los frutos. El control de la broca con insecticidas químicos no es suficiente, ya que sólo son efectivos sobre el estado adulto de la broca que se encuentra entrando en el fruto. El hongo *B. bassiana* juega un papel importante también al infectar los adultos de broca al entrar el fruto y el uso de parasitoides resultaría complementario al poder penetrar el fruto y atacar la progenie de la broca.

Los resultados de investigación permiten presentar un programa de manejo integrado de la broca, basado en el control cultural con un componente importante, como es el control biológico.

El café es el cultivo más importante en Colombia y es cultivado en las cordilleras montañosas de los Andes Colombianos. Existen aproximadamente 1'150.000 hectáreas de café, las cuales pertenecen a unas 300.000 familias. Este es un cultivo que requiere mucha mano de obra, generando empleos a más de 4'000.000 de personas.

¹ CENICAFE, Chinchiná, Caldas. A. A. 2427, Manizales.

El cultivo del café en Colombia se ha mantenido libre de problemas de insectos, pero con la reciente introducción en 1988 de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, la situación ha cambiado. Hasta el momento (Junio 1993) existen unas 200.000 hectáreas infestadas por la broca. Este insecto es originario de Africa y fue introducido al Continente Americano en 1923 en Brasil.

En el campo la hembra de la broca perfora a través de la pulpa de la cereza del café y si el endospermo está lo suficientemente maduro, empieza a construir una galería en donde inicia la oviposición. Los huevos (30 ó más) llegan al estado adulto en aproximadamente 25 - 30 días. La copula ocurre dentro del fruto entre hermanos. La relación de sexos es aproximadamente 10 hembras por cada macho.

CENICAFE ha conducido en los últimos tres años, un programa de investigación dirigido a desarrollar alternativas biológicas para controlar la broca, que se puedan implementar en un programa de manejo integrado.

En Africa la broca tiene varios enemigos naturales, siendo cuatro parasitoides y un hongo entomopatógeno los factores de mortalidad más importantes. Entre los parasitoides los betilidos *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* son los únicos que se pueden criar bajo condiciones de laboratorio. Estas dos especies se han introducido exitosamente en Colombia y se han desarrollado técnicas de cría masiva.

La biología de estas dos especies *C. stephanoderis* y *P. nasuta* es muy similar. Una vez que entran en la cereza infestada, la hembra "pincha" y paraliza el adulto de la broca, luego se alimenta de los huevos y larvas de primer instar y deposita huevos sobre larvas maduras en el caso de *P. nasuta* y sobre pupas en el caso de *C. stephanoderis*. Este último parasitoide es más fácil de criar en laboratorio y actualmente es la única especie producida masivamente en Colombia.

La broca del café se cría en laboratorio usando café pergamino "seco de agua" o sea con un contenido de 45% de humedad. Los granos infestados se mantienen en gabinetes sobre bandejas a 80% de HR y 27°C. A los pocos días los granos infestados muestran actividad alimenticia y al cabo de unos 20 días presentan suficientes estados inmaduros para la producción del parasitoide. El desarrollo de *C. stephanoderis* toma entre 18 - 21 días a 25°C en un cuarto oscuro. La emergencia de los parasitoides se propicia proporcionando temperaturas más altas y luminosidad.

La producción masiva de parasitoides se puede llevar a cabo con esta tecnología. Durante 1992 fue posible producir en cuatro unidades de cría, cerca de tres millones de avispietas. Las metas para 1993 son las de producir diez millones mensuales, con la cooperación de productores privados. Hasta ahora la producción de laboratorio de parasitoides se ha usado para estudios de campo, para medir el impacto de liberaciones en parcelas infestadas con broca. Ocho parcelas de campo se establecieron en cuatro fincas localizadas a diferentes altitudes, dos por finca, dejando una para el testigo sin liberación. En cada una se hicieron tres liberaciones de parasitoides, siendo la relación de la liberación de un parasitoide por

cada 2 - 3 cerezas infestadas. Esto se estimó por un censo inicial y muestreos mensuales de cerca del 30% de la población. Las evaluaciones se han realizado por un período de casi dos años mostrando que *C. stephanoderis* se puede establecer en los ecosistemas cafeteros de Colombia y se puede dispersar por sí mismo. Las avispidas en corto tiempo, se han podido recuperar en sitios a más de 4 km del lugar de liberación. Los niveles de parasitismo se han incrementado a través del tiempo alcanzándose en algunos casos hasta el 65%.

Otra área de investigación es con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (**Bb**). Este hongo se encuentra naturalmente infectando la broca en casi todas las áreas donde la broca hace su aparición. Hasta el momento se poseen 64 aislamientos de **Bb** de diferentes países y colectados localmente en diferentes sitios sobre broca y otras especies de insectos aproximadamente la mitad de éstos han mostrado actividad contra *H. hampei*.

Se estudió y desarrolló una técnica de bioensayo para seleccionar los aislamientos más patogénicos. El bioensayo usa viales pequeños, baratos, en los cuales las brocas tratadas con **Bb** se colocan individualmente con un pedazo de papel filtro húmedo. La humedad relativa se mantiene en 90% y los viales se taponan con algodón y se guardan en una caja plástica. Después de la muerte de la broca, el hongo crece fuera del insecto y finalmente su cuerpo se cubre totalmente por el micelio.

El ciclo de vida de **Bb** sobre la broca bajo condiciones de laboratorio, se completa en promedio en 8.2 días desde la inoculación del insecto hasta el desprendimiento de las esporas. Los insectos mueren en 4.5 días en promedio. Estos resultados pueden variar de acuerdo con el aislamiento que se use.

Se ha demostrado también la importancia de pasar el hongo **Bb** a través de insectos para reactivar su patogenicidad. Cuando se cultiva el hongo en medios artificiales por tres o más generaciones su patogenicidad es menor que cuando se activa a través de la broca, asimismo el tiempo promedio para causar mortalidad en la mitad de la población se reduce.

Dos enfoques se han investigado para la producción de **Bb**, a nivel industrial y a nivel artesanal. A nivel industrial la producción de **Bb** se inicia con cultivos puros obtenidos de broca en platos de petri en medio SDA, luego este inóculo se utiliza para el crecimiento del hongo en frascos que contienen un medio líquido nutritivo aséptico, bajo condiciones de fermentación y agitación a 110 rpm durante 12 horas. Este cultivo produce blastosporas que sirven para inocular bandejas con un sustrato líquido químicamente definido para la producción de esporas aéreas. Después de 15 - 20 días (dependiendo de la temperatura) el hongo está listo para ser cosechado, homogenizado, formulado y secado en una forma de polvo.

Esta tecnología ha sido transferida por CENICAFE a Compañías locales interesadas en la producción de formulaciones de **Bb** en polvo. Durante 1992 se utilizaron cinco toneladas de hongo a una concentración de 1×10^8 esporas/gramo con fines experimentales. Para

1993 se estima que la Federación Nacional de Cafeteros y los productores particulares estén ofreciendo unas 60 toneladas de hongo formulado para el control de la broca del café.

También se estudió una metodología para producir el hongo a nivel de caficultor en su finca. La metodología es muy sencilla: el sustrato usado es arroz y agua que se introducen en botellas desechables de vidrio, las cuales se taponan con algodón absorbente. Este medio se puede esterilizar eficientemente en un baño maría usando calderas de 50 cm de diámetro x 50 cm de alto, para sostener unas 100 botellas de 375 ml de capacidad. El costo total de producción de 100 gr de hongo en cada botella no supera los \$50 colombianos.

Las botellas estériles con el medio de arroz se inoculan en un ambiente limpio sin el uso de cabinas de flujo de aire estéril. El éxito consiste en tener los mecheros cerca del área de inoculación. Los mecheros se fabrican fácilmente usando botellas desechables de unos 100 cm³ de capacidad. El instrumento de inoculación puede ser una cuchara modificada que se pueda introducir por la boca de la botella.

El hongo producido en esta forma se puede almacenar en estanterías o en cajas de cartón de fácil manipulación y almacenamiento. La producción de esporas en estas botellas es de 4×10^{11} esporas/100 g de sustrato a 25°C y un tiempo de desarrollo de 24 días.

Una vez que el hongo completa su desarrollo está listo para ser usado por el agricultor. A cada botella se le adicionan 10 ml de aceite emulsionable de uso agrícola más 200 ml de agua para remover el sustrato fuera de la botella. La producción de una botella es suficiente para asperjar 400 árboles a una dosis de 1×10^9 esporas/árbol que se considera una dosis apropiada.

Desde que se comenzó esta actividad (mayo 1992) hasta el presente (junio 1993), CENICAFE y el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros han entrenado en esta técnica más de 20.000 agricultores con excelentes resultados en su adopción. Se estima que hasta el momento se ha producido con esta metodología unas 100 toneladas de hongo.

CENICAFE ha puesto a disposición del cafetero una Unidad de Producción Masiva del hongo *B. bassiana*, usando esta metodología en la cual semanalmente se reciben grupos de cafeteros e interesados para ser entrenados en la metodología. Además se suministra por un precio reducido, una botella del hongo denominada CEPA CENICAFE, a la cual se le hace control de calidad para asegurar lo siguiente: a) Que esté libre de contaminantes; b) Concentración apropiada; c) Viabilidad del 100%; d) Patogenicidad en laboratorio del 100% sobre broca y e) Uso de una cepa del hongo recién activada y de mejor comportamiento en el campo. Lo anterior asegura que el cafetero produzca el mejor hongo para el control de la broca.

Una vez que el agricultor obtiene el inóculo, no depende posteriormente de la Federación para obtener inóculo adicional. Si el hongo se establece en las poblaciones de la broca,

ellos pueden coleccionar los insectos infectados con **Bb** y esterilizarlos superficialmente con hipoclorito de sodio al 5% durante dos minutos. Este procedimiento sólo mata el crecimiento externo del hongo, pero cuando se inocula en las botellas el hongo se reproduce desde el interior del cuerpo de la broca, produciendo un cultivo nuevo reactivado que le sirve para preparar el hongo en muchas botellas.

Para el uso del hongo **Bb** en campo sería conveniente que existiera compatibilidad con otros plaguicidas que en alguna circunstancia se llegaran a usar. Para esto cuatro insecticidas y cuatro fungicidas se evaluaron. Se encontró inhibición severa con pirimifosmetil, fenitrothion, hexaconazol y triadimefon y una inhibición moderada con endosulfan y oxiclóruo de cobre.

Endosulfan (Thiodan EC 35) es el insecticida más recomendado en muchas partes del mundo para el control de la broca, por lo tanto realizamos pruebas para establecer la viabilidad del hongo en mezcla con endosulfan en tanques de aspersión. Se usaron dos fuentes de **Bb** producidas en diferentes medios, Sabouraud y Arroz, y tres concentraciones de endosulfan siendo 2.100 ppm la dosis recomendada. La evaluación se hizo observando la germinación de las esporas de **Bb** después de 1, 3 y 6 horas de tiempo de mezcla. En general la germinación se redujo a medida que se incrementó el tiempo de mezcla. También a concentraciones altas de endosulfan, la viabilidad de **Bb** se redujo. No hubo diferencias usando las dos fuentes de hongo. Recientemente una nueva formulación de este producto ha mostrado una mayor compatibilidad con el hongo al eliminarse uno de sus solventes.

Las formulaciones de *B. bassiana* se han evaluado bajo condiciones de campo y en todos los casos el hongo se ha establecido sobre las poblaciones de broca. **Bb** sólo es efectivo cuando la broca entra en contacto con las esporas, cuando está penetrando en la cereza. Si el insecto ya entró a la cereza es difícil que el hongo lo pueda afectar.

La epizootiología de **Bb** se ha estudiado en una finca infestada con broca en Ansermanuevo (Valle del Cauca) a 1000 msnm en un cafetal de variedad Colombia plantado a una densidad de 10.000 árboles/hectárea. La infestación de la broca se inició en la parte central de la parcela en junio de 1991 y en esa época se asperjó con una formulación en polvo de **Bb** en la dosis de 1×10^8 esporas/árbol. Después de seis meses la broca estaba distribuida en todo el campo así como el hongo. Se tomaron registros mensuales de infestación de broca e infección por el hongo sobre 300 muestras al azar desde enero a agosto de 1992. La unidad de muestreo fue una rama productiva sobre la cual se contaron todas las cerezas, las cerezas infestadas y aquellas con infección del hongo. Los resultados indican que una alta proporción de la broca (> 75%) puede ser infestada por el hongo a medida que el tiempo transcurre causando una reducción en la población de la plaga.

Debido a que la broca del café es una plaga introducida sin enemigos naturales presentes en Colombia, la primera estrategia basada en los resultados de investigación presentados aquí, es introducir tanto parasitoides como entomopatógenos en el ecosistema cafetero que ha sido invadido por la broca.

Nuestro propósito final es implementar un programa de manejo integrado que pueda incluir diferentes métodos de control tales como las prácticas de cosecha sanitaria, controles en la etapa de beneficio del café y los componentes biológicos basados en parasitoides como *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*, *Phymastichus coffea* y entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae* e *Hirsutella eleutheratorum*.

POSIBLES MODELOS PARA LA COMBINACION DE LOS CONTROLES BIOLÓGICO Y QUÍMICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA

Edison Valencia¹

Resumen

La broca de la cereza del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) es reconocida como la peor plaga de este cultivo a nivel mundial. El café soporta niveles muy bajos de infestación y cuando ésta es superior al 5% en el campo, las pérdidas económicas son considerables.

Existen diversas alternativas de manejo de esta plaga entre las que se destacan el control legal, los controles manual y biológico y cuando sea necesario el control químico, toda vez que las demás alternativas no hayan funcionado.

Pocos países han logrado implementar totalmente programas de Manejo Integrado de *H. hampei* y las principales limitantes para esta implementación han sido: las dificultades de adaptación de los controladores biológicos a los diferentes agroecosistemas donde existe la broca, el desconocimiento del momento o época oportunos para aplicar cada método de control, pero sobre todo, la falta de un esquema de Manejo Integrado que resulte realmente más barato para el agricultor, que el control de la plaga fundamentado en el uso de insecticidas químicos.

Las características de alta eficacia contra la broca y de amplia selectividad a benéficos de endosulfan, hacen posible el desarrollo de programas de manejo los cuales se discuten en la presentación de este trabajo.

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) es la plaga más limitante para la producción de este cultivo en el mundo. El insecto es capaz de atacar las cerezas prácticamente en cualquier estado de desarrollo de las mismas, aunque requiere de la presencia de frutos con más de un 20% de materia seca para reproducirse y establecerse en el campo. La dinámica de poblaciones de la broca guarda una estrecha relación con el desarrollo fenológico del cultivo de café, por esta razón es fundamental que el agricultor lleve un registro riguroso de las floraciones, que le permita discriminar entre las menores y mayores y proteger así en especial los frutos correspondientes a las cosechas principales. El registro de las floraciones también permite establecer las épocas críticas del cultivo con respecto al ataque de la plaga, que en general corresponden al período entre los 90 y 150 días después de las floraciones mayores. La estrategia básica de manejo de la broca consiste en mantener bajas las poblaciones del insecto, es decir, en lo posible por debajo

¹ Hoechst Colombiana, S.A. A.A. 80188, Santafé de Bogotá.

del umbral económico definido en un 5% de cerezas brocadas; de manera que la presión de infestación sea también baja al momento de iniciarse la cosecha principal.

Dentro del concepto actual de Manejo Integrado de Plagas (MIP), cada método de control posee un escenario propio y los principios técnicos bajo los cuales se aplica cada uno de estos métodos pueden ser muy diferentes. Los practicantes del MIP, debemos ser sensibles a las más pequeñas variaciones en la dinámica de poblaciones del insecto plaga que queremos controlar. En el caso de la broca del café, es fundamental que las medidas de control seleccionadas tengan correlación con la densidad de la plaga y la madurez fisiológica de las cerezas de café. Dado que la velocidad de penetración de la broca y su capacidad de establecimiento varían según el estado de los granos, se puede afirmar que no es lo mismo tener un 3% de infestación sobre cerezas verdes, que tener la misma incidencia de la broca sobre cerezas entrando a maduración. En este último caso la velocidad de colonización del insecto en el campo puede ser mayor y se tendría menos tiempo para adelantar medidas de control eficientes.

El comportamiento de la broca para penetrar los frutos, es otra variable de importancia para el manejo de esta plaga. Cuando el porcentaje de humedad de las cerezas es inferior al 20%, las hembras pueden esperar durante días en el pequeño canal de penetración que excavan en la pulpa antes de atacar la almendra. La profundidad a la cual se encuentran también varía según las características particulares de los frutos y el tiempo de ataque del insecto.

Cuando las hembras de *H. hampei* están iniciando la penetración de los frutos verdes ya formados y es aún posible ver la parte posterior de su cuerpo afuera, corresponde al momento de mayor exposición de la plaga a medidas de control como los insecticidas biológicos o químicos. Por otra parte, es factible que un gran número de hembras adultas de la broca estén volando activamente en el cultivo y sean por lo tanto más susceptibles al efecto de contacto de algunos productos.

Las consideraciones anteriores nos permiten adentrarnos en aspectos concretos de manejo de poblaciones de *H. hampei* a través de la utilización de diferentes alternativas técnicas de control.

Durante la etapa inicial de establecimiento de un insecto plaga, se presenta un incremento lento de la población y existe cierta "fragilidad" frente a factores bióticos y abióticos que integran la resistencia ambiental. En esos momentos la población es susceptible de ser controlada por agentes de efecto moderado, que frecuentemente no son capaces de reducir la población, pero logran evitar que se incremente, manteniéndola con suaves fluctuaciones alrededor de una posición de equilibrio; si la infestación es mantenida por debajo del umbral económico, durante largo tiempo, carece de importancia lograr disminuciones drásticas de la población de la plaga. Los métodos no disruptivos, como los controles manual y biológico, se ajustan a estas características y son especialmente valiosos para mantener baja la infestación, con mínimos efectos colaterales en el agroecosistema.

Estos métodos también permiten un incremento normal de la fauna benéfica nativa y facilitan el trabajo de controladores biológicos adicionales liberados en el cultivo.

Los controles manual y biológico deben ser las primeras medidas utilizadas para el manejo de poblaciones en establecimiento de la broca y deben emplearse hasta cuando sean capaces de mantener las infestaciones por debajo del umbral económico. Sin embargo, tanto agricultores como técnicos deben estar atentos al momento en el cual, a pesar de estar utilizando métodos no disruptivos se presente un incremento continuo de la infestación. Este hecho señala la ocasión oportuna para aplicar el control químico, el cual es un método capaz de reducir las poblaciones en forma rápida y además drástica.

Es importante resaltar, que dentro del Manejo Integrado de broca, la recolección manual de cerezas brocadas, maduras y sobremaduras, no solo es por sí mismo una alternativa de control, sino que realmente constituye un margen de seguridad para la eficacia de los demás métodos. Es así como una cosecha fitosanitaria efectuada antes de la aplicación de un patógeno o de un producto químico, amplía significativamente la eficacia y la duración de estos controles.

El aspecto principal para la toma de decisiones en el control de la broca, es el balance entre los costos relativos de cada método y sus expectativas de efectividad en un momento determinado. Cuando el agricultor percibe que la recolección manual intensiva no está frenando el incremento de la broca, debe recurrir a otros medios de manejo del problema, antes de que los daños y los gastos operativos le ocasionen pérdidas cuantiosas. Este planteamiento también es válido para decidir en qué momento el control biológico debe ser reforzado con el control químico para reducir el impacto económico de la broca.

El objetivo central del MIP debe ser necesariamente, optimizar el desempeño de cada uno de los métodos empleados, con ventajas económicas para el agricultor y con el mínimo impacto ambiental.

Reviste especial importancia conocer todas las posibles interacciones (positivas y negativas) entre las diferentes alternativas de control de la broca, para ajustarlas adecuadamente a un programa flexible de manejo. Este aspecto requiere estudios específicos de compatibilidad entre los controladores biológicos y químicos, tanto en los casos en que estos métodos se apliquen simultáneamente como en aquellas ocasiones en que deban ser implementados por separado, es decir a través de rotaciones o sucesiones.

Entre las alternativas de importancia para el control de la broca, se encuentra el hongo *Beauveria bassiana* sobre el cual se han realizado investigaciones intensivas en Colombia con resultados alentadores. La eficacia de *B. bassiana* como la de otros insecticidas microbiológicos, depende estrechamente de dos factores: una adecuada selección y producción de la cepa y una apropiada formulación del producto terminado. Si la selección y producción de la cepa son correctas, se están garantizando buena viabilidad, patogenicidad y virulencia del hongo; factores de gran importancia para lograr una eficacia satisfactoria. Sin embargo, es igualmente importante contar con una buena formulación,

puesto que de ella depende la tolerancia del patógeno a factores adversos y la estabilidad física y biológica del producto comercial.

Los entomopatógenos y en particular los hongos, actúan inicialmente a través de efectos estabilizadores de la población de su hospedero, llamados efectos bioestáticos; posteriormente, al iniciarse el establecimiento del patógeno en el campo, es posible que se reduzca gradualmente la población a través de efectos biocidas. La combinación de estos efectos permite que un agente biológico regule la población de la plaga, dado que depende de la densidad de la misma.

Es fundamental enfatizar, que el efecto bioestático actuando sobre una población de plaga que se encuentra por debajo del umbral económico, es tanto o más efectivo para evitar pérdidas, que el efecto biocida ofrecido por el control químico sobre altas poblaciones de la plaga en cuestión.

Esto sugiere que el control con patógenos puede ser importante para mantener bajas las poblaciones en establecimiento o infestaciones iniciales, pero también sería de gran utilidad para mantener bajas las poblaciones después de efectuar el control químico.

Entre las posibilidades actuales para el control biológico de la broca, se encuentran diversas presentaciones comerciales de *B. bassiana* y del hongo producido en la finca que ya vienen siendo utilizadas por los agricultores en Colombia. Como una nueva alternativa biológica para combatir la broca, se presenta el *B. bassiana* desarrollado por Hoechst Colombiana (CONIDIA) con unas condiciones especiales en su formulación y en su sistema de producción, que ofrecen excelentes características biológicas.

Este producto se entrega como una opción tecnológica que en combinación con endosulfan y otras medidas de control biológico y cultural, haga factible la verdadera implementación del Manejo Integrado en Colombia. Las recomendaciones de uso de este producto apuntan al control de las infestaciones bajas de la broca, es decir poblaciones iniciales en establecimiento o poblaciones en vías de recuperación después de un tratamiento químico. Todo esto de acuerdo con el "modus operandi" de los productos biológicos, descrito anteriormente.

El desarrollo de nuevos conceptos para la implementación de modelos funcionales de MIP en Colombia, requiere de un profundo análisis de cada uno de los componentes de estos programas y estudios específicos de interacción, complementados por pruebas de campo paralelas a escala semicomercial, que permitan visualizar el comportamiento de estas estrategias en situaciones reales, en lo posible bajo diversas condiciones agroecológicas y climáticas. El desarrollo de modelos definitivos es complicado y tomará tiempo, pues es indispensable conocer mucho mejor la plaga y sus enemigos naturales; sin embargo, es factible y necesario implementar estrategias preliminares que permitan el control de la broca al tiempo que se adelantan investigaciones avanzadas al respecto.

Un modelo posible de Manejo Integrado de la broca, consiste en controlar las primeras infestaciones que se presenten, mediante aplicaciones sucesivas y generalizadas de *B. bassiana* Hoechst (Conidia). El tiempo entre una y otra aplicación del biológico depende de la presencia del insecto y de las condiciones climáticas. El propósito de estas aplicaciones tempranas del hongo, es impedir el incremento de las poblaciones y retardar al máximo la primera aplicación de insecticida químico. Una vez realizadas las primeras aplicaciones generalizadas del hongo, la población de la plaga tiende a estabilizarse, lo cual es lógico si consideramos que alrededor de los 80 días después de floración, los granos no son del todo aptos para que la broca se reproduzca y además la fase activa de crecimiento de los granos, coincide con una época relativamente húmeda que favorece la actividad del patógeno.

Tras un período de estabilización de la población de la broca entre los 3 y 4 meses después de floración, las cerezas de café entran en una fase de crecimiento lento, con pérdida progresiva de humedad y son cada vez más aptas para la colonización de la broca. De otra parte, las lluvias son ahora menos frecuentes con una menor humedad relativa que es una limitante importante para la acción del *B. bassiana*. Por esto, con la disponibilidad de frutos consistentes es factible que los controles no disruptivos (manual y biológico) sean insuficientes para detener el incremento de la broca, es entonces justificable utilizar el control químico cuando la broca alcance el umbral económico.

Toda vez que a través de la implementación práctica del Manejo Integrado se logra retardar la primera aplicación de químicos, es necesario utilizar productos de alta eficacia como el endosulfan para controlar las brocas penetrando cerezas verdes ya formadas, las cuales ofrecen condiciones óptimas para la reproducción. La alta eficacia de endosulfan se debe a su forma múltiple de acción, dado que actúa por contacto directo, por contacto tarsal y a través de la fase de vapor del producto que es capaz de controlar las brocas que se encuentran haciendo el canal de penetración. De otra parte, se trata de un producto con características de selectividad a benéficos, lo cual no solo es importante con respecto a los enemigos naturales de la broca sino también para la conservación del equilibrio agroecológico del cultivo de café, dado que es necesario conservar la fauna benéfica nativa para evitar la explosión de plagas secundarias. La interacción de los controles biológico y químico puede continuar aún después de la aplicación de este último, ya que cuando la población de la broca es drásticamente disminuida por el endosulfan, es posible mantenerla abajo a través de una aplicación posterior de *B. bassiana*. Esta aplicación debe hacerse cuando se detecte presencia de nuevas brocas en el campo. Un efecto adicional del tratamiento biológico, es ampliar el tiempo entre la primera y la segunda aplicación de químicos y muy posiblemente la eliminación de dicha aplicación.

Otro posible modelo de manejo consiste en esperar que la broca alcance los umbrales económicos para reducir su población a través de una aplicación de endosulfan y de ahí en adelante realizar aplicaciones de *B. bassiana* (Conidia) para mantener niveles de infestación reducidos hasta la maduración de frutos. Un aspecto especialmente importante en relación con el Manejo Integrado de la broca, es que se pretende evitar aplicaciones generalizadas de químicos contra infestaciones muy bajas de la plaga, así como las

aplicaciones cercanas a la cosecha agrícola, pues es indispensable respetar el período de espera, que para endosulfan ha sido definido en 20 días antes de cosecha, siendo deseable que la última aplicación del químico se haga un mes o más, antes de la recolección.

Se sugiere entonces que la integración de *B. bassiana* Hoechst (Conidia) y endosulfan dentro de un programa MIP en café, tiene como propósito principal, reducir sustancialmente el número de aplicaciones del producto químico a cosecha, de esta manera el programa MIP puede resultar más barato que el manejo de la broca basado exclusivamente en el uso de insecticidas químicos, al tiempo que se reduce el impacto ambiental y el riesgo toxicológico con estos productos.

Finalmente, es indispensable que se sigan adelantando estudios específicos para implementar otros modelos de manejo integrado, considerando que las características de la caficultura en Colombia exigen una racionalización u optimización del control químico de la broca, para que este recurso tecnológico en combinación con otros valiosos métodos de control, contribuya a la solución de este grave problema de la broca con las mínimas repercusiones ecológicas y con verdaderas ventajas económicas para los caficultores.

LA BROCA: EL EXAMINADOR DE LA CAFICULTURA COLOMBIANA

Jairo Gómez Zambrano¹

Resumen

El sistema caficultor-medio ambiente-Fedecafé-cooperativas se analiza a la luz de la presencia de la broca, en un punto del tiempo donde el sector se encuentra en crisis por la caída del precio externo del grano.

Cada elemento del sistema es afectado de manera diferencial por el problema y tiene una capacidad de gestión también diferencial.

A la fecha, para el promedio de la caficultura colombiana afectada por la plaga, no existe un control, por cuanto las medidas no tienen una efectividad tal que hagan rentable las operaciones de tipo manual, biológico o pesticida que se realizan.

Se plantea como urgente que la nación entera a través de recursos de gobierno fortalezca la investigación que permita llegar a un control de la plaga.

Una medida posible es la declaratoria de emergencia económica que permita que una inmensa masa de caficultores pueda "capear" sin riesgo de la subsistencia este azote sanitario.

Introducción

Desde la perspectiva de un Ingeniero Agrónomo que lleva 15 años como productor cafetero, 24 años como profesor universitario y 8 años como dirigente gremial, me propongo examinar el mayor desafío tecnológico que ha tenido la nación colombiana: la plaga de la broca del grano del cafeto.

Un panorama

Hasta la aparición de la roya, la caficultura colombiana no tenía plaga o enfermedad limitante. Tal condición sanitaria, unida a una condiciones de suelo y clima favorables, permitían una amplia diversidad de sistemas de producción: desde plantaciones a la sombra con bajas densidades de población y producciones de 20-40 arrobas por hectárea, hasta plantaciones a plena exposición solar con altas densidades del cultivo, manejo de maleza, fertilización y producciones por encima de las 300 arrobas.

Cuando llega la roya, la respuesta del sistema productor del grano resulta en promedio, adecuada al reto que plantea el hongo; veamos:

¹ Universidad Nacional de Colombia - Palmira.

- Intensa campaña publicitaria
- Subsidios para control químico
 - en efectivo
 - en oxiclорuro de cobre
 - en rebaja de aspersores de espalda
- Mejoramiento del manejo de malezas y fertilizantes
- Generación de la variedad Colombia, por CENICAFE

Debe señalarse que el cenit del problema coincide con una situación buena del mercado externo, en la cual parte de los dueños del negocio (la cúpula de Fedecafé y el gobierno) y los encargados de las plantaciones (denominados caficultores) tienen motivos para no dejar caer la actividad productiva.

Y como ha ocurrido en muchos cultivos en todos los países, la aparición de la componente sanitaria modifica intensamente las relaciones del sistema natural y el perfil cultural del agricultor. Total y con precio remunerativo, la roya aceleró un poco la tecnificación del cultivo y la extensión del área hasta llegar a un poco más de 1'100.000 ha.

Con la aparición de la broca, que a la fecha ocupa un poco más de 150.000 ha, en una situación de precio internacional ruinoso, el peso de la crisis que se está generando, lo está llevando el caficultor en forma heroica.

Frases como, "Así fue con la roya, y al final el problema no pasó a mayores", "En Brasil llevan muchos decenios con la broca y la saben manejar", son expresiones de una posición muy colombiana de reducirle la dimensión a los problemas por la vía retórica. Sólo en este año de 1993, se comienza a entender la magnitud y el alcance del problema y a menos que ocurra un "milagro" biológico, de acuerdo con la marcha de la plaga, toda Colombia sentirá el impacto económico y social de la ruina de caficultores, veredas, municipios y departamentos.

Los actores del sistema se afectan de una manera diferencial: los "compradores particulares", agentes de los exportadores privados al principio se aprovechan del pánico de los caficultores para tirar el precio de los lotes brocados hacia abajo y obtener ganancia; pero luego baten a retirada por su rechazo en el exterior, las cooperativas como agentes de la Federación ven una amenaza en el horizonte, y a veces los fieles a su cuenta y riesgo se aprovechan de la situación para rebajar de 500 a 1500 en arroba, como rebaja más allá de los castigos por pasilla, lo cual genera desesperanza. La Federación de Cafeteros, que de la mejor buena fé alentó las siembras, tiene en la plaga un reductor de la producción. El gobierno, con su perfil neoliberal-aperturista se frota las manos por el previsible debilitamiento del poder negociador del gremio y finalmente el productor primario de la riqueza, el cafetero, no se explica cómo su gestión, otrora creadora de la economía del país, se encuentra al borde de la desaparición, ante la impávida mirada del gobierno que no parece acordarse de los US\$ 1.600 millones que le ha arrebatado en épocas de bonanza.

El control de la broca

A Mayo de 1993, Fedecafé establece que para niveles de infestación del 2.9%, el RE-RE es suficiente y que si se llega a niveles de hasta el 5% debe intensificarse el RE-RE y que si es mayor del 5% se necesitan otras medidas de control, de naturaleza química y biológica.

La hipótesis es que para el promedio de la caficultura colombiana, no existe a la fecha un control.

No debe confundirse la efectividad total o parcial de las medidas de control con el control. Un control se tendrá con una o varias medidas de control que aseguren un nivel de infestación bajo a un costo razonable de tal manera que el conjunto de la operación productiva sea rentable.

Tal como están las cosas, los 22.5 jornales-ha-año supuestamente requeridos para control, pueden alcanzar valores de \$100.000.00 a \$150.000.00 siempre y cuando se esté en condiciones propicias: fuera de la zona marginal baja, año 1 de estar infestado por broca, vecinos responsables controlando, plantación tecnificada que facilite las labores. Ello sería el costo directo. Pero hay que tener presente, otras pérdidas que no se notan:

1. Las almendras brocadas.
2. Las almendras buenas que se pierden con las almendras brocadas.
3. Los granos con agujero en el ostíolo que se retiran sin estar brocados.
4. Los granos sin infestar que caen al suelo como resultado de la operación de retirar los granos brocados de la rama.

La administración de las plantaciones estaba signada por el manejo de personal. Ahora el foco de atención es el control de broca; total, se resiente la marcha operativa y como consecuencia una menor atención al cultivo en sí.

Hacia adelante resta esperar que la nación entera a través de recursos de gobierno fortalezca la investigación que permita llegar a un control de la plaga. Quizás se haga necesario que las universidades y otros centros de investigación refuercen la acción de Cenicafé a través de otros enfoques (v. gr. la alelopatía, inhibidores temporales de floración) de tal forma que acortemos el tiempo de abatimiento de la producción.

La amergencia económica

Como no se trata de un cultivo cualquiera, de poco impacto socioeconómico, sino del café, que además del impacto en las cuentas nacionales y en el empleo tiene también un frente ecológico, se puede pensar en una declaratoria de emergencia económica que:

1. Condone las deudas de los caficultores con las agencias de crédito.
2. Destine muchos recursos a la investigación en control de la broca.
3. Permita un programa de compra de café verde para eliminar las traviesas en muchas zonas y así cortar el ciclo del bicho.
4. Posibilite el reemplazo de cafetales por selvas para no deteriorar las cuencas hidrográficas con potreros y/o cultivos limpios.

La justificación al primer punto se basa en el hecho de la ruina actual y cercana de muchos caficultores a los que la refinanciación sólo les alargó la muerte financiera. Es una especie de variante de la reforma agraria. En vez de subsidiar a nuevos agricultores con un 60% del valor del predio, permitamos la permanencia de los ya establecidos que conocen su medio y tienen tradición de cultivadores.

La realización del tercer punto, puede constituirse en una medida transitoria de control, que es posible en la medida que existan recursos para hacerlo.

El énfasis para el cuarto punto, de financiar la reselvatización de zonas marginales y cercanas (puede ser desde los 1.100 hasta los 1.400 msnm) se orienta a 2 aspectos. El primero, la necesidad que el país tiene de conservar y potenciar las cuencas hidrográficas como fábricas de agua y el segundo, el establecimiento de un buen amortiguador térmico que impida la marginización de zonas cafeteras, hoy consideradas óptimas (ej. 1.400 a 1.600 msnm) que de otra forma se convertirían en medio adecuado para la broca.

La reselvatización puede aparecer como un subsidio, si pensamos que la selva no es un recurso que además permita la regulación de los caudales hídricos. Cualquier inversión resulta escasa, cuando se trata de recuperar el caudal de una quebrada o de un río. Cada hectárea de selva en zona de 1.800 mm al año de precipitación permite tener un caudal de estiaje de 0.1 lps, suficiente para el abastecimiento doméstico de 430 personas.

En vez de quejarnos de la deselvatización, impulsemos efectivamente la reselvatización en los predios cafeteros a través de la figura de los productores de agua. De no hacerlo, los caficultores reemplazarán, como ya lo están haciendo, sus cafetales que son en cierta medida unos bosque, por praderas y cultivos limpios que son agroecosistemas de menor capital biofísico. Con menor capital biofísico, las laderas seguirán calentándose y lo que hacemos es ir corriendo hacia arriba la zona marginal baja, con evidentes ventajas para la broca.

Hagamos de la crisis originada por la broca del grano del cafeto una oportunidad para crear nuevas posibilidades al sector cafetero y a la nación entera.

Creo que los países consumidores del grano, tan preocupados por el calentamiento global, pueden pagar 3-5 centavos de dólar adicionales por libra de café, si tales centavos se dedican al programa de los productores de agua.

CURSILLO CONTROL BIOLOGICO

EL CONTROL BIOLÓGICO, COMPONENTE ESENCIAL DEL MIP DE PLAGAS PECUARIAS

Rodrigo A. Vergara R.¹

Resumen

En las explotaciones pecuarias de Colombia, la presencia de diferentes especies de moscas comunes especialmente de la Familia Muscidae, representan un serio problema para la salubridad y producción de los animales, por ser vectores mecánicos de un sinúmero de enfermedades ocasionadas por microorganismos. Las pérdidas en productos y subproductos animales se incrementan con los costos del uso de insecticidas ineficaces para su control. Además las comunidades que habitan cerca a las explotaciones de animales sufren afecciones en su salud.

El MIP que se adelanta en la actualidad, combina armónicamente diferentes estrategias de control tales como cultural, físico; pero hace énfasis en el control biológico de pupas de moscas. Para ello se tienen crías masivas de *Spalangia* sp. y *Muscidifurax* sp. (Hymenoptera-Pteromalidae), de las cuales se hacen liberaciones inundativas. Los lugares donde se efectúan los trabajos son empresas avícolas, ganaderas (leche y/o carne), de cerdos, caballares y además comunidades rurales.

Inicialmente se procede a diagnosticar el problema, para lo cual el entomólogo debe estudiar los aspectos relacionados con: tipo, tecnificación y dinámica de la empresa; problema de moscas, especies involucradas y dinámica poblacional; actividades de control; condiciones físicas, ubicación y manejo de estiércoles y basuras. En esta etapa se hace un inventario preciso del control natural de moscas.

En la etapa operativa se instalan trampas cubocónicas, se efectúan liberaciones de parasitoides, se establecen registros sobre población de moscas y se adelanta una completa vigilancia en cuanto al manejo de estiércoles, basuras, control de humedades y la no aplicación de insecticidas.

Los resultados sobre el manejo en la actualidad de diversas explotaciones pecuarias y comunidades rurales en cuanto al MIP, demuestran que este método facilita el incremento del control natural, reduce los problemas de salubridad, se da un control eficiente de moscas y se recupera el medio ambiente de las explotaciones. La eficiencia se manifiesta a partir del tercer mes de establecido el MIP.

1. Introducción

El manejo integrado de plagas (MIP) puede no sólo implementarse en la producción de cultivos. En otras actividades del hombre donde los insectos constituyen un problema se

¹ Universidad Nacional, Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Departamento de Agronomía.

han diseñado este tipo de programas. En las explotaciones pecuarias las poblaciones insectiles nocivas, especialmente dípteros, constituyen una limitante para el rendimiento y salud de los animales domésticos y de los trabajadores. En estos lugares se ha comprobado que la resistencia a insecticidas de las especies más incidentes, es el principal obstáculo que se tiene para el empleo del control químico en una solución satisfactoria de este problema entomológico y es fácil reconocer que cuando la resistencia se ha acentuado pueden encontrarse densidades de población poco frecuentes de estos dípteros.

La importancia que tienen los insectos que se presentan en las explotaciones pecuarias se incrementa cuando se conoce que varias de ellas son señaladas como vectores mecánicos de un sinúmero de enfermedades causadas por varios tipos de microorganismos patogénicos. Pero debe considerarse además que al incrementarse los costos de control y las pérdidas en leche, carne, huevos y otros productos, la situación se torna más crítica.

Las cuantificaciones de las pérdidas que pueden producir las llamadas moscas comunes en la industria animal no son precisas pero los interesados afirman que son de una magnitud superior a los 20 mil millones de pesos al año, con el agravante que estas cifras se incrementan cada año por diferentes aspectos tales como el aumento de los costos del control. Debido a que en el país se ha intentado el control de estas plagas con base en el unilateral método del control químico, con resultados negativos y se han generado problemas colaterales como resistencia de las especies involucradas a los insecticidas, intoxicaciones de operarios y los animales, así como un desproporcionado incremento de los costos de producción, además de la contaminación de las instalaciones y las fuentes de suministro de agua; se hace entonces necesario buscar otras alternativas de control.

En este documento se pretende hacer una síntesis de la forma como opera un MIP en explotaciones pecuarias, pero resaltando el papel que en estos programas cumple el Control Biológico.

2. Generalidades sobre insectos plaga de explotaciones pecuarias

En el grupo de moscas comunes, se han registrado varias especies, pero las más representativas en la familia Muscidae, según Posada (20) son *Haematobia irritans* (L.), *Musca domestica* L. y *Stomoxys calcitrans* (L.) llamadas en Colombia "mosca de los cuernos", "mosca casera" y "mosca de los establos" respectivamente. Jiménez (16) señala que estas dos últimas constituyen el 90% de la población de adultos en las explotaciones pecuarias y cita además las especies *Fannia scalaris* (F.) o mosca de las letrinas; *Fannia canicularis* (L.) o mosca de los gallineros que a pesar de pertenecer a la familia Anthomyiidae se les agrupa en las moscas comunes. El complejo *Hippelates* Chloropidae y además especies de las familias Calliphoridae y Cuterebridae se presentan en niveles variables constituyendo parte de este grupo de plagas (12).

Debido a las características propias de la biología y etología de las moscas y al desarrollarse en material en composición contaminado con múltiples microorganismos ellos representan una amenaza real y potencial para la salud del hombre y los animales

domésticos, aunque según Harwood y James (17) es difícil determinar el papel que cumple por ejemplo *Musca domestica* L. en la transmisión de las enfermedades. De todas formas este complejo insectil, dominado por especies sinantrópicas, se encuentran contaminadas con varios organismos causantes de enfermedades (22).

Más de 100 especies de organismos causantes de la disentería amibiana, entre ellos *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Chilomastix mesnilli*; de la fiebre tifoidea: *Salmonella typhi*; de infecciones entéricas. *Escherichia coli*; del cólera: *Vibrio comma*; de la frambresia: *Treponema pertenuae*; de la tuberculosis: *Mycobacterium tuberculosis*; del antrax: *Bacillus antracis*; de la poliomielitis, hepatitis infecciosa, conjuntivitis, tracoma y lepra, son citadas como contaminantes de moscas (7).

Las poblaciones de moscas se han incrementado en los últimos tiempos quizás debido a que han logrado desarrollar resistencia a los productos químicos cuya gran mayoría son inefectivos contra esta plaga. López y Gómez (11) reseñan que para el control de adultos se han utilizado toda clase de productos químicos existentes para el control de garrapatas, pero infortunadamente sólo se han logrado reducir temporalmente las poblaciones.

En Colombia la importancia económica de las moscas comunes en las explotaciones pecuarias no ha sido calculada con exactitud, ejercicio que es bien difícil, pero se señala que las pérdidas anuales alcanzan la cifra de los 100 millones de dólares, representados en la reducción en la producción de carne, leche, huevos, derivados lácteos, muerte de animales y costos de control, pero se cree que la cifra es superior (24).

En términos generales se poseen informes sobre cerca de veinte enfermedades transmitidas por las denominadas moscas caseras que además de las mencionadas pueden mencionarse amibiasis, diarreas, disentería bacilar, poliomielitis y miasis intestinales. El cuerpo de estos insectos se encuentra recubierto de pequeños "pelos" o setas donde pueden portar bacterias que según varios investigadores pueden ser hasta 6'600.000 por mosca con un promedio de 1'250.000 para cada díptero en los intestinos de *Musca domestica* L. pueden hallarse hasta 33 millones de microbios (23).

Las moscas *Haematobia irritans* (L.) y *Stomoxys calcitrans* (L.) son especies hematófagas y requieren de sangre para producir las hormonas ganadotrópicas necesarias para la ovulación, que es estimulada por la Cistina y el ácido glutámico contenidos en la sangre del ganado afectado. Un animal que esté infestado por *Haematobia irritans* (L.) puede perder según Rodríguez (24) hasta 220 ml/sangre por día y cada mosca puede ingerir 16 ml de sangre diaria para su mantenimiento. Un tábano grande puede extraer hasta 0.2 ml de sangre diaria ocasionando anemia que afecta la producción y reproducción del ganado.

Jiménez (8) confirma la importancia económica de las moscas y señala que además de las enfermedades ya citadas, transmiten infecciones coli, coriza, salmonella, cólera en las aves y al ganado vacuno y caballar comunica *Anaplasma marginale*, streptococcus, stafilococcus, anemia infecciosa, virus, nematodos y coccidios; además de ser vector de los huevos del nuche los cuales transportan en patas, abdomen y vellosidades hasta encontrar un huésped final.

3. Fundamentos para un mip de plagas pecuarias

El manejo de los artrópodos plagas de las explotaciones ganaderas y avícolas es un proceso complejo que requiere de una mezcla de estrategias de control de acuerdo con las especies de plagas involucradas, así como de los tipos de producción animal que se están adelantando. La producción ganadera o avícola debe manejarse como un sistema y por esto Axtell y Stinner (2) explican que el Manejo Integrado de Plagas es tan sólo una parte del sistema total del manejo de la explotación, necesitándose para poder diseñar e implementar técnicas de manejo, análisis permanente de la dinámica poblacional de las plagas entre otros factores.

Durante los programas de Manejo Integrado de Moscas Comunes, plantea Vergara (23) que las diferentes estrategias de control deben concatenarse entre sí. Cada programa opera según el tipo de empresa: ganadera; avícola; porcícola; equina, entre otras. En los lugares donde se procede a desarrollar un programa de este tipo se recomienda no emplear productos químicos para el control de la población de moscas, pero al igual que en otros países se necesita incluir la liberación de los enemigos naturales; instalación de trampas cebadas con material atrayente; mantener un proceso de limpieza total y control de humedades. Además los operarios deben entrenarse y educarse para el programa.

3.1 Control cultural

El uso de prácticas culturales, se basa en que cualquier cambio en un componente de sistema de explotación pecuaria puede afectar en forma variable o desfavorable a uno o varios de los otros componentes. En términos generales el control cultural va enfocado al mantenimiento de un habitat desfavorable a las poblaciones de plagas, lo cual permite que especies benéficas puedan proliferar y así coadyuvar a la reducción de la densidad poblacional.

En esta estrategia se necesita implementar medidas conducentes a manejar los sitios o focos de reproducción y desarrollo de las moscas a saber: excrementos (estiércol), basuras y desechos de alimentos. En la materia orgánica en descomposición pueden encontrarse las formas inmaduras de las moscas o sea huevos, larvas de diferentes instares y pupas. El manejo del estiércol permitirá reducir estas formas biológicas de las plagas.

Debido a que las larvas requieren de humedades del 70 al 80% para alimentarse, además de la preferencia de oviposición en estiércol o materia orgánica húmeda, se debe desarrollar una práctica de deshidratación del estiércol. Para ello se acude a la formación de una pila de compost que puede ser el mismo estiércol descompuesto, el cual según Jiménez (8) servirá de cama y cubierta al estiércol fresco que periódicamente se está removiendo. El compost se hace bajo techo o cubierto con plástico, se le construye un buen drenaje y forma de ventilación, para que la deshidratación sea rápida. Además el complejo de organismos que se encuentran en él produce con su actividad aireación. En estos lugares se van a desarrollar insectos benéficos y por esto no deben removerse hasta no estar totalmente descompuestos.

Vergara (23) y Jiménez (8) afirman que el método de control cultural efectivo sólo si se emplea técnicamente y en términos generales consiste en remoción o movimiento de desechos orgánicos, en gallineros y establos. Jiménez (8) complementa señalando que el control cultural se refiere a medidas de manejo tanto de estiércoles como de basuras, principales focos de reproducción de moscas ya que en la materia orgánica en descomposición se localizan posturas, larvas y pupas que posteriormente generan las altas poblaciones de moscas adultas.

3.2 Control físico

Analizando la biología de *Musca domestica* L. para condiciones de Estados Unidos, Axtell y Stinner (2) afirman que este insecto en locales calientes requiere sólo de seis a diez días para el desarrollo de su ciclo. Los huevos son depositados en grupos sobre las excretas más olorosas y húmedas. Los huevos eclosionan en el día y las larvas que pasan por tres instares, se mueven a través de los estiércoles buscando en el último instar un sitio seco para empupar. Los adultos emergen y permanecen en el habitat buscando alimentarse, copular y de nuevo iniciar las hembras la oviposición.

Cuando se estudia en detalle la influencia de los factores del medio ambiente sobre la longevidad de los adultos de *Musca domestica* L., se comprueba que la longevidad está inversamente relacionada con la temperatura y se mejora o prolonga por la presencia de azúcares y almidones solubles en la dieta. Pero en el campo, explica Lysyk (13) los adultos se alimentan de diferentes excretas de animales, así como de alimentos para estos organismos, lo cual significa que las moscas están sometidas a dietas muy variadas según el tipo de explotación pecuaria, lugares en los cuales no tienen libre acceso a azúcares y almidones.

Con el fin de coadyuvar a la reducción de poblaciones de adultos se recomienda el empleo de trampas. Existen varios diseños y estilos; Kelding (10) menciona la cilíndrica con un cono invertido en la parte inferior, las trampas luz y las adherentes.

En Colombia las primeras se vienen usando con mucho éxito y además se emplean las cubocónicas que son armazones de madera de 40 x 40 x 40 cm, cubiertas de tela tul y con un cono invertido en la parte inferior el cual posee un pequeño orificio para la entrada de los adultos. El número de trampas empleadas por explotación es variable y éstas se usan con cebos atrayentes para adultos.

Los cebos se colocan en la parte inferior de las trampas y pueden elaborarse con sustancias como harina de pescado, plátano, leche, vinagre, harina de trigo, ácido cítrico y otros ingredientes. El trampeo es un complemento que no sólo permite reducir poblaciones de adultos sino que también permite coleccionar especímenes para procesos de identificación.

3.3 Control biológico

En el programa MIP de plagas pecuarias el empleo dirigido de enemigos naturales de las moscas es un soporte indiscutible. En laboratorios de crías masivas se producen

específicamente los parasitoides de la familia Pteromalidae *Spalangia endius* Walker y *Muscidifurax raptor* Girault et Sanders, éstos regulan poblaciones de moscas al parasitar las pupas. Keinding (10) presenta un listado de enemigos naturales de moscas entre predadores, parasitoides y patógenos y afirma que bajo condiciones del trópico pueden regular y destruir entre un 70 a 90% de la población de moscas.

En Estados Unidos, Axtell y Stinner (2), mencionan como enemigos naturales de moscas comunes entre ellas *Musca domestica* L. diversos predadores, parasitoides, patógenos y varios competidores. Entre los predadores señalan ácaros del género *Macrocheles* y coleópteros del género *Carcinops* sp. De los parasitoides teromálicos son muy importantes *Muscidifurax* y *Spalangia*.

En planes de control biológico de *Musca domestica* L. Axtell (1) menciona como los principales enemigos naturales parasitoides del orden Hymenoptera.

Familia Pteromalidae, ácaros predadores de las familias Macrochelidae, Uropodidae y Parasitidae, además de coleópteros de la familia Histeridae. Entre los ácaros los más conocidos son *Macrocheles muscadomesticae*; *Fuscuropoda vegetans* y *Poecilochirus monospinosus* que predan huevos y larvas de primer instar de moscas.

En cuanto a los himenópteros, los pteromálicos constituyen el principal factor de mortalidad de pupas de moscas, sobresalen los géneros *Muscidifurax* y *Spalangia*, entre los cuales hay marcadas diferencias de capacidad de búsqueda, habilidad de sobrevivencia y competencia. Pero su ciclo es similar desarrollándose desde huevo a adulto dentro de las pupas de moscas. Requiere unas tres semanas para cumplir el ciclo en una explotación pecuaria. De cada pupa de moscas puede emerger un adulto de pteromálico, destruyendo de esa manera una posible mosca pero por alimentación los parasitoides pueden destruir otras pupas. Tanto *Spalangia* como *Muscidifurax* pasan por tres instares larvales (5).

En el caso de enemigos naturales de los adultos de múscidos se encuentra el hongo *Entomophthora muscae* (Cohn) Fresenius. Este entomopatógeno ha sido detectado infectando varias especies de dípteros de las familias Muscidae, Calliphoridae, Anthomyiidae, Sarcophagidae, Drosophilidae y Syrphidae, en zonas de Norte América, Europa y la India, de conformidad con los trabajos de Macelod, Müller-Kogler y Wilding, citados por Mullens y colaboradores (16). Los niveles de infecciones encontrados por estos autores demuestran que *E. muscae* es un importante factor estacional de mortalidad de poblaciones.

Los adultos hembras de pteromálicos son considerados por diversos autores como excelentes agentes de control biológico de las especies de dípteros *Musca domestica* L. y *Stomoxys calcitrans* (L.). Generalmente se reproducen sobre pupas vivas de dípteros los géneros *Spalangia* y *Muscidifurax* en laboratorios de crías masivas, lo cual se ha diversificado de acuerdo con Petersen y Pawson (19) empleando para las crías pupas muertas de los dípteros mediante procesos de refrigeración.

Jiménez (8) registra porcentajes de mortalidad de pupas superiores al 90% y debido a que el ciclo de vida de los pteromálidos es casi el doble de las moscas, los niveles de parasitismo y por ende de mortalidad de las pupas, ascienden progresivamente con el tiempo transcurrido, con la cantidad de parásitos liberados y con el número de liberaciones.

Patiño, Roldán y Vergara (18) estudiaron bajo condiciones de clima frío (13.4°C y 77% de H.R.), la efectividad de *S. endius* y *M. raptor* sobre las poblaciones del *M. domestica* logrando mortalidades del 57%, no obstante que las temperaturas bajas afectan a *S. endius*.

Sobre *Stomoxys calcitrans* (L.) se han realizado crías de *Spalangia cameroni* Perkins en diferentes partes del mundo, en especial en USA (14). En el Valle del Cauca, Colombia (17) se encontró esta especie como nativa aunque el porcentaje bajo pero es una eficaz ayuda a la labor de *Spalangia endius* cuando se libera sistemáticamente. Los registros de un 100% de parasitismo de *Spalangia endius* sobre *Musca domestica* L. después de cinco semanas mediante liberaciones sucesivas en USA, demuestran las bondades de este género en campañas de control integrado (15).

3.4 Control químico

El manejo de insecticidas en los sistemas de MIMC, es uno de los aspectos más críticos, debido a que es imperativo seleccionar productos que no afecten la fauna benéfica, especialmente los parasitoides, para no alterar las liberaciones. El control químico ayuda a reducir picos poblacionales cuando existen problemas con moscas migratorias. Algunas formulaciones comerciales de inhibidores de síntesis de quitina y preparados a base de cebos presentan resultados satisfactorios, aunque no son para empleo unilateral.

Debido a la resistencia generada por las moscas comunes a los insecticidas, se han buscado alternativas con nuevos productos como el *Bacillus thuringiensis* Berliner en diferentes presentaciones comerciales, bien sea suministrando el producto en el alimento de los animales o aplicando a sus deyecciones. Baker y Anderson (3) lo aplicaron directamente a la gallinaza y Harvey y Brethour (6) lo mezclaron en los estiércoles del ganado encontrando excelentes resultados, pero es necesario señalar que las formulaciones comerciales no deben ser aplicadas en estiércoles líquidos porque pierden su actividad. El mismo *B. thuringiensis* no es efectivo en suspensiones acuosas contra las larvas de *Musca domestica* L. (4).

La recomendación del empleo de insecticidas en MIP de plagas pecuarias debe ser bien estudiada para que no sean afectados los parasitoides. Debido a esa situación un producto biocida debe reunir varias características, tales como: altamente selectivos a los himenópteros de la familia Pteromalidae que se están empleando a los posibles controladores naturales que se encuentran en las fincas; no debe ser residual, es decir no debe ser un producto que tenga posibilidades de acumulación en los alimentos y en los animales; no puede ser un producto tóxico a los operarios y a los animales domésticos; es deseable que en tanto un insecticida no reuna estas condiciones no deberá ser recomendado en MIP de problemas entomológicos en explotaciones pecuarias.

3.5 Evaluación

Los programas de MIP en plagas pecuarias en Colombia después de iniciarlos en cualquier empresa necesitan de un seguimiento que permita a los interesados obtener información constante sobre las poblaciones de moscas, su desarrollo (disminución o incremento), porcentaje de parasitismo (evaluado en campo) factores de mortalidad de pupas, cuantificación de moscas atrapadas por trampas (por lo menos cada 24 horas), manejo de las trampas y cuidado en las liberaciones.

Este constante monitoreo se apoya en registros cuidadosos que deben ser diligenciados por la administración de la empresa y/o el asistente técnico. El papel desempeñado por este último debe comprender aspectos como revisión del manejo adecuado de estiércol, recolección de las basuras y mantenimiento de éstas en sitios sellados; instalación de trampas y óptimo manejo de ellas con sus respectivos cebos, además de mantenimiento de las trampas en cada visita. Supervisar la liberación de los parasitoides eligiendo los sitios adecuados para tal fin; entrenamiento del personal de la empresa en tareas de operación del programa; revisión cuidadosa de los registros, mantenimiento del monitoreo y corrección oportuna de las fallas que puedan presentarse.

4. Desarrollo del MIP en plagas pecuarias

En el establecimiento de los MIP, se deben seguir una secuencia de actividades en varias fases así:

4.1 Fase diagnóstico

Durante las visitas que se lleven a cabo en la finca o empresa se deben de precisar los siguientes elementos:

- Forma de la explotación pecuaria. Se refiere al conocimiento del grado de tecnificación que posea la finca.
- Dinámica de la explotación pecuaria. Se necesita conocer el número total de animales, el objetivo de su producción, el número de establos, jaulas o lugares donde se concentran los animales.
- Dimensión del problema de moscas. Este es un punto crítico y debe ser analizado con rigurosidad. Se necesita determinar la dinámica poblacional de las moscas; densidades de población y las especies involucradas.
- Actividades de control. Es una información importante conocer la forma como enfrentan en la empresa el control de moscas, si es químico cuales son los productos que emplean y la frecuencia.

- Manejo de estiércoles y basuras. En cada empresa el volumen de materia orgánica y basuras no clasificadas es diferente. Durante el diagnóstico se necesita conocer los lugares sitios y formas de disponer de estos materiales.
- Condiciones físicas. El encargado de esta etapa debe ser muy cuidadoso al detallar las condiciones de temperatura y humedad relativa de la explotación pecuaria, requerimientos físicos de importancia para el desarrollo de poblaciones de moscas.
- Presencia de control natural. Como en los MIP se incluye el control biológico y éste hace un trabajo de complemento al control natural es muy valioso conocer qué tipo de organismos lo están ejerciendo sobre las fases del ciclo de vida de las moscas.

4.2 Fase operativa

Para implementar el MIP, debe de elaborarse un informe que describa la situación de la explotación pecuaria y en él proponer los siguientes aspectos:

Número de trampas a instalar, número y frecuencias de parasitoides a liberar, número y periodicidad de las visitas, recomendaciones sobre el manejo de las basuras, lugar de instalación de la pila del compost, reducción gradual del empleo de insecticidas, costo por animal/mes/programa, personal requerido.

La base de la fase operativa se encuentra en el conocimiento que se tenga de la bioecología de las especies de moscas y los enemigos naturales. Durante esta etapa hay dos aspectos adicionales que deben ser muy bien implementados para reducir las poblaciones de moscas. El primero hace referencia al manejo que debe dársele a las trampas las cuales deben mantenerse siempre con cebo, evitando que el ganado las deteriore y el segundo es el del manejo de las basuras y en especial del estiércol. De acuerdo con la forma como se desarrolla el ciclo de vida de las moscas comunes éstas ovipositan en sitios húmedos donde se acumula estiércol que reuna esa condición, en ese sentido se necesita manejar las pilas de estiércol buscando elaborar abono orgánico y para ello debe de reducirse la humedad al mínimo.

4.3 Fase de resultados

En este sistema de MIP, los resultados se planifican para ser obtenidos a partir del cuarto mes de iniciarse y fundamentalmente se enfocan para lograr:

- Reducir la población de moscas
- Incrementar el control biológico (aumento de parasitismo)
- Mejoramiento de la producción general y de la productividad por animal
- Recuperación del medio ambiente de la explotación
- Reducción al máximo del uso de insecticidas

El mantenimiento del programa, su persistencia es la única forma de lograr el éxito del control integrado. Si el MIP se interrumpe se altera lo logrado y se regresa al problema original: altas poblaciones de moscas y una explotación pecuaria ruinosa.

5. Aplicaciones exitosas del MIP en plagas pecuarias

Los programas exitosos del MIP se iniciaron hace un poco más de diez años en Colombia y aún persisten. Aunque las introducciones al país de cepas de los parasitoides mencionados datan desde hace varios lustros, los programas en sí son entonces recientes.

Jiménez (16) desarrolló el primer resultado exitoso en avícolas, en la granja "Sierra Morena" en el municipio de Pereira (Colombia), iniciándose en enero de 1981. La explotación consistía de 50.000 gallinas ponedoras en jaulas en donde la mortalidad de moscas antes de iniciar el MIMC era tan sólo de 20% en un proceso integrado donde las liberaciones fueron de 300 mil adultos de los parasitoides cada 15 días, al cuarto mes con una liberación inundativa de 2'500.000 parasitoides, la mortalidad de las moscas fue del 97%, manteniéndose el éxito hasta la renovación de las gallinas a los 11 meses.

Desde ese entonces los programas de MIMC se han incrementado. Patiño, Roldán y Vergara (31) manejaron la Granja "Coimbra" en Paipa (Boyacá, Colombia) logrando incrementar la mortalidad de moscas, especialmente *Musca domestica* L. mediante liberaciones sostenidas durante tres meses, pasando de un porcentaje de 5% al 57% y reduciendo picos poblacionales con base en trampas cubocónicas.

Para 1987, el programa MIMC, se aplicó con éxito total en la Granja Avícola "Buenos Aires" en Ibagué (Tolima) en galpones que albergan un millón de gallinas enjauladas (16).

Debe destacarse el programa adelantado por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda -CARDER, y la empresa Productos Biológicos Perkins Ltda., en el corregimiento de La Florida, Pereira, Colombia (9) en 1988 en una zona caracterizada por un monocultivo de cebolla *Allium* spp. en unas 400 hectáreas y explotación de minifundio, con un uso excesivo de gallinaza como fertilizante a razón de un promedio de 200 toneladas/hectárea/año; un excesivo empleo de agroquímicos y un problema de moscas proveniente de la explotación de 250.000 aves de corral, se decidió adelantar el MIMC. Se liberaron 275 millones de parasitoides entre Noviembre de 1988 y Diciembre de 1990 y se instalaron 746 trampas. Al evaluar los resultados se encontró una mortalidad del 80% de moscas y una reducción ostensible del problema en dicha zona.

En la actualidad se adelantan MIP en varios lugares del país. En el caso del Departamento de Antioquia en la zona de San Pedro en explotaciones porcícolas y de ganado de leche funcionan varios MIP. En esta zona los problemas con moscas comunes son dramáticos pero hasta el presente los usuarios de este sistema dan referencia positiva de los resultados que se han logrado en la reducción de poblaciones de moscas. Se está liberando un millón de parasitoides cada mes/finca de los géneros *Spalangia* y *Muscidifurax*, además de tener en funcionamiento los diferentes elementos que conforman esta metodología de control.

6. Conclusiones

Debe destacarse que este modelo de MIP en plagas pecuarias acopiando tecnologías foráneas y propias han beneficiado a los productos del país. A manera de conclusiones generales puede señalarse:

- El MIP es fácil de implementar y darle continuidad.
- Los parasitoides empleados en los programas MIP se producen en el país en forma masiva, por laboratorios especializados.
- Se tiene un paquete tecnológico de fácil transferencia a las comunidades afectadas por problemas de moscas comunes.
- Se demuestra con estos trabajos la factibilidad de solucionar en forma integrada problemas con plagas insectiles en Colombia, empleando los propios recursos.

BIBLIOGRAFIA

1. Axtell, C.R. 1990. Integration of chemical and biological methods for mosquito and filth fly control. **In:** Pesticides and Alternatives. pp. 195-203 New York.
2. Axtell, C.R. and Stinner, R.E. 1990. Computer simulation modelling of fly management. **In:** Biocontrol of arthropods affecting livestock and poultry. Westview Press. San Francisco. 265-291.
3. Baker, R. and Anderson, W. 1975. Evaluation of β -Exotoxin of *Bacillus thuringiensis* Berliner for control of flies in chicken manure. J. Econ. Entomol. 12(1): 103.
4. Barrero, C. J.; de la Cruz, V. M. y Guzmán, R. 1982. Efecto del *Bacillus thuringiensis* Berliner como larvicida en el control de la mosca casera (*Musca domestica* L.) en condiciones de laboratorio. Tesis Médico Veterinario. Universidad del Tolima. Ibagué. p. 72.
5. Geden, C.J. and Axtell, R.C. 1988. Predation by *Carcinops pomilio* (Coleoptera: Histeridae) and *Macrocheles muscadomesticae* (Acarina: Macrochelidae) on the house fly (Diptera: Muscidae) functional response effects of temperature and availability of alternative prey. Environ. Entomol. 17: 739-244.
6. Harvey, T. and Brethour, J.R. 1960. Feed additives for control of house fly larvae in livestock feces. J. Econ. Entomol. 53(5): 774-775.
7. Harwood, R. y James, M. 1987. Entomología Médica y Veterinaria. México: Limusa, 615 p.
8. Jiménez, J. 1987. Manejo integrado de moscas comunes. Productos Biológicos Perkins Ltda. Palmira (Colombia). 9p.
9. Jiménez V. J. 1990. Informe general en el programa de control integrado de moscas en el corregimiento de La Florida y veredas aledañas. Pereira (Colombia). Productos Biológicos Perkins Ltda. Palmira.
10. Keinding, J. 1986. The house-fly. Biology and control. World Health Organization. Switzerland. 64 p.
11. López V. G. y Gómez, O. J. 1992. Mosca de establo, una amenaza para la ganadería de leche. EL COLOMBIANO. Medellín. Septiembre 20, p. 8C.
12. Londoño, H.; Pirajon, C. y Vergara R. R. 1986. Estudios básicos de dípteros de importancia económica en explotaciones pecuarias y salud pública. U.P.T.C. FACIAT, 125 p.

13. Lysyk, T.J. 1991. Effects of temperature, food and sucrose feeding on longevity of the house fly (Díptera: Muscidae). *Envir. Entomol.* 20(4): 1176-1180.
14. Moon, R.D.; Berry, I.L. and Petersen, J.J. 1982. Reproduction of *Spalangia cameroni* Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) on stable fly (Diptera: Muscidae) in the laboratory. *J. Kans Entomol. Soc.* 55 (1): 77-85.
15. Morgan, P.B.; Wiedhass, D.E. and Patterson, R.S. 1981. Host-parasite relationship: augmentative releases of *Spalangia endius* Walker used in conjunction with population modeling to suppress field populations of *Musca domestica* L. (Hymenoptera: Pteromalidae and Diptera: Muscidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 54 (3): 496-504.
16. Mullens, A.B.; Rodríguez, J.L. and Meyer, J.A. 1987. An epizootiological study of *Entomophthora muscae* in muscoid fly populations on Southern California poultry facilities with emphasis on *Musca domestica* L. *HIGARDIA* 55(3): 1-41.
17. Ortis, R. y Torres, J. 1983. Ciclo de vida y hábitos de *Spalangia cameroni* Perkins (Hymenoptera: Peromalidae) en condiciones de laboratorio. Universidad Nacional, Palmira. 57 p.
18. Patiño, J.C.; Roldan, M. y Vergara R. R. 1985. Contribución al control de mosca casera *Musca domestica* L. en clima frío. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. FACIAT. Tunja 109 p.
19. Peterson, J.J. and Pawson, M.B. 1991. Early season introduction population increase and movement of the filth fly parasite. *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) *Environ. Entomol* 20 (4): 1155-1159.
20. Posada, O., L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico No. 43, 662 p.
21. Rodríguez, V. D. 1991. Combata los parásitos y mejore la alimentación. Informe técnico. *CARTA GANADERA* 28 (10): 44-46.
22. Trujillo, A., B. y Vergara R. R. 1990. Estudios bioecológicos de la mosca casera *Musca domestica* en condiciones de Ibagué. Universidad del Tolima, Colombia. 90 p.
23. Vergara R. R. 1992. Manejo integrado de moscas comunes en explotaciones pecuarias y en salud pública. **En:** 4to. CONGRESO INTERNACIONAL MIP. Zamorano. Honduras. 1992. p. 83 (resúmenes).
24. Vergara R. 1987. Métodos de manejo integrado de moscas comunes. U.P.T.C. FACIAT. Tunja. 38 p.

Resumen

El Ingenio Providencia S.A. es uno de los 11 que actualmente operan en el Valle geográfico del Río Cauca. En 1949 se evaluó el daño causado por el taladrador del tallo, *Diatraea saccharalis* Fabricius. En 1971 se estableció un sistema de manejo integrado de dicha plaga. Las pérdidas reales ocasionadas por la plaga se calcularon por medio de una ecuación basada en la disminución de sacarosa y también en términos de "cogollos muertos". Las pérdidas totales por año se estimaron en 4924 toneladas de azúcar que, a precios de 1971, representaban \$9.446.800 (pesos colombianos). Si esas pérdidas se registraran en 1993, el valor del azúcar sería de \$1'030.560.000 (pesos colombianos).

El programa de manejo de *Diatraea* spp. se fundamenta en lo siguiente:

1) Recolección manual de larvas en los "cogollos muertos" y tallos barrenados; 2) Crías y liberaciones de parásitos nativos e importados y 3) Evaluaciones permanentes de las intensidades de infestación por la plaga, además de las evaluaciones correspondientes a los parasitismos por las especies criadas y liberadas. Estas medidas aplicadas consistentemente durante 22 años, han permitido bajar la intensidad de infestación de 10.60 en 1971 a 1.16 en 1992, lo cual representa una reducción de 89% del problema.

Desde 1983 se viene discriminando en la recolección manual de larvas en el campo, la presencia de dos especies dentro del género, a saber: *D. saccharalis* Fabricius y *D. indigenella* Dyar and Heinrich con el registro de disminución de la primera de las especies comparada con *D. indigenella*.

Se relacionan algunas otras especies plaga actuales y potenciales de la caña, enfatizando la importancia de los ciclos de vida, los daños económicos ocasionados al cultivo, algunas alternativas de manejo y sus resultados.

1. Introducción

En Colombia es muy importante para la economía y el aspecto social el cultivo de la caña para la producción de azúcar y panela. Según Luna (1992) en un censo de variedades, registra 156.234 has sembradas de caña de azúcar en el Valle Geográfico del Río Cauca.

En Colombia para 1992, según la Asociación de Cultivadores de Caña (ASOCAÑA), se produjeron 1.813.435 toneladas métricas valor azúcar crudo, lo cual representa un aumento del 11.04% más que en el año 1991. De dicha producción se exportaron 512.264 toneladas.

Como en todos los cultivos extensivos se crean ambientes favorables a la aparición de insectos plaga, benéficos y ocasionales. En estas situaciones es necesario estar atento a la

presencia, aumento y daños económicos de una especie plaga; de sus controladores naturales y de las condiciones climáticas, tales como lluvias, temperaturas y sus fluctuaciones, humedad relativa además de los cambios en variedades y labores culturales.

Para Box (1950), son 1.300 las especies de insectos que a nivel mundial están relacionadas con la caña de azúcar, cultivo distribuido en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo.

En Colombia, según Posada *et al* (1970), se tenían reconocidas 29 especies de insectos plaga actuales o potenciales de la caña de azúcar. De ellas se relacionarán las de mayor implicación económica, algunas alternativas para su manejo y sus resultados, así:

2. *Caligo ilioneus* Cramer. Sub. *oberon*. Butler. (Lepidoptera: Brassolidae)

Identificación del Common wealth Institute of Biological Control, colaboración del Dr. Fred D. Bennet. 1970.

En Colombia, posiblemente la primera referencia sobre esta especie defoliadora de la caña, llamada vulgarmente "gusano cabrito" data de 1956, cuando Rafael Gonzáles Mendoza la describe como nueva plaga de la caña de azúcar. Para ese año dicha plaga fué clasificada dentro del género *Opsiphanes* pero, por las descripciones y las fotografías de los diferentes estados, es muy probable que se trata de la especie registrada en 1970 por Butler como *Caligo ilioneus* Subespecie *oberon*. En 1968 el *Caligo* se presentó en el centro del Valle geográfico del río Cauca, con características de plaga para la caña defoliándola al final del período vegetativo, por lo cual no se le dió inicialmente mucha importancia. Pero, cuando defolió cañas de menor edad, el problema se acrecentó y se extendió en toda su dimensión. Unas 30.000 has de los ingenios: Providencia, Manuelita y Tumaco se encontraban fuertemente infestadas con *Caligo* en 1969 y 1970.

Evaluaciones de daños económicos causados por *Caligo* efectuando defoliaciones artificiales a 4, 8 y 12 meses de edad indicaron que en la variedad POJ 2878, cuando se defoliaba al 100% a los cuatro meses las disminuciones en toneladas de caña fueron de 44 TCH que en azúcar representaron 4.1 TAH, comparando con un testigo sin defoliación. Estas evaluaciones equivalían a disminuciones de 20% en TCH y 25% en TAH. Con los precios del azúcar en 1970 las pérdidas anuales eran de \$99.000.000 (pesos colombianos).

2.1 Manejo del *Caligo ilioneus*. Dentro de los parásitos de huevos se destacó en el centro de origen del problema, el *Telenomus* spp, de esta especie benéfica se contabilizaron hasta 15 individuos por cada huevo parasitado de la plaga. Una vez conocido este enemigo natural se intentó multiplicarlo artificialmente en condiciones similares a *Trichogramma* spp sin obtener resultados positivos.

Agotado el intento anterior y en vista de la abundancia de *Telenomus* en los sitios donde se originó el problema con *Caligo*, se decidió hacer recolecciones manuales de huevos parasitados y llevarlos a distancias hasta de 40 kilómetros, en donde no se encontraba establecido. Esta labor permitió una colonización rápida por el *Telenomus* en áreas dispersas afectadas por la plaga.

Posteriormente, se estudió el efecto del *Bacillus thuringiensis* para larvas de *Caligo* en dosis de 600 gramos material comercial/ha con resultados de control del 90%.

Con las dos alternativas anteriores: evaluación, recolección y liberación de *Telenomus* spp. como parásito de los huevos y las aplicaciones comerciales por vía aérea de *B. thuringiensis* para larvas, se complementó el manejo de *C. ilioneus*. Actualmente, es muy esporádico observar adultos de *C. ilioneus* en forma aislada, sin daños apreciables en la caña.

Trabajos sobre defoliación de la caña realizados en Africa y Asia en 1969 y citados por Gómez y Lastra (1993), establecen una correlación entre la disminución del peso de la caña cosechada y el nivel de defoliación artificial practicado, simulando el daño por langostas.

En Cenicaña, Gómez y Lastra (1993), registran investigaciones en defoliación artificial sobre variedades MEX 5229 y CP 72356 en las cuales concluyen que, defoliación severa mantenida por más de un mes en cañas de 3 a 6 meses de edad, tienen como efecto: reducción de la altura e incremento en la población de tallos y el peso de la caña, se vio notoriamente afectado por dicho tratamiento. De aquí también se dedujo que la caña tiene mucha facilidad para recuperación foliar, después de los tratamientos.

3. *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae)

Box (1931) registra a: "Torne, Cauca, Guabinas, Río Cauca y Cañón del Tolima 1700 m" como lugares de recolección de *D. indigenella* Dyar and Heinrich. En 1956 comprobó que "esta especie es común en el Valle del Cauca" y lo relacionó con el Chocó para finalmente concluir que su distribución parece estar limitada al occidente colombiano.

Para Colombia, según J.R. Metcalfe; R. Mungomery y R. Mates (1969), las especies registradas, dentro del género *Diatrea* son:

<i>Diatraea saccharalis.</i>	(Fabricius)
<i>Diatraea indigenella.</i>	Dyar and Heinrich.
<i>Diatraea tabernella.</i>	Dyar.
<i>Diatraea busckella.</i>	Dyar and Heinrich.
<i>Diatraea lineolata.</i>	(Walker).

En Colombia, Andreas Hermes, Luis Thorin Casas y Nestor Obando (1938), fueron comisionados por el Ministerio de la Economía Nacional para que practicasen una visita a todos los ingenios azucareros del país y rindieran su correspondiente informe. En el capítulo II del informe registran: "Como último punto queda el planear un programa para combatir el gusano taladrador de la caña. Este trabajo debe hacerse en cooperación con la Estación Experimental de caña. En algunos ingenios la infección de *Diatrea* en las cañas es de más del 90%. Esto es grave y no debe perderse tiempo alguno, pues los bajos rendimientos están relacionados con esta plaga".

Según Williams *et al*, (1969) a Colombia, por trámites de Vicente Velasco Llanos en 1940, se importaron de California un millón de pulgadas² con *Trichogramma* las cuales fueron

liberadas en cañas de un ingenio de la costa Atlántica pero, desafortunadamente no se realizó un seguimiento sobre lo anterior para determinar resultados de la mencionada actividad.

Belisario Losada (1942) posiblemente fue uno de los primeros que en Colombia describió el daño causado por *D. saccharalis* (Fabricius) y sus implicaciones económicas en caña; efectuó un reconocimiento de sus enemigos naturales, encontrando mayores porcentajes de parasitismo en huevos que en larvas. Para huevos de *Diatraea* spp. registró: *Trichogramma minutum* R. y *Prophanurus alecto* CrW. Recomendó que se importaran especies parásitos de larvas, tales como, *Lixophaga diatraea* Tons ("Mosca cubana"), *Paratheresia claripalpis* Wulp ("Mosca indígena" - Raza de Perú) y *Metagonistylum minense* Towns, (Mosca amazónica), al tiempo que realizó algunos contactos internacionales para introducirlas.

En (1965) Zenner *et al* registraron las especies *D. saccharalis* (Fabricius) y *D. indigenella* en caña en el Valle geográfico del Río Cauca. También recomendaron estos investigadores que, se iniciará la cría de parásitos nativos y foráneos de la plaga, para tratar de restablecer el equilibrio biológico en el Ingenio Riopaila S.A.

Para Colombia, J. Gaviria en (1982), relaciona especies de *Diatraea*, así:

D. sacharalis (Fabricius) en: Departamento del Valle del Río Cauca, Risaralda, Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes Norte y Sur.

D. indigenella Dyar and Heinrich sólo en el Valle del Cauca.

D. busckella Dyar and Heinrich en: Boyacá y los Santanderes Norte y Sur.

D. rosa Heinrich en Santander del Norte.

En 1985, Trejos A., J. y F. Londoño, realizaron una investigación que integró las tres zonas geográficas, en las cuales se ha dividido el Valle geográfico del río Cauca. Como parte de los resultados encontraron, por recolección manual de larvas de la plaga en plantillas de la variedad CP 57603, lo siguientes datos presentados en la Tabla 1

De la Tabla 1 concluyeron los autores que, la especie *D. indigenella* estaba ausente en la zona norte mientras se registraba en mayores cantidades en las zonas centro y sur. En cambio *D. saccharalis*, era menos abundante en el sur y aumentaba en la medida que se avanza hacia el norte.

Mendoca F. citado por Gómez y Lastra 1993, concuerdan en que en áreas donde se presenta más de una especie de *Diatraea* se ha podido observar cómo, generalmente una de las especies predomina sobre la otra y esta última es diferente de *D. saccharalis*. En Venezuela y en el Valle del Cauca en Colombia, se ha detectado el desplazamiento de *D. saccharalis* por *D. rosa* en el primer caso y por *D. indigenella* en el segundo. En ambos países se han empleado sistemas similares y los mismos parásitos para el manejo del barrenador permitiendo especular sobre, si el efecto selectivo de los parásitos por *D. saccharalis*, puede explicar estos desplazamientos.

Posteriormente, se estudió el efecto del *Bacillus thuringiensis* para larvas de *Caligo* en dosis de 600 gramos material comercial/ha con resultados de control del 90%.

Con las dos alternativas anteriores: evaluación, recolección y liberación de *Telenomus* spp. como parásito de los huevos y las aplicaciones comerciales por vía aérea de *B. thuringiensis* para larvas, se complementó el manejo de *C. ilioneus*. Actualmente, es muy esporádico observar adultos de *C. ilioneus* en forma aislada, sin daños apreciables en la caña.

Trabajos sobre defoliación de la caña realizados en Africa y Asia en 1969 y citados por Gómez y Lastra (1993), establecen una correlación entre la disminución del peso de la caña cosechada y el nivel de defoliación artificial practicado, simulando el daño por langostas.

En Cenicaña, Gómez y Lastra (1993), registran investigaciones en defoliación artificial sobre variedades MEX 5229 y CP 72356 en las cuales concluyen que, defoliación severa mantenida por más de un mes en cañas de 3 a 6 meses de edad, tienen como efecto: reducción de la altura e incremento en la población de tallos y el peso de la caña, se vio notoriamente afectado por dicho tratamiento. De aquí también se dedujo que la caña tiene mucha facilidad para recuperación foliar, después de los tratamientos.

3. *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae)

Box (1931) registra a: "Torne, Cauca, Guabinas, Río Cauca y Cañón del Tolima 1700 m" como lugares de recolección de *D. indigenella* Dyar and Heinrich. En 1956 comprobó que "esta especie es común en el Valle del Cauca" y lo relacionó con el Chocó para finalmente concluir que su distribución parece estar limitada al occidente colombiano.

Para Colombia, según J.R. Metcalfe; R. Mungomery y R. Mates (1969), las especies registradas, dentro del género *Diatrea* son:

<i>Diatraea saccharalis.</i>	(Fabricius)
<i>Diatraea indigenella.</i>	Dyar and Heinrich.
<i>Diatraea tabernella.</i>	Dyar.
<i>Diatraea busckella.</i>	Dyar and Heinrich.
<i>Diatraea lineolata.</i>	(Walker).

En Colombia, Andreas Hermes, Luis Thorin Casas y Nestor Obando (1938), fueron comisionados por el Ministerio de la Economía Nacional para que practicaran una visita a todos los ingenios azucareros del país y rindieran su correspondiente informe. En el capítulo II del informe registran: "Como último punto queda el planear un programa para combatir el gusano taladrador de la caña. Este trabajo debe hacerse en cooperación con la Estación Experimental de caña. En algunos ingenios la infección de *Diatrea* en las cañas es de más del 90%. Esto es grave y no debe perderse tiempo alguno, pues los bajos rendimientos están relacionados con esta plaga".

Según Williams *et al*, (1969) a Colombia, por trámites de Vicente Velasco Llanos en 1940, se importaron de California un millón de pulgadas² con *Trichogramma* las cuales fueron

liberadas en cañas de un ingenio de la costa Atlántica pero, desafortunadamente no se realizó un seguimiento sobre lo anterior para determinar resultados de la mencionada actividad.

Belisario Losada (1942) posiblemente fue uno de los primeros que en Colombia describió el daño causado por *D. saccharalis* (Fabricius) y sus implicaciones económicas en caña; efectuó un reconocimiento de sus enemigos naturales, encontrando mayores porcentajes de parasitismo en huevos que en larvas. Para huevos de *Diatraea* spp. registró: *Trichogramma minutum* R. y *Prophanurus alecto* CrW. Recomendó que se importaran especies parásitos de larvas, tales como, *Lixophaga diatraea* Tons ("Mosca cubana"), *Paratheresia claripalpis* Wulp ("Mosca indigena" - Raza de Perú) y *Metagonistylum minense* Towns, (Mosca amazónica), al tiempo que realizó algunos contactos internacionales para introducirlas.

En (1965) Zenner *et al* registraron las especies *D. saccharalis* (Fabricius) y *D. indigenella* en caña en el Valle geográfico del Río Cauca. También recomendaron estos investigadores que, se iniciará la cría de parásitos nativos y foráneos de la plaga, para tratar de restablecer el equilibrio biológico en el Ingenio Riopaila S.A.

Para Colombia, J. Gaviria en (1982), relaciona especies de *Diatraea*, así:

D. sacharalis (Fabricius) en: Departamento del Valle del Río Cauca, Risaralda, Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes Norte y Sur.

D. indigenella Dyar and Heinrich sólo en el Valle del Cauca.

D. busckella Dyar and Heinrich en: Boyacá y los Santanderes Norte y Sur.

D. rosa Heinrich en Santander del Norte.

En 1985, Trejos A., J. y F. Londoño, realizaron una investigación que integró las tres zonas geográficas, en las cuales se ha dividido el Valle geográfico del río Cauca. Como parte de los resultados encontraron, por recolección manual de larvas de la plaga en plantillas de la variedad CP 57603, lo siguientes datos presentados en la Tabla 1

De la Tabla 1 concluyeron los autores que, la especie *D. indigenella* estaba ausente en la zona norte mientras se registraba en mayores cantidades en las zonas centro y sur. En cambio *D. saccharalis*, era menos abundante en el sur y aumentaba en la medida que se avanza hacia el norte.

Mendoza F. citado por Gómez y Lastra 1993, concuerdan en que en áreas donde se presenta más de una especie de *Diatraea* se ha podido observar cómo, generalmente una de las especies predomina sobre la otra y esta última es diferente de *D. saccharalis*. En Venezuela y en el Valle del Cauca en Colombia, se ha detectado el desplazamiento de *D. saccharalis* por *D. rosa* en el primer caso y por *D. indigenella* en el segundo. En ambos países se han empleado sistemas similares y los mismos parásitos para el manejo del barrenador permitiendo especular sobre, si el efecto selectivo de los parásitos por *D. saccharalis*, puede explicar estos desplazamientos.

Tabla 1. Relación del número de larvas de *Diatraea* recolectadas manualmente en plantillas de CP 57603.

Zonas	Ingenios	<i>D. saccharalis</i>	<i>D. indigenella</i>	Totales
Norte	Risaralda Riopaila San Carlos	60 (100%)	(0%)	60 (100%)
Centro	Pichichí Providencia Manuelita Tumaco	630 (42%)	849 (58%)	1.479 (100%)
Sur	Mayaguez Castilla Cauca Cabaña	80 (13%)	547 (87%)	627 (100%)

Es muy importante con *Diatraea*, como con toda plaga, y establecer la o las especies con las cuales se va a iniciar el trabajo y mantener un monitoreo permanente en las zonas de influencia del cultivo a proteger.

En el Valle geográfico del río Cauca - Colombia, en la caña de azúcar para los años de 1970 *D. saccharalis* (Fabricius), era la especie predominante y desde luego la más importante. Después de varios años de manejo se registró, especialmente en las zonas centro y sur del Valle geográfico del río Cauca, la presencia de *D. indigenella* como componente del complejo de los barrenadores sobre dicho cultivo.

El *Diatraea* spp. es reconocido mundialmente como uno de los problemas graves que afectan al cultivo de la caña. Algunas de las causas que hacen difícil su control, son: la diversidad de especies dentro del mismo género; la gama amplia de hospederos cultivos y malezas, además de sus características propias como barrenador o taladrador de los tallos. Por lo anterior, el manejo de los problemas con *Diatrea* spp. en la mayoría de los países del mundo, se ha afrontado desde el punto de vista integrado con énfasis en el aspecto biológico.

Un resumen de algunos estudios realizados en Colombia, para evaluar los daños económicos ocasionados por *Diatraea* spp. en caña, es:

Año	Autor(es)	Pérdida	Valor en
1949	I. Providencia	% sacarosa (4.1)	
1964	N. Naranjo	% rendimiento	60,959,117
1969	J. Gaviria	14,188 T.A.*	35,000,000
1972	J. Raigosa	4,294 T.A.	9,446,800
1974	Gómez, J. Botero, H.	Panela (tons)	20,883,600
1990	Gómez, L.A. (Cenicaña)	0.0924 T.A./HA/I.I.	

T.A. Toneladas de azúcar

Para Ordish (1953), las pérdidas reales por perforadores, tales como, *D. saccharalis* (Fabricius) no las constituyen únicamente el número de toneladas de azúcar que se dejan de producir o los millones de pesos que dejan de ingresar, sino "la tierra, las labores, los recursos necesarios para cultivar las toneladas no recolectadas".

Aplicando el criterio anterior, a las pérdidas ocasionadas por el *Diatraea* spp en el caso concreto de un solo ingenio (Providencia S.A.), se tiene que, se necesitarían cosechar 325 hectáreas adicionales con una producción promedio de 120 TCH y un rendimiento de 11.00% para recuperar 4,294 toneladas de azúcar.

En los Estados Unidos de Norteamérica (1972), se ha enfatizado sobre las pérdidas de tonelaje en cañas como efecto del daño por barrenadores y algunos estudios indican que, por cada unidad de porcentaje de entrenudos dañados, hay una reducción en el peso de la caña que varía entre 0,38 y 0,59, según las variedades.

Mathes *et al*, citados por Gómez y Lastra (1993), indican que las pérdidas en campo (en peso) corresponden al 74% del total de las mismas es decir 3 veces las pérdidas en fábrica por recuperación del azúcar.

En Colombia, Gómez (1993) registra información sobre pérdidas en caña por *Diatraea* y concluye que, no encontró reducción en el contenido de azúcar pero sí disminución en el peso de la caña oscilando entre 0.5% y 1.0% del peso de la caña cosechada por cada unidad de intensidad de infestación (promedio 0.7%). Al estimar estas pérdidas en tonelaje de caña y su equivalente en azúcar encontró un promedio de 92 kilos de azúcar por hectárea por cada unidad de intensidad de infestación. Esto último considerando una producción de 120 TCH y 11% de rendimiento.

Manejo de *Diatraea* spp. En Colombia se han recomendado y utilizado con mayor regularidad los parásitos de larvas, así:

- a. *Paratheresia claripalpis* Wulp. Introducida del Perú
- b. *Metagonistylum minense* Towns. Introducida del Brasil
- c. *Apanteles flavipes* Cam. Introducida de Brasil, procedente de la India
- d. *Jaynesleskia jaynesi* (Ald). Especie nativa.

Como parásito de huevos se cría y libera artificialmente *Trichogramma perkinsi* Gir especie nativa, para complementar la acción de los parásitos de larvas. En ingenios Manuelita S.A. y Providencia S.A. se libera *Trichogramma* desde 1960 y 1972, respectivamente.

Recolección manual de larvas de *Diatraea* spp.

Esta labor tiene varios objetivos fundamentales que son:

- Limpiar manualmente el campo, pues cada larva será un adulto menos.
- Evaluación del parasitismo por las especies liberadas o las nativas.
- Parte del material recolectado se utiliza para la cría artificial de larvas que se aprovechan en la multiplicación de los parásitos mencionados anteriormente.
- Mantener un monitoreo permanente que permita detectar variaciones en las especies en una zona determinada.

Los resultados con las especies importadas se pueden resumir:

Paratheresia claripalpis Wulp. introducida en 1970 se adaptó relativamente rápido y se recuperaron buena cantidad de larvas de la plaga con este parásito especialmente en los años 1976, 1977 y 1978. De allí en adelante, las recuperaciones de esta especie en general han disminuido, coincidiendo con los registros de mayor presencia en el campo de larvas de *D. indigenella*. Con la información anterior se puede inferir que, *P. claripalpis* en el campo, prefiere larvas de *D. saccharalis* pero en condiciones de laboratorio se obtiene parasitismo obligado de *P. claripalpis* en larvas de *D. indigenella*.

Metagonistylum minense Towns. Introducida en 1970 se recuperó rápido del campo después de su liberación especialmente en zonas bajas y húmedas. Del año 1978 en adelante, ha presentado muchos altibajos superando las cantidades de *P. claripalpis* en algunas épocas.

Apanteles flavipes Cam. Introducida en 1970 empezó a recuperarse del campo al año siguiente de sus liberaciones en muy buenas cantidades pero, después de 1980, prácticamente desapareció. Mientras en condiciones generales del Valle geográfico del río Cauca su adaptación se considera temporal, en zonas del Departamento de Santander del Sur, su establecimiento fue definitivo, según Gaviria (1982).

Jaynesleskia jaynesi (Ald). Especie nativa se viene registrando muy regularmente todos los años desde cuando se iniciaron las liberaciones de las especies importadas. Por dificultad para multiplicarla artificialmente pues no copula en cautiverio, sólo se contabilizan los individuos encontrados en la recolección manual de larvas y se regresan como adultos al campo.

Una observación muy importante se encontró al relacionar los porcentajes de parasitismo total por las tres especies controladoras de larvas de *Diatraea* spp., con los meses de mayores precipitaciones y en aquellos meses de verano predominante los parasitismos por las especies importadas son menores, mientras *Jaynesleskia jaynesi* como especie nativa se sostiene en buenos niveles todo el año.

En el ingenio Providencia S.A. *Trichogramma semifumatum* (Perkins) y *T. perkinsi* Gir se empezaron a liberar desde 1972 cuando se registraron parasitismos naturales de 25% y en promedio. Dos años después se revisaron las mismas suertes y Haciendas encontrando promedio de 75% de parasitismo por *Trichogramma*.

La recolección manual de larvas de *Diatraea* spp, además de los objetivos ya mencionados, permitió detectar la presencia de las dos especies dentro del género como ya se relacionó.

Los resultados obtenidos con la recolección manual de larvas permiten la discriminación por especies de *Diatraea* a partir de 1983, así:

Tabla 2. Relación comparativa del número de larvas de *Diatraea* recolectadas. (Tierras Propias y Proveedores. Ingenio Providencia S.A.).

Año	<i>D. saccharalis</i>	<i>D. indigenella</i>	Totales
1983	34,837	68,579	103,416
1984	6,309	70,302	76,611
1985	6,601	88,509	95,110
1986	0	74,789	74,789
1987	0	48,022	48,022
1988	0	53,772	53,772
1989	10	81,942	81,952
1990	1,303	93,798	95,101
1991	138	95,580	95,718
1992	829	93,276	94,105
Totales	50,027	768,569	818,596

De la Tabla anterior se destaca la forma cómo, desde 1983, cuando se discriminaron por especies las larvas de la plaga recolectadas, la disminución de *D. saccharalis* se acentúa para llegar a desaparecer de los registros en los años 1986 a 1988 y en los tres últimos años en proporciones muy inferiores al *D. indigenella*. Con la información de la Tabla 2 se puede suponer que, si en los años en donde no se recolectaron manualmente larvas de la especie *D. saccharalis* o su número fue relativamente bajo comparado con la otra especie, es porque buena parte del parasitismo en larvas durante los últimos seis años, corresponde a *D. indigenella*.

Dentro de las posibles explicaciones que se pueden tener para el comportamiento descrito anteriormente de las dos especies, se tiene: cambio paulatino pero urgente de las variedades de caña buscando resistencia al carbón (*Ustilago scitaminea*) Sydow, enfermedad registrada por primera vez en el Valle geográfico del río Cauca en 1981. Esta variación en hectáreas se resume para Ingenio Providencia S.A., así:

Variedad	A ñ o s		
	1980	1985	1992
CP 57603	4,540	7,868	593
POJ 2878	8,541	2,431	487
MEX 5229	47	1,563	1,010
MZC 74275	0	346	6,907
V 7151	0	0	5,130
PR 1141	62	572	1,435
PR 1248	443	942	426
OTRAS	2,902	1621	4053.16
Totales	16,535	15,343	20,040

En otras se incluyen las variedades H 328560, Co 421, MEX 641487, MZC 78115.

De lo anterior se destaca la forma cómo, la variedad POJ 2878 disminuye en 12 años de 8541 has a 487 has lo cual representa un 95%. También se observa el aumento del área en el grupo de otras por la urgencia de encontrar nuevas variedades con buenas características de producción y resistencia al carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

Conclusiones. El conjunto de acciones complementarias y permanentes encaminadas a manejar y hacer un seguimiento de la dinámica al problema con *Diatraea* spp, en la caña de azúcar, permite concluir:

- Un programa integrado de manejo del *Diatraea* spp permite recuperar azúcar que con precios de la fecha representan \$1.030.560.000 (pesos colombianos). Lo anterior sólo para Ingenio Providencia S.A.
- La cría artificial y liberación de especies benéficas especialmente parásitos de larvas de la plaga, es una forma racional de manejar este tipo de problema.
- El parásito nativo de larvas *Jaynesleskia jaynesi*, merece destacarse por su contribución permanente, con su registro todo el año, aún en meses en que los parásitos foráneos disminuyen su presencia, posiblemente por condiciones ambientales no favorables.
- Una de las características importantes de los programas de manejo de plagas debe ser la continuidad para permitir, en el caso de la caña, una revisión permanente de la susceptibilidad a la plaga de las variedades nuevas que llegan a ser comerciales.

4. *Perkinsiella saccharicida*. Kirkaldy (Homoptera: Delphacidae)

Desde comienzos del presente siglo se realizaron en Hawaii las primeras investigaciones encaminadas a estudiar su ciclo de vida, hábitos y enemigos naturales por las pérdidas en rendimiento de azúcar atribuidas a esta plaga.

Zimmerman (1948), refiriéndose a la economía de Hawaii en donde el cultivo de la caña de azúcar es muy importante, informa que, cuando se produjo el ataque de *P. saccharicida* la producción se disminuyó en dos años en 70.516 toneladas de azúcar que con precios del producto para comienzos del presente siglo, representaba valores de US\$ 5,000,000.

No se tiene información precisa sobre, cuándo apareció el *Perkinsiella saccharicida* en América. El registro del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1967) informa que en América en 1965 lo encontraron en el Ecuador (Risco 1966).

J. Gaviria en 1970, registra el *Perkinsiella saccharicida* como plaga potencialmente peligrosa en el ingenio Riopaila S.A., al norte del Valle geográfico del río Cauca.

Leach (1940) registró que el *Perkinsiella saccharicida* es el principal vector del virus causante de la enfermedad de Fiji cuyos síntomas son: no crecimiento de la planta, deformación de las hojas y el cogollo se torna como un abanico debido al acortamiento de los entrenudos.

En Colombia y como parásito de huevos de *Perkinsiella saccharicida*, se encontró un (Hymenóptero: Mymaridae) del género *Anagrus*. (Pulido 1980).

Desde el Ecuador, a donde llegó introducido desde Hawaii, se importó a Colombia en 1976 el *Tytthus mundulus* Breddin, como predator de huevos de la plaga. Se tiene un trabajo especial sobre la biología y cría de dicho predator.

Rico *et al* (1987), identificaron y evaluaron algunos microorganismos patógenos de *P. saccharicida* Kirkaldy en condiciones de la zona cañera sur del Valle geográfico del río Cauca. Los resultados confirmaron que, aislamientos de *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin cepa 7 fue la más patogénica a la plaga. Los porcentajes de mortalidad aumentaron desde 10% para el primer instar hasta 86% para el sexto instar, utilizando una concentración de 10^8 conidias por mililitro aplicadas en aspersión.

Según Pulido (1980), sobre la fluctuación de la población de *Perkinsiella saccharicida*, concluye que, al sexto mes de edad de la caña, se inicia la migración de adultos a campos con menor edad y que el número de generaciones del insecto al año debe ser de 8.

5. *Sipha flava* (Forbes) (Homoptera: Aphidae)

En Colombia, a pesar de que se tiene registrada esta especie como plaga potencial de caña de azúcar de tiempo atrás, sólo a mediados de Julio de 1988 en el ingenio Riopaila S.A. al norte del departamento del Valle del Cauca, fue cuando se presentaron las primeras infestaciones graves y generalizadas de *Sipha flava* en la variedad MEX 5229.

El área evaluada en ese momento fue de 46.930 has y de ellas se aplicaron 4.151 ha casi todas con el producto pirimicarb, en dosis comerciales de 200 gramos por hectárea. Las variedades más susceptibles al *S. flava* en Riopaila fueron: PR 1140; MEX 5229; PR 61632 y Co 421. En general y según información recibida de FAO, las variedades de hoja angosta son más susceptibles a los ataques del pulgón amarillo de la caña. En el centro y sur del

Valle del Cauca, el insecto se presentó con menor intensidad, las áreas afectadas y aplicadas fueron menores comparadas con Riopaila.

Estudios realizados en Cenicaña 1990, para estimar las pérdidas económicas causadas por *Sipha flava*, registran disminuciones de 42.3% en producción de caña y 21% en rendimiento. Lo anterior en la variedad MEX 5229.

Dentro de las posibles causas que favorecen las poblaciones altas del pulgón, Medina Gaud *et al* (1967), en Puerto Rico, reconocen los factores siguientes:

- Condiciones climáticas prolongadas de sequía en la primavera y en el otoño.
- Quema de la caña previa la cosecha puede destruir gran número de enemigos naturales.
- Aumento de la siembra del pasto pangola.
- Ausencia de enemigos naturales suficientes.
- Son hospederos de *S. flava* 51 especies de plantas y el sorgo es de los más apetecidos.

5.1 Características biológicas. Se han detectado dos especies de pulgones en caña, así: *Sipha flava* (Forbes) y *Melanaphis sacchari*, el primero de los cuales se registró no solo en mayor cantidad sino con mayor sintomatología de daños por la coloración amarilla de las hojas.

Trabajos realizados en Cenicaña (1990) Gómez y Lastra para estudiar el ciclo de vida de *S. flava* en condiciones de casa de mallas, encontraron que, los individuos pasan por tres instares antes del estado adulto y toman 13.5 días. Un adulto toma 13.9 en reproducción a razón de 2.1 individuos por día. En Puerto Rico, según Medina Gaud *et al* (1965), los individuos de la misma especie requirieron 13.08 días para llegar al estado adulto para luego producir 2 crías por individuo y por día.

5.2 Enemigos naturales. Son abundantes especialmente los predadores de los pulgones destacándose en el Valle del Cauca, los Coccinélidos, los *Chrysopas* de las cuales se tienen por lo menos dos especies y también los Sirfidos. Sin embargo en Puerto Rico Medina Gaud *et al* (1965) informan que, una vez se dan las condiciones para una explosión del pulgón, estos predadores son incapaces de reducir las poblaciones de la plaga. Esto último es muy probable que fue lo sucedido en Riopaila.

En el Valle del Cauca, zona central se realizaron traslados de predadores de los pulgones desde áreas enmalezadas a lotes con caña infestada por la plaga. Aunque no se logró cuantificar el beneficio de este trabajo, los campos de caña que recibieron los benéficos, recibieron controles químicos.

5.3 Control químico. El insecticida que ha presentado los resultados más aceptables en control de los pulgones, además de ser recomendado como selectivo de los enemigos naturales de la plaga, es el pirimicarb. Este producto se aplicó inicialmente en dosis de 400 gramos por hectárea y luego se disminuyó la dosis a 200 gramos/ha. El Malathion 57% E.C. en dosis de 1 litro producto comercial/ha controló satisfactoriamente los pulgones.

5.4 Costos del manejo de *S. flava*. En Riopaila S.A. se aplicó insecticida en 4.151 ha en el último semestre de 1988 y el costo total de los productos, los vuelos y los salarios fue de \$20,957.022.

En Providencia S.A. para la misma época, se evaluó el problema del pulgón, se recolectaron los benéficos y se liberaron en la caña con un costo de \$736.040. En Manuelita S.A. se informa que, el costo del control químico de la plaga, considerando los productos, los vuelos, banderos y jornales fue de \$6.242 por hectárea.

En lo que va corrido del año de 1993, en la parte central del Valle geográfico del río Cauca, se continúan registrando infestaciones de *Sipha flava* como problema en la caña de azúcar que han obligado las aplicaciones por vía aérea de insecticidas principalmente pirimicarb. Algunos de estos ingenios son: Castilla S.A., Tumaco S.A. y Manuelita S.A.; en el último de los ingenios citado, se tienen registradas 121.43 ha aplicadas hasta el mes de Septiembre de 1992 los costos del control químico de la plaga, incluyendo los productos, los vuelos y los banderos, es de \$15.200 por hectárea.

El Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia -CENICAÑA- que funciona desde 1979 creó el Comité de Control Biológico integrado por entomólogos de los ingenios en donde se tenían instalados programas para el manejo de los insectos. Inicialmente se solicitó y obtuvo la colaboración de entomólogos de entidades, tales como: Instituto Colombiano Agropecuario - ICA; Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT-; Federación Nacional de Algodoneros y Federación Nacional de Cafeteros. Ultimamente dicho Comité reúne, además de su personal especializado en Entomología, a representantes de los ingenios, así:

Risaralda S.A.; Riopaila S.A.; Providencia S.A.; Manuelita S.A.; Tumaco S.A.; Mayaguez S.A.; Cauca S.A. y Cabaña S.A., bajo la coordinación del Jefe de Programa de Entomología de Cenicaña.

En el Comité mencionado anteriormente se presentan y estudian las inquietudes de los diferentes ingenios y se definen las prioridades en los temas y proyectos a investigar lo mismo que las acciones a tomar sobre problemas con insectos en la caña de azúcar. Cuenta CENICAÑA con un muy buen Centro de documentación e información en donde se puede consultar rápidamente bibliografía técnica y científica a nivel local, nacional e internacional.

6. Conclusiones finales

De todo lo anterior, se puede concluir como muy importantes, los puntos siguientes:

- La situación de privilegio para una zona agrícola como el valle geográfico del río Cauca de no utilizar insecticidas en 156.000 hectáreas sembradas con caña de azúcar, es de un valor incalculable no sólo para este cultivo sino para los demás que encuentran en la caña un reservorio abundante y permanente de insectos benéficos.
- Las experiencias, de tipo docente, práctico y de intercambio a nivel nacional e internacional que los programas establecidos en varios ingenios, le significan en la protección actual y futura de cultivos, son valiosas y abundantes.

- La dinámica que presentan las poblaciones de insectos a través del tiempo según se modifiquen sus condiciones ambientales y de alimento, obligan a mantener una permanente vigilancia de las plagas y los benéficos en las áreas dedicadas a la caña de azúcar.
- La disponibilidad mayor de recursos técnicos y humanos con muy buena preparación en el área del manejo racional de las plagas de la caña, permite mirar con optimismo el futuro en casos de presentarse nuevas especies plaga o reaparición de algunas de las registradas anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 1992. Aspectos generales del sector azucarero. Asociación de cultivadores de caña de azúcar de Colombia. Asocaña. p. 27.
- Box, H.E. 1950. List of sugar cane insects. London. Commonw Inst. Ent., 101 pp.
- Box, H.E. 1931. The Crambine Genera *Diatraea* and *Xanthopherne* (Lep., Pyral.) Bulletin of Entomological Research. 22, p. 27-28.
- Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 1990. Manejo de *Sipha flava* y sus efectos en la producción. Carta trimestral Abril-Junio 12 p.
- Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 1990. Estudios sobre *Sipha flava*. Ciclo biológico. Carta trimestral Julio-Septiembre 4p.
- Gaviria, J. 1977. Evaluation of biological control in the Colombian sugar industry - Its practical utilization in Riopaila area. Seminar of the problem of the sugar cane borer *Diatraea* spp. Barquisimeto - Venezuela. 18 p.
- Gaviria, J. 1970. Notas preliminares sobre el saltahojas Hawaino. *Perkinsiella saccharicida* K. Valle del Cauca Riopaila Ltda. Departamento de Entomología. Mimeografiado 6 p.
- Gaviria, J. 1982. Control biológico de los insectos plaga de la caña de azúcar en Colombia. I Foro sobre: Control biológico de plagas agrícolas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira p. 1-41.
- Gómez, L.A. 1989. El *Diatraea* y la industria azucarera en el Valle del Cauca. Carta trimestral. Cenicaña. Abril-Junio 14 p.
- Gómez, L.A. y Lastra, L.A. 1993. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. Publicación en imprenta 29 p.
- Hermes, A., Casas, T.L. y Obando, N. 1938. Informe de la comisión encargada de visitar los ingenios azucareros del país. Ministerio de la Economía Nacional 161 p. mecanografiado.
- Losada, B. 1944. Memoria Técnica de la Estación Experimental de Palmira. Publicaciones del Ministerio de Economía Nacional. p. 24-143.
- Leach, J. 1940. Insect transmission of plant diseases. New York. McGraw Hill Book. Inc. p. 354-456.
- Luna, C.A. 1992. Censo de variedades de caña de azúcar. Informe especial. Carta trimestral Enero-Marzo 1993. Cenicaña. Cali. Colombia 22 p.

- Medina Gaud, S., L.F. Martorel and R. Bonilla Robles. 1967. Notes on the biology and control of the yellow aphid of the sugar cane *Sipha flava* (Forbes) in Puerto Rico. Proc. Int. Soc. Sug. Cane. Tech. XII Congress Puerto Rico. pp. 1308-1319.
- Ordish, G. 1953. Man's loss of crops from pests, weeds and diseases. Constable and Co., London 183 p. (Res. in Trop. Agri. 30: 191).
- Posada, L., I.Z. de Polanía, I. S. de Arevalo, A. Saldarriaga, F. García y R. Cárdenas. 1970. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 3a. edición ICA. Programa de Entomología. Publicación miscelánea. No. 17 p. 49.
- Pulido, F.J.I. 1980. Ciclo biológico y hábitos del *Perkinsiella saccharicida*, Kirkaldy (Homoptera: Delphacidae) plaga de la caña de azúcar. Bogotá. U.N. ICA (Tesis Magister Scientiae) 60 p.
- Rico, J., M. Calderón y J. Victoria. 1987. Evaluación e identificación de microorganismos patógenos de *Perkinsiella saccharicida* (Homoptera: Delphacidae), en caña de azúcar. Segundo Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Memorias. Tomo I: 245-256.
- Trejos A., J.A. y F. Londoño G. 1985. Distribución de las especies de *Diatraea* (Lepidoptera: Pyralidae) en caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el Valle geográfico del río Cauca y algunas observaciones sobre su parasitismo. Tesis U. Nal. de Colombia Fac. de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Col. 77 p.
- Williams, J.R. Metcalfe, J.R. Mungomery, and R. Mathes. 1969. Pests of sugar cane. Elsevier Publishing Company. Amsterdam London, New York p. 11-41.
- Zenner, I., Jaramillo F. y García, C. 1965. Determinación del parasitismo natural de *Diatraea* spp., en dos ingenios del Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. 99 p.
- Zimmerman, E.C. 1948. Insects of Hawaii. Homoptera: Auchenorrhyncha. Honolulu, Hawaii. University Press of Hawaii. Vol. 4, 1948.

EL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PLAGAS DE LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA

Hugo Calvache Guerrero¹

Resumen

Dentro de las circunstancias económicas actuales del país, el control biológico juega un papel muy importante dentro de las estrategias del manejo de plagas para reducir costos de producción. Por las características propias de la palma de aceite y por las grandes extensiones que cubre, su cultivo está sujeto a la presencia de insectos, plagas y benéficos, los cuales varían en las diferentes zonas productoras y edades de las palmas.

En Colombia, se han realizado diferentes reconocimientos y estudios que han permitido conocer el potencial natural de enemigos naturales, considerando dentro de ellos, insectos parasitoides y predadores y organismos entomopatógenos de las plagas más importantes del cultivo.

El control biológico de plagas en palma de aceite, utilizando insectos benéficos no está muy desarrollado en el país. Este, sólo se refiere a la liberación esporádica de *Trichogramma* sp. para el control de *Loxotoma elegans*, algunas liberaciones de *Sphalangia* sp. para el control de moscas y algunos intentos de cría y liberación de *Alcaeorrhynchus grandis* y *Podisus* sp. para el control de varios defoliadores.

El uso de organismos entomopatógenos está más generalizado, especialmente con hongos del género *Beauveria*, con *Bacillus thuringiensis* y virus de la densonucleosis para el control de muchos lepidópteros defoliadores. Se tienen diferentes sistemas de producción del hongo, se han desarrollado métodos para multiplicar la bacteria de *B. thuringiensis* en las plantaciones y se tiene un manejo de plagas dentro del cual entra muy bien el control biológico, basado en la inspección permanente del estado fitosanitario del cultivo. Se ha iniciado un programa de control de *Sagalassa valida* con el nemátodo *Steinernema carpocapsae*.

1. Situación del cultivo en el país

En la actualidad, según Fedepalma (1992), existen unas 116.000 ha dedicadas a este cultivo y con el incremento registrado en la última década, Colombia se ha convertido en uno de los países mayor productores del mundo, después de Malasia e Indonesia (Corrado, 1991). Las características del mercadeo de grasas y aceites en Latinoamérica ha originado una fuerte competencia comercial en la cual convergen los subsidios concedidos por muchos gobiernos, las condiciones socioeconómicas de las regiones productoras y la política económica nacional actual. Esto ha incidido directamente en la priorización del mejoramiento de la eficiencia en las plantaciones colombianas. La maximización de la producción al menor costo conlleva la optimización de todos los factores y tipos de

¹CENIPALMA. Area de Entomología. Cra. 9 No. 71-42 Bogotá.

eficiencia, entre los cuales para el manejo de plagas, el control biológico juega un papel muy importante.

A diferencia de lo que acontece con otros cultivos, el de la palma de aceite se realiza en unidades de grandes extensiones, muchas de ellas establecidas a partir de bosques primarios, lo cual constituye el primer elemento modificador del ambiente. Este, aunque posee características de permanencia y estabilidad, se distingue por la fragilidad de su ecosistema, como consecuencia del alto número de hectáreas dedicadas al monocultivo (Tabla 1). La homogeneidad y las características del cultivo inducen o facilitan la adaptación, evolución y distribución de poblaciones de insectos y microorganismos, lo cual varía de acuerdo con la zona geográfica, la edad de la palma y el manejo agronómico de la plantación.

Tabla 1. Distribución por tamaño de las plantaciones de palma de aceite en 1991, en Colombia. Fedepalma, 1992.

Rango de tamaño	Número de plantaciones	Area registrada	Distribución %
0 - 49	421	3.780	3.2
50 - 99	67	4.558	3.9
100 - 499	138	29.019	25.0
500 - 999	40	27.724	23.9
1000 o más	22	51.091	44.0
Total	688	116.172	100.0

En Colombia, el cultivo se desarrolla en cuatro zonas geográficas, cuyas características de clima y suelo determinan la presencia de plagas y enfermedades y su control, así como el manejo agronómico en general. Así, la zona Oriental, conformada por los departamentos de Meta, Casanare, Caquetá y Cundinamarca, con un potencial de 320.000 ha presenta un período seco de 2,5 a 3,5 meses y una precipitación anual de 2800 mm; la zona Norte, correspondiente a los departamentos de Cesar y Magdalena, posee un período seco de 4 a 7 meses y un área potencial de 250.000 ha. La zona Central que comprende el Sur del Cesar y Santanderes, tiene un período seco de dos a tres meses, un potencial de 50.000 ha y una precipitación anual de 2800 mm. La zona Occidental, correspondiente a Nariño y Valle del Cauca, con 3500 mm de precipitación anual, más o menos distribuidos a lo largo de todo el año, tiene un potencial de unas 50.000 ha (Gómez *et al.*, 1990).

2. Evolución de los problemas entomológicos

Según la Lista de Insectos Dañinos y Otras Plagas de Colombia (Posada, 1989), existen 95 especies entre ácaros e insectos que se alimentan de palma de aceite. Afortunadamente son pocas las que realmente adquieren la categoría de plaga, las cuales se pueden agrupar en:

- a. insectos que causan daño directo a la palma, y
- b. insectos que diseminan o facilitan la acción de fitopatógenos.

Entre los primeros existen especies cuyo control ha originado condiciones muy especiales para la continua y sistemática explosión de poblaciones, semestre tras semestre, como fue el caso de *Euprosterina elaeasa* Dyar (Lepidoptera: Limacodidae) en el Magdalena Medio. Los primeros registros de este insecto se remontan a los inicios de la década del 70, época en la cual se inició un plan de control químico basado en la aplicación de tricolorfon, cuya dosis fue necesario ir incrementando ante la progresiva ineficacia de esta práctica. En 1983 se utilizaron mezclas de insecticidas fosforados, cuyo control fue altamente satisfactorio; sin embargo, fue en esta oportunidad cuando se desbordaron las poblaciones de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Brassolidae), complicando la situación ya de por sí grave por la presencia y abundancia de la chinche *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) (Restrepo y Umaña, 1979; Reyes y Cruz, 1989).

Así se vino sorteando el control de *E. elaeasa*, incluyendo hasta los insecticidas del grupo de los piretroides sintéticos. Desde 1989 se comenzaron a usar los inhibidores de síntesis de la quitina, los cuales en la actualidad se aplican en forma comercial en muchas de las plantaciones de la región. Se han hecho algunos intentos de control con base en el uso de organismos entomopatógenos, entre los cuales se encuentran *Bacillus thuringiensis* y un virus de la poliedrosis nuclear (Reyes y Cruz, datos sin publicar; Pedraza, 1988).

Son muchos los problemas de origen entomológico que han debido soportar en el Magdalena Medio; además de los ya enunciados, vale la pena mencionar los siguientes: *Retracus elaeis* Keifer (Acari: Eriophyidae) de amplia distribución en la región. Varios comedores de hoja como *Stenomoma cecropia* Meyrick y *Antaeotricha* sp. (Lepidoptera: Stenomidae), *Euclea* sp., *Sibine* spp. (Lepidoptera: Limacodidae), *Automeris* spp. (Lepidoptera: Saturnidae), *Mesocia pusilla* Stoll (Lepidoptera: Megalopygidae), *Oiketicus kirbyi* Guilding (Lepidoptera: Psychidae). Debido a las actuales prácticas de renovación de plantaciones y al tamaño de las áreas dedicadas a esta actividad, *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae) ha adquirido importancia económica.

Por su parte, en las otras áreas palmícolas del país, los problemas entomológicos han sido manejados con mayor cautela y en consecuencia no se ha acelerado el proceso de degradación del equilibrio ecológico. Se han presentado explosiones poblacionales muy esporádicas de algunas especies en la zona Oriental, tales como: *O. cassina*, *Brassolis sophorae*, *Loxotoma elegans*, *Hispoleptis subfasciata* y otras de menor importancia. En la zona Occidental, el barrenador de las raíces, *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphypterigidae) constituye la plaga de mayor importancia económica. En la zona Norte *O. kirbyi*, *Durrantia* sp. y *S. fusca* han tenido algunas características como plagas de especial cuidado.

Respecto a los insectos plagas correspondientes a la segunda forma de daño, que diseminan o facilitan la acción de fitopatógenos, se deben mencionar a *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), vector del nematodo *Rhadinaphelenchus cocophilus*, agente causal de la enfermedad conocida como "anillo rojo". Este insecto se encuentra distribuido en todo el país y es materia de especial monitoreo para desarrollar medidas de control en las épocas de mayores niveles poblacionales.

La "Marchitez Sorpresiva" es una enfermedad que arrasó varias plantaciones en el país en la década del setenta. Se ha encontrado que su agente causal es un flagelado del género

Phytomonas, el cual para su transmisión a palmas sanas necesita de un insecto del orden Hemiptera, familia Pentatomidae. Hasta el momento se ha registrado la chinche *Lincus tumidifrons* como vector. Son pocos los estudios adelantados al respecto y el control de la enfermedad se realiza básicamente mediante la erradicación de palmas enfermas y la aplicación de insecticidas (Alvañil y Calvache, 1990).

Finalmente, en este grupo se encuentra la chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) la cual está asociada con la enfermedad conocida como "Necrosis foliar" o "Pestalotiopsis" (Reyes y Cruz, 1986). Este complejo constituye el problema de mayor importancia económica en la zona Central y en menor proporción en la Costa Atlántica.

3. Consideraciones sobre el control de plagas

Aunque no se han realizado estudios para evaluar el efecto en la producción de defoliadores puntuales causados por insectos y ácaros, los datos de varias plantaciones indican que las mermas en los ingresos por hectárea sobrepasan en magnitud muy apreciable los costos del control, especialmente en casos continuados de presencia de plagas (Reyes, 1991).

En el cultivo de la palma de aceite, el control de determinada especie resulta de la combinación de varias estrategias consideradas dentro de lo que podría denominarse manejo integrado de plagas. De acuerdo con la edad de la plantación, el área del lote o del cultivo, la ubicación geográfica respecto a otras plantaciones, la especie dañina y el nivel de la población, se han estructurado planes de control, que se complementan unos con otros y consideran desde el mecánico, físico, agronómico y biológico hasta el químico (Calvache y Gómez, 1991). Sin embargo, el paso fundamental para la toma de decisiones, lo constituye la revisión de plagas, la cual brinda un amplio conocimiento del problema y su importancia económica actual y potencial.

El registro sistemático de las plagas en una plantación, considerando todos los factores de origen biótico y abiótico involucrados en el problema de plagas, debe ser periódico y estar acorde con los hábitos de los insectos prevalentes, edad de la palma, tamaño y conformación de las parcelas y condiciones fitosanitarias especiales registradas con anterioridad.

3.1 Control biológico natural

El control biológico natural, teniendo en cuenta insectos benéficos y organismos entomopatógenos, es un factor de especial importancia que ahora, técnicos y cultivadores, lo tienen muy en cuenta, después de las experiencias vividas en la zona Central.

Insectos benéficos

Los diversos trabajos de investigación realizados por el ICA, FEDEPALMA y algunas plantaciones han permitido conocer el potencial bioregulador natural que existe. En la Tabla 2 se presentan los principales insectos benéficos registrados en Colombia, como reguladores naturales de las plagas de la palma de aceite.

Tabla 2. Principales parasitoides registrados sobre plagas de la palma de aceite (Reyes, 1991).

Parasitoide	Familia	Huésped
<i>Cotesia</i> sp.	Braconidae	<i>Euclea diversa</i> , <i>Sibine fusca</i> , <i>Dirphia</i> sp., <i>Euprosterna elaeasa</i> , <i>Opsiphanes cassina</i>
<i>Aleoides</i> sp.		<i>Mesocia pusilla</i> , <i>E. diversa</i> , <i>Acraga infusa</i>
<i>Formicia clathrata</i>		<i>E. elaeasa</i>
<i>Iphiaulax</i> sp.		<i>Oiketicus kirbyi</i>
<i>Pelecystoma</i> sp.		<i>E. diversa</i> , <i>S. fusca</i> , <i>A. ochracea</i>
<i>Rhysipolis</i> sp.		<i>Stenoma cecropia</i> , <i>E. elaeasa</i>
<i>Rhogas</i> sp.		<i>E. elaeasa</i>
<i>Cassinaria</i> sp.	Ichneumonidae	<i>E. elaeasa</i> , <i>E. diversa</i> , <i>S. fusca</i>
<i>Baryceros dubiosus</i>		<i>E. elaeasa</i> , <i>E. diversa</i> , <i>S. fusca</i>
<i>Theropia</i> sp.		<i>E. elaeasa</i> , <i>Sibine megasomoides</i>
<i>Elasmus</i> sp.	Eulophidae	<i>S. cecropia</i>
<i>Stenomesus</i> sp.		<i>E. elaeasa</i>
<i>Euplectromerpha</i> sp.		<i>E. elaeasa</i>
<i>Telenomus</i> sp.	Scelionidae	<i>O. cassina</i>
<i>Erythmelus</i> sp.	Mymaridae	<i>Leptopharsa gibbicarina</i>
<i>Conura fulvomaculata</i>	Chalcididae	<i>E. elaeasa</i> , <i>O. cassina</i>
<i>C. alaeidis</i>		<i>O. kirbyi</i>
<i>Brachymeria</i> sp.		<i>O. cassina</i> , <i>S. fusca</i>
<i>Trichogramma</i> sp.	Trichogrammatidae	<i>Loxotoma pos elegans</i>
Pos <i>Trichogramma</i> sp.		<i>S. cecropia</i>
<i>Sarcoidexia</i> sp.	Sarcophagidae	<i>D. gregatus</i> , <i>E. elaeasa</i>
<i>Pararrhinacha parva</i>	Tachinidae	<i>A. infusa</i>

Los predadores más comunes encontrados en palma pertenecen a los órdenes Hemiptera, Neuroptera e Hymenoptera.

Organismos entomopatógenos

Los cultivos de palma de aceite conforman agroecosistemas muy propicios para el desarrollo y establecimiento de organismos entomopatógenos, como virus y hongos, debido a las condiciones de alta humedad (Bustillo, 1987). Los diferentes reconocimientos ejecutados por ICA, FEDEPALMA, CENIPALMA y entidades particulares demuestran que en forma natural existe un gran potencial de agentes benéficos que es necesario estudiar para utilizarlos en la regulación de las poblaciones de insectos.

Las especies de hongos entomopatógenos se encuentran ampliamente distribuidas en las diferentes regiones del país, y en algunas de ellas, especialmente en la zona Occidental, existen en forma endémica sobre ácaros e insectos, cuyas poblaciones no alcanzan niveles de importancia económica. La presencia de epizootias, según las variaciones de las condiciones climáticas, es muy frecuente en las zonas Central, Oriental y Occidental. Desafortunadamente no existen registros al respecto, en la zona Norte, aunque en los reconocimientos se han encontrado varias especies de hongos entomopatógenos (Rodríguez, 1989; Calvache y Gómez, 1990).

Desde 1986 se han realizado diferentes reconocimientos para conocer el potencial natural de hongos entomopatógenos y fue así como se detectó la presencia de *B. bassiana* en la zona de Tumaco sobre larvas de *S. cecropia*. Las epizootias, naturales o inducidas, han sido definitivas para el manejo de esta plaga, ayudadas por la utilización de otras prácticas como la captura de adultos con trampas de luz (S. Arango, Palmas de Tumaco, 1992, comunicación personal).

En la zona de Puerto Wilches, Fedepalma (1988) realizó un reconocimiento de los hongos que estaban relacionados con *L. gibbicarina* y encontró *B. bassiana*, *B. tenella*, *Hirsutella* sp., *Paecilomyces* sp., *Sporotrix* sp. todos pertenecientes a la clase Hyphomycetos.

Como resultado de los reconocimientos y trabajos de investigación, los huéspedes identificados de los diferentes hongos entomopatógenos, se podrían resumir en la siguiente forma: Género *Beauveria*:

Se han identificado tres especies: *B. bassiana* (Balsamo) Vuilleim

B. brogniartii (*tenella*) (Sacc.)

B. pos amorpha

los huéspedes han sido:

S. cecropia en Tumaco y Pto. Wilches

L. elegans en Meta y Casanare

B. sophorae en Meta, Casanare y Tumaco

O. cassina en Meta, Casanare y Tumaco

S. fusca en Meta, Casanare y Tumaco

L. gibbicarina en Pto. Wilches

Antaeotricha sp. en Pto. Wilches

Género *Metarhizium*:

Solamente se ha identificado la especie *M. anisopliae* var *major* (Johnson), aislado de larvas de *S. valida* en Palmas de Tumaco, cuyo control bajo condiciones de laboratorio ha alcanzado el 100% (I. Pinzón, Palmas de Tumaco, 1992, comunicación personal).

Género *Paecilomyces*:

Paecilomyces sp. se ha aislado de ninfas y adultos de *L. gibbicarina* en Pto. Wilches, donde se han desarrollado epizootias que han causado hasta un 60-70% de control.

Género *Hirsutella*:

Los reconocimientos adelantados en Urabá por Urueta (Reyes y Cruz, 1986) permitieron aislar la especie *H. thompsoni* del ácaro *Retracrus elaeis*.

Género *Sporotrix*:

Se han efectuado algunos experimentos para conocer su patogenicidad, sobre ninfas y adultos de *L. gibbicarina*, en San Alberto (Cesar).

4. Control biológico

4.1 Insectos benéficos

La cría y liberación de predadores y parasitoides no es una técnica muy usada en palma de aceite. La tendencia general actual es mantener y defender el control biológico natural existente. Algunas plantaciones han adelantado reconocimientos de la entomofauna benéfica, especialmente en lo relacionado con parasitoides; sin embargo, hacen falta estudios más detallados que aseguren el éxito en la cría, almacenamiento y liberación de estos organismos benéficos.

Los predadores con que más se ha trabajado en las plantaciones respecto a cría y liberación en el campo han sido *Alcaeorrhynchus grandis* y *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae). Se favorece en diferentes formas la propagación natural de las avispas del género *Polistes* y hormigas cuya fauna es muy variada (Reyes, 1991).

Trichogramma sp. es el único parasitoide que se ha liberado en algunas plantaciones para el control de *L. elegans* y *Sphalangia* sp. para el control de moscas.

El manejo de las malezas para favorecer la biodiversidad es una práctica que ha comenzado a abrirse campo entre los palmicultores, especialmente en las plantaciones grandes. Especies nectíferas de las familias Compositae, Solanaceae y Leguminosae favorecen la alimentación y permanencia de muchas especies de insectos parasitoides (Genty y Delvare, 1992).

4.2 Organismos entomopatógenos

Desde la segunda mitad de la década de los 80s se ha venido incrementando el uso de organismos entomopatógenos, especialmente de *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Paecilomyces* sp. Nematodos y algunos virus, como se verá a continuación.

Hongos

En muchas plantaciones se ha iniciado la producción masiva y aplicación de *B. bassiana* y *B. brongniartii*; sin embargo esta práctica aún no está muy generalizada debido a que su multiplicación, de carácter doméstico, requiere de un laboratorio, no siempre disponible en todas las empresas. La selección de cepas altamente patogénicas, ha sido una de las características que se ha descuidado en la multiplicación de este microorganismo, además de algunas técnicas para mantener la patogenicidad o para conocer o establecer la concentración letal. Esto, en muchas ocasiones, se ha reflejado en deficientes porcentajes de control.

El control de la plaga no es inmediato después de la aplicación de un hongo entomopatógeno y ésto, en muchas ocasiones, preocupa a los técnicos y palmicultores, ya que su utilización se hace con el criterio de controlar rápidamente un brote de la plaga y no como parte de un programa de manejo. En la Tabla 3, se presenta un ejemplo de control de *L. elegans* con *B. brongniartii*, según el cual, el mayor porcentaje de control se consigue a los 23 días después de la aplicación.

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad de *L. elegans* obtenido con la aplicación de diferentes concentraciones de *B. brongniartii*.

Conc. conidias/ml	Días después aplicación			
	7	15	23	31
$9,87 \times 10^4$	9,3	55,3	66,7	59,3
$9,87 \times 10^3$	14,3	50,0	59,2	41,9
$9,87 \times 10^2$	16,0	35,6	40,0	15,4
$9,87 \times 10^1$	2,9	11,1	10,5	12,5
Testigo	3,0	7,0	4,4	7,4

Por otra parte, la edad y los hábitos de la plaga y las condiciones ambientales juegan un papel muy importante en la eficiencia de una aplicación de hongos entomopatógenos. En el control de *L. elegans* con *B. brongniartii* se obtuvo un control del 92% en larvas cuyo tamaño era superior a los 30 cm, utilizando una concentración de $9,87 \times 10^4$. Tabla 4. (Cenipalma, 1993. Datos din publicar).

Tabla 4. Efecto de *B. brongniartii* sobre larvas de *L. elegans* de diferente tamaño.

Conc. conidias/ml	L a r v a s		
	< 15 mm	15/30 mm	> 30 mm
$9,87 \times 10^4$	32,5	72,5	92,5
$9,87 \times 10^3$	25,0	67,5	75,0
$9,87 \times 10^2$	15,0	52,5	35,0
$9,87 \times 10^1$	0,0	50,0	15,0
Testigo	5,0	2,5	0,0

4.2.2 *Bacillus thuringiensis*

La formulación comercial de *B. thuringiensis* ha favorecido su uso contra lepidópteros, aunque los resultados no siempre han sido satisfactorios en el control de *E. eleasa*, *Stenoma*, *Loxotoma*, *Opsiphanes* y otros lepidópteros, debido, en muchas ocasiones, a mal manejo o a condiciones climáticas adversas. De todas maneras, es el organismo más ampliamente difundido en las plantaciones y su uso, similar a los insecticidas químicos, se refiere al control de brotes de algún comedor del follaje.

El mal manejo, puede referirse a dos aspectos especialmente dosis bajas o mal calculadas, según el origen del producto, y al tipo o forma de multiplicación de la bacteria, a partir del producto comercial. En el caso de *E. elaeasa*, por ejemplo, se ha utilizado 1 kg/ha; sin embargo su control ha sido inconsistente, debido posiblemente a factores climáticos tan adversos para la bacteria en la zona de Puerto Wilches. Se han obtenido buenos controles de larvas de *Euclea diversa* de 4o. ó 5o. instar con dos aplicaciones de *B. thuringiensis*, distanciadas de 6 a 10 días. El efecto sobre *S. cecropia* nunca ha sobrepasado el 60% de control, al igual de lo obtenido sobre larvas de *L. elegans* y *O. cassina*. Por su parte, *Oiketicus kirbyi* requiere de dosis altas, entre 1,5 y 3,0 kg/ha. (Reyes y Cruz, 1986).

Generalmente, en muchas plantaciones se acostumbra multiplicar la bacteria a partir del producto comercial. Para ésto preparan un caldo nutritivo, utiizando 75 cubos de caldo de carne en 150 litros de agua; frío el caldo y desgrasado, se agrega el producto comercial de *B. thuringiensis*, y se deja 4 ó 5 días para la multiplicación de la bacteria, propiciando en forma constante una buena oxigenación. Este proceso se realiza en una forma muy rústica y es posible que el resultado final, no siempre sea de buenas cualidades. Sin embargo, en las plantaciones existen registros de excelentes controles con estos caldos; por ejemplo, en Palmas de Tumaco, con una sola aplicación han tenido controles del 60% de *S. cecropia* y del 85% de *Struthocelis* sp. (S. Arango, 1992, comunicación personal), y en Salamanca S.A. (Tumaco) se ha llegado hasta un 73% de control, con larvas de 25-30 días de edad de *S. cecropia*.

4.2.3 Virus

En general, se conocen dos clases de virus afectando plagas de la palma de aceite. Uno, el de la Densonucleosis que ataca *Sibine fusca*, *S. nesea* y *O. cassina*. En la zona Central

se han hecho aplicaciones comerciales del virus, con resultados altamente satisfactorios del 95 - 100% de control. Para el efecto, el ingrediente activo ha resultado de preparados a partir de material enfermo en dosis de 20-30 g de material infeccioso/ha (Reyes, 1991).

Respecto a este virus, Genty, (1992), hace la siguiente descripción de los síntomas de la enfermedad causada en larvas de *S. fusca*: durante los días siguientes a la infección, se produce una disminución de la actividad, del apetito y del instinto gregario del insecto. Según su edad, deja de alimentarse a los 3-5 días después de la infección y se inmovilizan. La muerte ocurre entre el 5o. - 7o. día en larvas jóvenes menores del 6o. instar, mientras que en larvas bien desarrolladas, de los tres últimos instares, esto ocurre entre los 10 y 14 días. Dos días antes de morir se observan abundantes secreciones bucales y anales y los tegumentos cambian de color: las larvas, inicialmente verde claro, se vuelven amarillas, luego marrón claro y finalmente marrón oscuro. Hay lisis de todos los tejidos internos y el cuerpo toma una consistencia blanda. Las larvas jóvenes mueren adheridas a la hoja, las de mayor desarrollo caen al suelo.

El otro, es el virus de la poliedrosis nuclear. Mediante ultracentrifugación en gradientes de sacarosa se pudo aislar el VPN - tipo múltiple de larvas de *E. elaeasa*. Según Pedraza (1988) las larvas infectadas presentan una degradación del color verde de la región dorsal; la zona ventral, normalmente blanca, se torna amarilla opaco. Por lo general, las larvas quedan adheridas a los folíolos, aunque en algunas ocasiones pueden caer al suelo. Del 6o. instar en adelante hay emanaciones abundantes de un líquido color café rojizo, a través del orificio anal.

Los resultados obtenidos en el control de *E. elaeasa* con este virus, inicialmente fueron buenos, con altos porcentajes de mortalidad. Sin embargo, se ha observado que hay inconsistencia en el control, además de que parece inestable aún en condiciones refrigeradas (Reyes, 1991). En este aspecto, se debe destacar la estabilidad manifestada por el virus de la densonucleosis, cuyo material infeccioso puede permanecer infectivo por varios años (3 ó 4 años y en algunos casos más), cuando se almacena a bajas temperaturas, entre 2 ó 3°C en agua destilada en una relación de 1:2 ó 1:3, licuando y filtrando (Reyes, 1991; Genty, 1992).

4.2.4 Nemátodos

Los nemátodos, en el control de plagas en el cultivo de palma de aceite, no habían pasado de una simple referencia para dar a conocer la presencia de aquellos pertenecientes al género *Rhabditis*, especialmente en insectos como *R. palmarum* y *S. aloeus*. A raíz de los trabajos ejecutados en el Ecuador en el control de *S. valida*, se utilizó el nemátodo de la especie *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) con resultados altamente satisfactorios en el control del barrenador de las raíces y en su establecimiento en la zona Occidental (Ortiz y Calvache, 1992). La dosis establecida fue de un millón de nemátodos por palma, liberados en el suelo, en la base de la palma. La tusa o raquis del fruto de la palma, colocado en la base de la palma, ayuda al establecimiento del nemátodo en el suelo. De la fase experimental, desarrollada en las plantaciones Salamanca S.A. y Palmeiras (Tumaco), se ha pasado a un programa de control biológico, basado en la cría y liberación del nemátodo. La multiplicación del nemátodo se hizo inicialmente "in vivo", sobre larvas de *Galleria mellonella*, con una producción promedio de 165.000 nemas por larva. En la

actualidad, para incrementar la producción y disminuir significativamente los costos, la multiplicación se está desarrollando "in vitro", en medio artificial a base de riñón de cerdo; para acelerar el proceso, se aísla la forma primaria de la bacteria *Xhenorhabdus nematophilus* de las larvas de *G. mellonella*, y se multiplica en un medio enriquecido; luego se agrega al medio homogenizado de riñón de cerdo, donde después se inocula el nemátodo en su fase infectiva (Cenipalma, 1993. Datos sin publicar).

Por otra parte, los estudios recientemente iniciados en la zona Oriental indican que esta especie es altamente infectiva en larvas de *S. aloeus*. Con el conocimiento que hasta el momento se tiene acerca de la biología y hábitos de *Strategus* y con la experiencia adquirida en la producción, almacenamiento y manejo del nemátodo, se están iniciando los estudios respectivos, para establecer programas de control microbiano de esta plaga.

5. Conclusiones

El control biológico de las plagas de la palma de aceite es una actividad prioritaria dentro de las estrategias para reducir costos en el proceso productivo. Existe en forma natural un potencial muy alto de especies de insectos benéficos, cuyo uso deberá intensificarse en un futuro próximo, basao en trabajos de investigación. El control microbiano, realizado especialmente con hongos entomopatógenos, está bastante desarrollado; sin embargo, se requiere de una mayor información respecto a la selección de cepas altamente patogénicas, producción y forma de acción, así como la utilización de otros grupos de organismos entomopatógenos. Afortunadamente, dentro de las prácticas de manejo de plagas, en las plantaciones se realizan todas aquellas que en una u otra forma contribuyan a disminuir poblaciones. Por esta razón, el control biológico fácilmente puede ser apoyado como el punto central de un programa bien estructurado.

BIBLIOGRAFIA

- Alvañil, F. y Calvache, H. 1990. Estudios biológicos de *Lincus tumidifrons* (Hemiptera: Pentatomidae), vector de la marchitez sorpresiva. XVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. Santafé de Bogotá, 1990. Resúmenes.
- Bustillo, A. 1987. Enfermedades en insectos y posibilidades de uso en programas de manejo integrado de plagas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Doc. sin publicar. 349 h.
- Calvache, H. y Gómez P. 1991. Comportamiento de las plagas de la palma de aceite en Colombia durante 1990. Palmas (Colombia), Vol. 12, No. 3: 7-14.
- Corrado, F. 1991. Cómo mejorar la eficiencia en plantación. Palmas (Colombia), Vol. 12, Número especial: 18-38.
- FEDEPALMA. 1987. Informe de labores. Investigación con hongos entomopatógenos en el área de Puerto Wilches. p. 41-58 (mecanografiado).
- FEDEPALMA. 1988. Informe técnico. (mecanografiado).
- FEDEPALMA. 1992. Informe anual 1991-1992. Anexo estadístico, área sembrada con palma de aceite en Colombia. Santafé de Bogotá, Fedepalma. p. 78.
- Genty, PH. 1992. Utilización de una virosis de tipo densonucleosis en la lucha contra el lepidóptero *Sibine fusca*. En: CENIPALMA. Control microbiano de insectos. Santafé de Bogotá, Cenipalma. p. 90-100.
- Genty, PH. y Delvare, G. 1992. Interés de las plantas atractivas para la entomofauna benéfica de las plantaciones de palma en América tropical. Palmas (Colombia), Vol. 13 No. 4: 23-33.
- Gómez, P.L., Owen, E., Nieto, L.E., Calvache, H., Mondragón, V. y Álvarez, G. 1990. Diagnóstico tecnológico del cultivo de la palma de aceite en Colombia. Palmas (Colombia), Vol. 11, No. 3: 32-63.
- Martínez - López, G. 1989. Fisiología del amarillamiento de la palma de aceite. Informe de consultoría. IICA - PROCIANDINO. Bogotá, 82 h (mecanografiado).
- Pedraza, R. 1988. Aislamiento, identificación y caracterización del virus de larvas de *Euprosterina elaeasa* Dyar (Lepidoptera: Limacodidae). Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional, Bogotá. 101 h.
- Posada, L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Boletín Técnico No. 43. 4a. Ed. Santafé de Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. p. 447-460.

- Restrepo, F. y Umaña, C. 1978. Control integrado de plagas en palma africana. En: Fedepalma. II Conferencia sobre palma de aceite. Santa Marta, Noviembre 24-25, 1978. p. 67-106.
- Reyes, A. 1991. Manejo eficiente de la sanidad en plantaciones de palma de aceite. Palmas (Colombia), Vol. 12, Número especial: 57-67.
- Reyes, A. y Cruz, M.A. 1986. Principales plagas de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en América tropical, su manejo y control. Conferencia dictada en el Curso de entrenamiento en Palma Africana, United Brands, Quepos, Costa Rica. 55 h.
- Rodríguez, D. 1984. Hongos entomopatógenos registrados en Colombia. Revista Colombiana de Entomología, Vol. 10: 57-64.
- Rodríguez, D. 1989. Posibilidades del uso de hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plagas en palma africana. Palmas (Colombia). Vol. 10, No. 2: 5-21.

Resumen

El control biológico se ha definido como el uso deliberado de insectos parásitos y predadores, dejando de un lado el uso de patógenos de insectos. De manera general podemos decir que el Control Biológico se divide en:

- Control macrobial, ejercido por artrópodos, parásitos y predadores.
- Control microbial, ejercido por microorganismos (patógenos y parásitos).

Dentro de los agentes de control microbial tenemos las bacterias como *Bacillus thuringiensis* que causan patogenicidad a insectos; ésta fue descrita por primera vez en 1904 en Japón sobre una larva de gusano de seda.

El *B. thuringiensis* es una bacteria de tipo gram positivo la cual posee un cristal tóxico para insectos. El cristal es una proteína alcalina saluble que libera cuatro o más toxinas de acción insecticida, haciendo que las larvas afectadas dejen de alimentarse en pocos minutos.

La tecnología de formulación de *B. thuringiensis* como producto terminado ha tenido una gran aceptación, debido a los altos estándares de calidad de las serias empresas productoras.

Dentro de las ventajas que tienen el *Bacillus thuringiensis*, además de ejercer excelente control de insectos plaga en los cultivos, es no dejar residuos tóxicos, proteger la entomofauna benéfica y el ambiente y ser usado en numerosos cultivos y solución de problemas en salud pública (control de vectores de enfermedades).

1. Introducción

Se sabe que el control biológico es ejercido por predadores, parásitos y patógenos, muchos de los cuales han sido introducidos y aplicados por el hombre en explotaciones agropecuarias y en salud pública. De manera general se ha definido el control biológico como: "el uso deliberado de insectos parásitos y predadores en los cultivos", dejando por fuera el uso de patógenos. Por tal razón debemos considerar que el control biológico tiene dos grandes divisiones:

Control macrobial: ejercido por artrópodos (parásitos y predadores).

Control microbial: ejercido por microorganismos (patógenos y parásitos).

Del mercado mundial de bioplaguicidas, más del 90% son B.t.'s y su origen actual se concentra en cinco variedades:

¹ Abbott Laboratories de Colombia, S.A. A.A. 3589, Bogotá.

B.t. kurstaki
B.t. aizawai
B.t. berliner
B.t. israelensis
B.t. tenebrionis.

Para poder manejar adecuadamente cualquiera de estas "herramientas biológicas", debemos estudiarlas y conocerlas profundamente y de esta manera determinar su uso eficaz, seguro y oportuno.

Quizás el más estudiado de los microorganismos patógenos de insectos es el *Bacillus thuringiensis*, del cual hablaremos en los siguientes minutos.

2. Historia del *Bacillus thuringiensis*

En 1904 fue descrito por primera vez en Japón, causando enfermedad en larvas de gusano de seda. Fue aislado en 1910 por Berliner, del insecto *Anagasta kuhniella*, en Thuringia, Alemania. En 1953 Hannay reporta la presencia de cristales durante la esporulación, sin determinar que producían toxinas.

En 1954 Angus demostró que estos cristales del *B.t.* contenían una toxina soluble-alcalina, de efecto insecticida que se llamó luego delta-endotoxina. Las primeras preparaciones comerciales de *B.t.* en Francia y U.S.A. aparecieron en 1960 y se investiga sobre el modo de acción del cuerpo parasporal en 1970. En 1976, en Negev, Israel, se descubre una nueva raza activa contra larvas de zancudos y moscas negras, *B.t. israelensis*. En 1986 Drieg, en Alemania, descubre otra raza efectiva contra larvas de algunos coleópteros.

3. Qué es el *Bacillus thuringiensis* (B.t.)

Es una bacteria perteneciente a la familia Bacillaceae que se encuentra en los suelos de la mayoría de las regiones del mundo. Tiene habilidad de formar esporas resistentes a cambios climáticos y ambientales adversos. Estas esporas pueden permanecer latentes hasta que las condiciones de humedad, nutrientes, etc. sean disponibles.

El *B. thuringiensis* está muy relacionado con el *B. cereus*, también ampliamente distribuido en los suelos del mundo; tiene forma de bastón, forma esporas, es aerobio y gram-positivo, también. El *B. t.* es único en su caracterización por la producción de uno o más cristales parasporales proteínicos durante su ciclo de esporulación. La célula vegetativa de *B.t.* tiene un tamaño de uno x cinco micrones y la espora y la partícula de proteína cristalizada tiene un diámetro de 0.5 a 1.0 micrón.

Se han descubierto hasta el momento numerosas cepas de *B.t.* que difieren en sus propiedades insecticidas, de ahí que la Dra. Barjac del Instituto Pasteur de París, recomendara la diferenciación mediante la metodología de los antígenos flagelares (serotipos). Se han identificado aproximadamente 34 serotipos (Tabla 1).

4. Principales toxinas producidas por *B.t.*

- 4.1 Delta-endotoxina: se encuentra en el cuerpo parasporal o inclusión proteica, generalmente en forma bipiramidal, en *B.t. kurstaki*. Este cristal es alcalino y da como resultado moléculas de tamaños variables, de las cuales algunas son tóxicas a los insectos. Algunos productores comerciales como Dipel® y Xentari® contienen 5 genes de protoxina. Por tal razón, es indispensable la disolución del cristal para la liberación y acción de la delta-endotoxina.
- 4.2 Beta-exotoxina: es termo-estable en agua, altamente tóxica para muchos insectos y algunos vertebrados. Esta toxina no se degrada en el intestino de bovinos y aves; por lo tanto fue sugerida para adicionarse en la dieta de estos vertebrados, para el control de dípteros en heces, ya que es bien tóxica para las moscas. Esta toxina se conoce con el nombre de Thuringiensina.
- 4.3 Endospora: recientemente se ha revelado y confirmado la presencia de una proteína en la pared de la endospora con características químicas y serológicas muy parecidas a la proteína del cristal. Esta proteína de la espora tiene efecto tóxico para las larvas, aunque en menor cantidad que la del cristal y se puede ver enmarcada su acción por la toxemia que produce la proteína del cristal y el insecto muere antes de que se libere la proteína de la exospora.
- 4.4 Alfa-exotoxina: conocida como Lecitinasa C, es soluble en agua, termoestable y tóxica a los insectos. Actúa mejor en rangos de pH 6.6 - 7.4.
- 4.5 Toxina termosensible: aislada por Krieg, del líquido sobrenadante de cultivos de *B.t.* Es tóxica para larvas de *Plutella xylostella*. Difiere químicamente de la Lecitina C.

5. Descripción y modo de acción de la Delta-Endotoxina

El cuerpo parasporal o cuerpo de inclusión proteica que se produce durante la esporulación del *B.t.* es el responsable de la actividad insecticida de la bacteria. Esta inclusión proteica está formada por subunidades tóxicas y es denominada proteína cristalizada insecticida (PCI) conocida también como Delta-endotoxina o Proteínas CRY, de las cuales se presentan en la Tabla 2 las que se han identificado hasta 1992.

Estos cristales tienen diferente forma según la subespecie de *B.t.*, por ejemplo bipiramidal en la *kurstaki*, cuboidal en la *israelensis*, ovoidal en la *tenebrionis* (Figura 1). Los eventos biológicos que se suceden con la toxina del *B.t.* se ilustran en la Figura 2.

El cristal proteico no tiene ningún efecto tóxico, cuando se inyecta directamente a la hemolinfa del insecto, porque simplemente es una protoxina; por lo tanto, estos cristales tienen que ser ingeridos por el insecto para que pueda ser disuelto en el ambiente alcalino del jugo intestinal; las protoxinas son activadas por las proteasas, formándose los polipéptidos (moléculas tóxicas), de menor peso molecular que la membrana peritrófica (Figuras 3, 4 y 5).

El sitio de acción es la membrana epitelial del intestino donde las toxinas se acoplan a receptores específicos, permaneciendo allí y causando disrupción en el balance osmótico y abrasión de la pared intestinal, permitiendo escapes del contenido alcalino del intestino hacia el hemocelo (Figura 6).

La estructura de la toxina se puede dividir en tres regiones:

1. Región terminal
2. Región de acoplamiento
3. Región variable

La acción de la delta-endotoxina es rápida y el cese de alimentación de la larva puede observarse a los pocos minutos (10-15) de la ingestión de los cristales. Podemos decir que éste es el efecto de "derribe" (detención de daño), comparado con el de los insecticidas químicos (muerte).

La toxemia producida por la delta-endotoxina induce a que la larva deje de alimentarse y pueda morir por inanición; también debido al daño severo producido en la pared intestinal, dentro del cual hay esporas de *B.t.* Estas inician su germinación debido a las condiciones favorables existentes allí, produciéndose la septicemia, proceso que puede tener un período total de 72-96 horas.

6. Formulación de B.t.'s

El *B.t.* utilizado para la formulación de Dipel, por ejemplo, es producido por fermentación, con equipos, tecnología y patrones de control de calidad, similares a los usados en la producción de antibióticos. Los pasos resumidos en este proceso son:

- Inoculación
- Fermentación
- Purificación y esterilización
- Recuperación de la spora latente y la delta-endotoxina.

7. Algunos productos a base de B.t. registrados en América

Nombre	Variedad	Insectos susceptibles	Productor
Dipel(R)	<i>kurstaki B.t.k.</i>	Lepidópteros	Abbott
Thuricide(R)	<i>kurstaki B.t.k.</i>	Lepidópteros	Sandoz
Biobit(R)	<i>kurstaki B.t.k.</i>	Lepidópteros	Novo
Xentari(R)	<i>aizawai B.t.a.</i>	Lepidópteros	Abbott
Ditera(R)	<i>tenebrionis B.t.i.</i> o San Diego	Lepidópteros Coleópteros	Abbott
Vectobac	<i>israelensis B.t.i.</i>	Dípteros	Abbott
Teknar(R)	<i>israelensis B.t.i.</i>	Dípteros	Sandoz

8. Parámetros que aseguran calidad de la formulación

- 8.1 Bioensayo: para determinar la actividad insecticida se deben realizar pruebas sobre el insecto *Trichoplusia ni*, que es el patrón internacionalmente aceptado en los bioensayos y las potencias de cada formulación se expresan en Unidades Internacionales por miligramo (UI/mg). Actualmente el recuento de esporas viables no es apropiado para evaluar las potencias de *B.t.*

La fórmula para determinar la potencia es la siguiente:

$$\frac{\text{LC50 (standard)}}{\text{LC50 (muestra)}} \times \text{Potencia (standard)} = \text{Potencia de la muestra}$$

- 8.2 Análisis de partículas: presencia de cristales y esporas.
- 8.3 Porcentaje de ingrediente activo: la E.P.A. en Estados Unidos ha asignado la potencia del 100% a 500.000 UI/mg para *B.t.k.* y de 100% a 100.000 UI/mg para *B.t.i.* Con base en estos valores se determinan los porcentajes de producto formulado.

$$\text{Ej: } \frac{32.000 \text{ UI/mg}}{500.000 \text{ UI/mg}} \times 6.4\%$$

- 8.4 Prueba microbiológico de contaminación: se debe estar seguro de que las formulaciones no contengan otros microorganismos.
- 8.5 Inoculación en animales para probar su no toxicidad a éstos.
- 8.6 Estabilización de la formulación a un pH adecuado.

9. Diferentes tipos de formulación de *B.t.*

La compañía que sin lugar a dudas ha investigado más acerca de las posibles formulaciones de *B.t.* ha sido Abbott Laboratories en Chicago, Illinois; las más comerciales son las siguientes:

WP = Polvo mojable
WDG = Gránulos dispersables en agua
G = Granulado
ES = Suspensión emulsificable
AS = Suspensión acuosa

10. Selectividad de *B.t.*

Siendo un patógeno natural, es altamente selectivo afectando a insectos del orden Lepidoptera, Diptera o Coleoptera, según su variedad o raza.

No se conocen efectos adversos sobre el hombre, aves, peces, lombrices, plantas u otros insectos como los benéficos; dentro de estos tenemos una serie de géneros *Brachimeria*,

Campoletis, Cardiochiles, Chelonus, Chrysopa, Geocoris, Hippodamia, Jalysus, Meteorus, Nabis, Orius, Polistes, Trichogramma y Zelus, con los cuales se han hecho pruebas biológicas sin detectarse daño alguno por *B.t.*

11. Uso del *Bacillus thuringiensis*

11.1 En agricultura: se vende en más de 50 países contra más de 200 especies de lepidópteros que atacan los cultivos; veamos algunos ejemplos:

Arroz:	<i>Spodoptera</i> sp. <i>Mocis</i> spp.
Algodón:	<i>Alabama argillacea</i> <i>Heliothis</i> spp. <i>Spodoptera</i> spp. <i>Bucculatrix thurberiella</i> <i>Pectinophora gossypiella</i> <i>Trichoplusia ni</i>
Crucíferas:	<i>Pieris</i> sp. <i>Plutella</i> sp. <i>Prodenia</i> sp.
Banano:	<i>Ceramidia</i> sp. <i>Sibine</i> sp. <i>Opsiphanes</i> sp. <i>Phobetron</i> sp. <i>Oiketicus</i> sp.
Papa:	<i>Phthorimaea operculella</i> <i>Scrobipalpula absoluta</i> <i>Copitarsia consueta</i>
Tomate:	<i>Prodenia</i> sp. <i>Spodoptera exigua</i> <i>Scrobipalpula absoluta</i> <i>Heliothis</i> spp.
Productos almacenados:	<i>Plodia interpunctella</i> <i>Anagasta kuhniella</i> <i>Ephestia cautella</i> <i>Galleria melonella</i>

11.2 En salud pública:

Anopheles sp.
Aedes aegypti
Culex sp.
Psorophora sp.
Simulium sp.

12. Nuevas tecnologías del B.t.

12.1 *B.t.*'s naturales: se encuentran en los suelos, en hojas y otras fuentes del medio ambiente. Es difícil aislarlos y compleja su caracterización.

12.2 *B.t.*'s no naturales

12.2.1 *B.t.*'s transconjugantes: contienen genes de toxinas derivados de cepas naturales; el intercambio del material genético se hace usualmente en pequeñas piezas de DNA llamadas plásmidos.

La conjugación no es fácilmente controlable en laboratorio y por lo tanto limita el número de toxinas (generalmente 2-3 toxinas) que pueden estar presentes en la cepa final. Es limitada su acción en el campo y potencialmente puede conllevar a un desarrollo de resistencia a estas cepas por parte de los insectos.

12.2.2 *B.t.*'s recombinantes: se producen ya sea usando material genético de una o más variedades de *B.t.* o alterando el gene en sí mismo, pasando el gene a un organismo anfitrión distinto o en un medio de DNA diferente. Estas cepas denominadas de "Bioingeniería" no contienen espóra, la cual sí está presente en todas las variedades naturales.

Después de esta intervención, espero que se tenga un concepto más claro respecto a lo que es el B.t. y su opción como insecticida biológico, ofreciendo efectivo control sobre especies de lepidopteros y dípteros, como también seguridad para el hombre y su ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott Laboratories. Manuales técnicos de Dipel y Vectobac, 1991/1993.
- Burges, H.D. and Hussey, N.W. Microbial control of insects and mites. Academic Press. Londo, 1971.
- Cardona, C. "Entomología y control de plagas: estado actual y perspectivas para el futuro". Revista ASIAVA No. 40., Palmira. p. 8-10. Enero-Marzo, 1992.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). Memorias del curso sobre Control Integrado de Plagas de Papa. p. 48-116. Junio 29 a Julio 19, Bogotá, 1986.
- Devidas, P. B.t. Mode of Action: Approaches. Global Management of Insecticide Resistance in the 90's. Chicago, September 15-17, 1992. Abbot Laboratories 1993.
- Fuentes, G. Manejo Integrado de Plagas No. 20-21, Costa Rica. p. 26-33. 1991.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Qué se sabe sobre el *Bacillus thuringiensis*? Boletín técnico. Agosto, 1978.
- Puerta, F. Conferencia "Control Microbial de Insectos Plaga en XXV Foro Entomológico". Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. Abril 22, 1993.

Tabla 1. Toxinas de la proteína del cristal de B.t.

Proteína	Protoxina (KDa)	Número de aminoácidos	Tamaño de la toxina	Plaga
cryIA(a)	133.5	1176	60-70	L
cryIA(b)	131.0	1155	60-70	L
cryIA(c)	133.3	1178	60-70	L
cryIA(d)				
cryIB	138.0	1207	60-70	L
cryIC(a)	134.8	1189	60-70	L
cryIC(b)	134.0	1177	60-70	L
cryID	132.5	1162	60-70	L
cryIE(a)	130-135	1165	60-70	L
cryIE(b)				
cryIF	133.6	1174	60-70	L
cryIG				
cryIX				
cryIIA	70.9	633	51	L/D
cryIIB	70.8	633	49	L
cryIIIA	73.1	644	55-65	C
cryIIIB	74.2	659	?	C
cryIIIC	74.4	652	?	C
cryIIID				
cryIVA	134.4	1180	65-75	D
cryIVB	127.8	1136	65-75	D
cryIVC	77.8	675	58	D
cryIVD	72.4	643	38	D
cryV	81.2			C/L
cryVIA				N
cryVIB				N
crytA	27.4	248	22-25	D
crytB	25.28	?	23	C

L = Lepidópteros

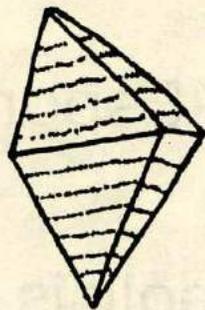
D = Dípteros

C = Coleópteros

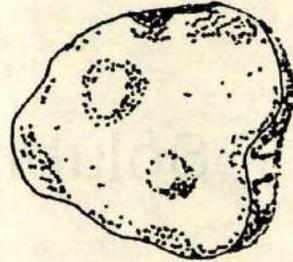
N = Nemátodos

Tabla 2. Clasificación de *Bacillus thuringiensis* de acuerdo con el serotipo H

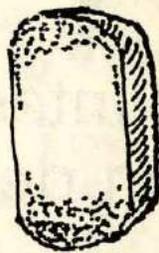
Antígeno H	Serovariedad	País de origen de cepa de referencia
1	thuringiensis	Canadá
2	finitumus	Estados Unidos
3a, 3c	alesti	Francia
3a, 3b, 3c	kurstaki	Francia
3a, 3d	sumiyoshiensis	Japón
3a, 3d, 3e	fukuokaensis	Japón
4a, 4b	sotto	Canadá
4a, 4c	kenyae	Kenia
5a, 5b	galleriae	C.E.I. (URSS)
5a, 5c	canedensis	Canadá
6	entomocidus	Canadá
7	aizawai	Japón
8a, 8b	morrisoni	Estados Unidos
8a, 8c	ostrinae	China
8b, 8d	nigeriensis	Checoslovaquia
9	tolwrthi	Inglaterra
10	darmstadiensis	Alemania
11a, 11b	toumanoffi	Alemania
11a, 11c	kyushuensis	Japón
12	thompsoni	Estados Unidos
13	pakistani	Pakistán
14	israelensis	Israel
15	dakota	Estados Unidos
16	indiana	Estados Unidos
17	tohokuensis	Japón
18	kumamotoensis	Japón
19	tochiensis	Japón
20a, 20b	yunnanensis	China
20a, 20c	pondicheriensis	India
21	colmeri	Estados Unidos
22	shandongiensis	China
23	japonensis	Japón
24	neoleonensis	México
25	coreanensis	Corea
26	silo	Francia
27	mexicanensis	México
28	monterrey	México
29	amagiensis	Japón
30	medellín	Colombia
31	toguchini	C.E.I.
32	cameroun	Camerun
33	leesis	Corea
34	konkukian	Corea



B.t.k.



B.t.i.



B.t.t.

Figura 1. Diferentes formas de cristal de toxina de B.t.

Eventos Biológicos

Ingestión de Cristal+Espora



Solubilización/Proteolisis



Cambios Citotóxicos



Parálisis del Intestino Medio
Germinación de la Espora



Cese de Alimentación
Infecciones Secundarias



Muerte

Figura 2. Modo de acción de las toxinas de B.t.

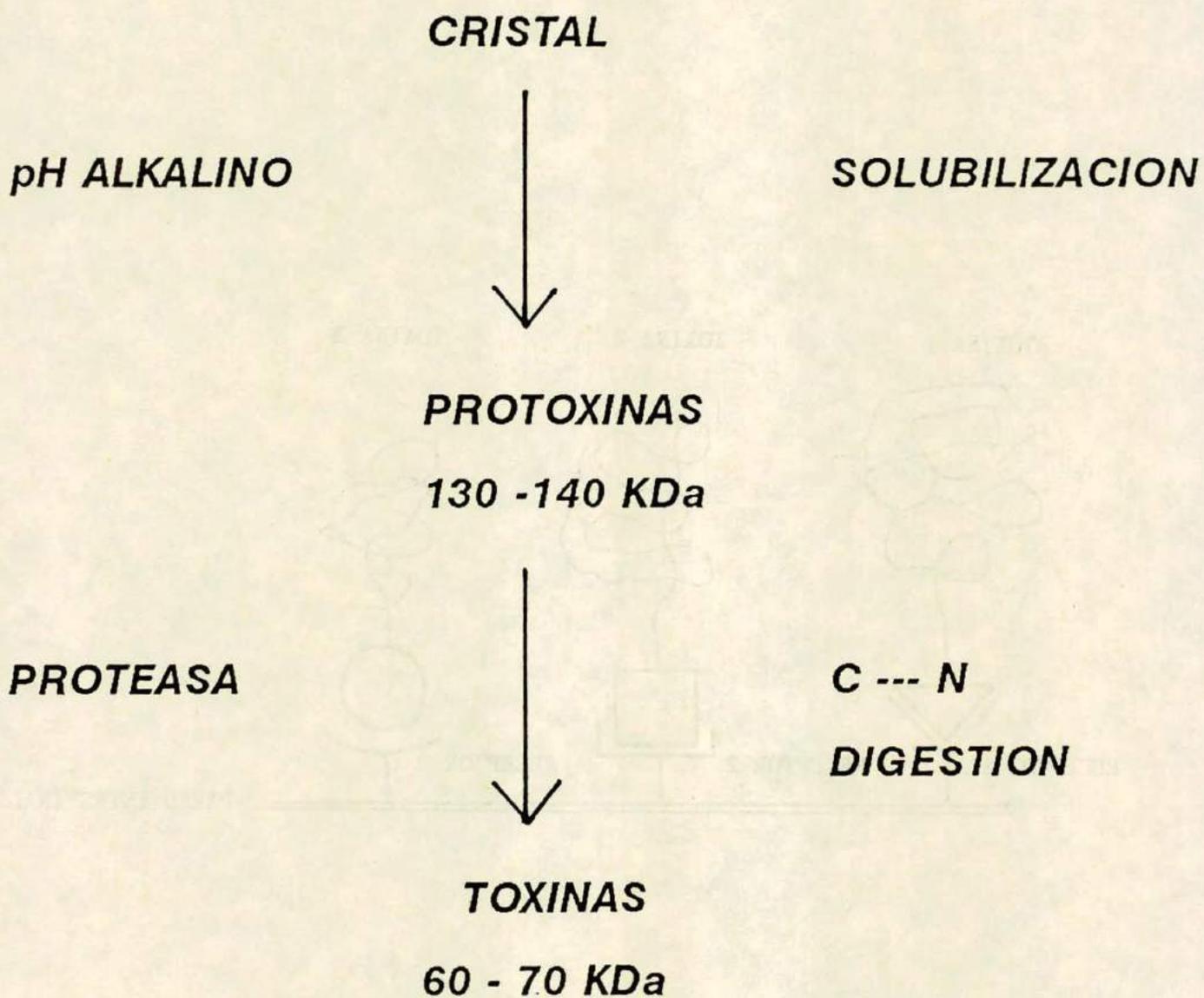


Figura 3. Activación/solubilización.

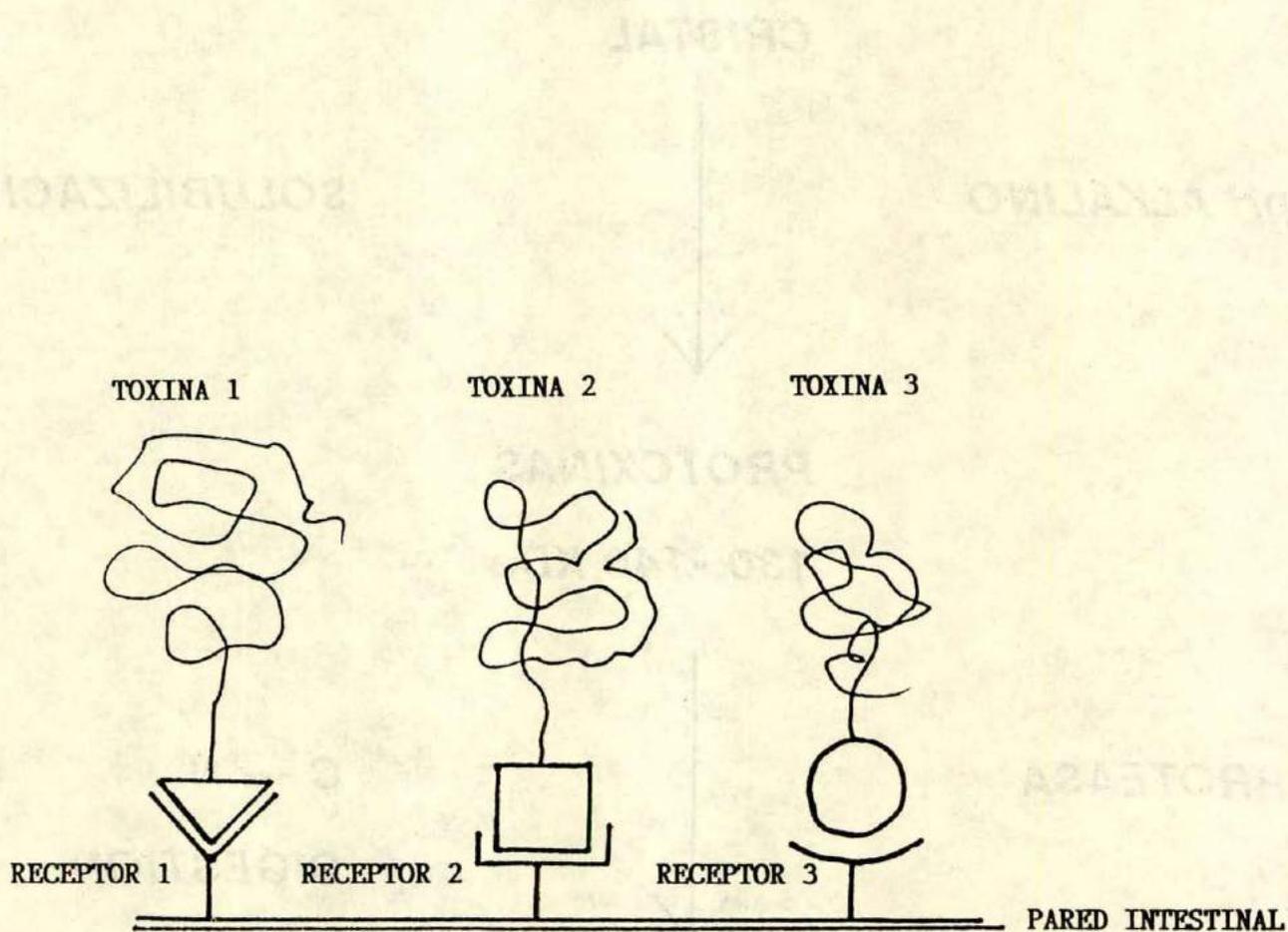


Figura 4. Unión de las toxinas a diferentes receptores.

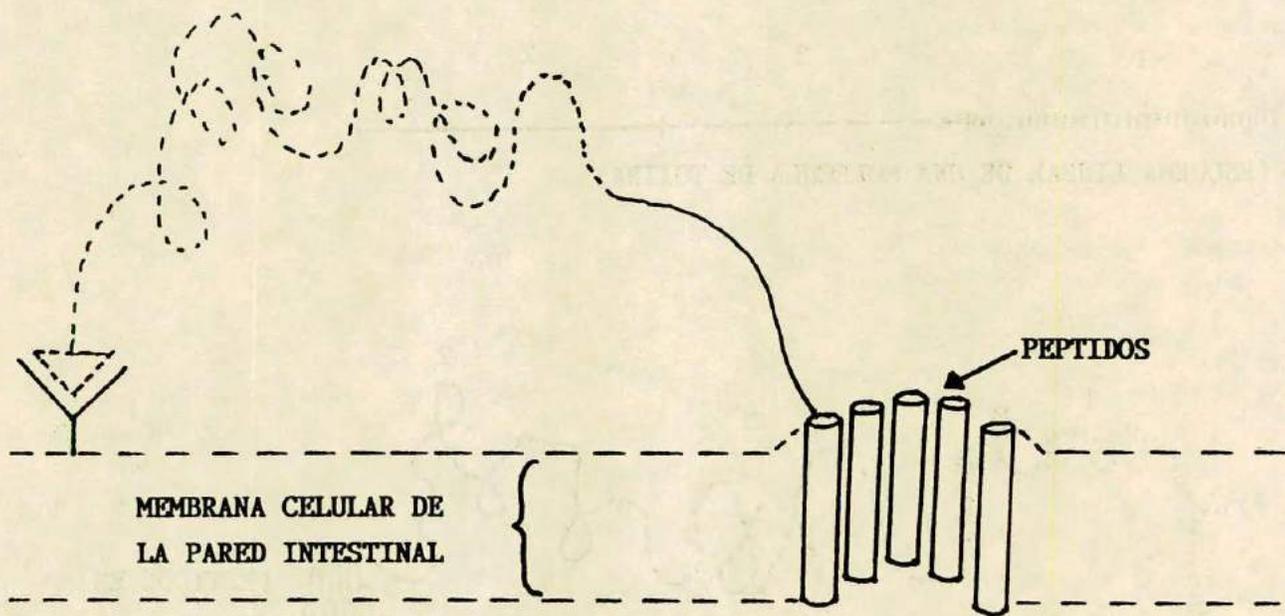


Figura 6. Modo de acción propuesto para una toxina de B.t.

Summary

Environmental concerns with the use of chemical pesticides have increased the search for alternative methods to control insect pests. The effects of these chemicals on nontarget organisms, groundwater contamination, residues on food crops, worker safety, and the development of resistant insects, are all issues of concern. One promising alternative to chemicals is the use of entomopathogenic nematodes.

Insect parasitic nematodes in the genera *Steinernema* and *Heterorhabditis* are pathogenic to a wide range of insect pests. These nematodes are widespread and have been isolated from every continent and many islands. Recent advances in the development of large scale, *in vitro* rearing techniques and formulation technology have prompted the commercialization of these nematodes into many markets. This effort has been aided by the fact that these nematodes are exempt from traditional registration requirements in most countries.

Entomopathogenic nematodes are associated symbiotically with the bacteria *Xenorhabdus* spp., and are effective against a wide variety of soil inhabiting insects including root weevils, grubs, fungus gnats, and mole crickets. In addition, efficacy has been demonstrated against insects occupying cryptic habitats such as filth flies and plant borers.

The development of rearing, formulation, and application technologies will be discussed. Efforts in determining the role of biotic and abiotic factors in the efficacy and optimization of entomopathogenic nematode products will also be addressed.

Introduction

Using entomopathogenic nematodes for the control of insect pests is not a new idea. Field studies were conducted as early as the 1930s using the nematode *Steinernema glaseri* as a control agent for Japanese beetle grubs in soil (Glaser & Farrell 1935). For several reasons, including the development of chlorinated hydrocarbon insecticides, interest in nematodes as biological control agents dwindled for several decades. Recently, however, due to a heightened environmental awareness, interest in entomopathogenic nematodes has enjoyed a resurgence, particularly over the last decade. A recent compilation of the literature on beneficial nematodes contains over 1400 published papers, with ca. 50% of those published within the last six years (Smith et al. 1992).

Advances in the development of large scale, *in vitro* rearing techniques and formulation technology have prompted the commercialization of these entomopathogenic nematodes. The potential for these nematodes as biological control agents seems very promising, with proven efficacy against a variety of soil-inhabiting insects including root weevils (Schroeder

¹ Biosys, Inc. 241, NW 41 St. Suite A-1 Gainesville, Florida, 32606. USA.

1987, 1990; Jansson et al. 1990), white grubs (*Phyllophaga* spp.) (Kard et al. 1988), mole crickets (Parkman & Frank 1993), and fungus gnats (Nedstam & Burman 1990). In addition, under certain conditions, efficacy has been shown against some foliage-feeding insects (Begley 1990).

Several commercial products containing entomopathogenic nematodes are now available for a variety of crop segments (Georgis & Hague 1991). Ongoing research is underway to expand the list of target insects for these products, as well as to determine the optimal dose and timing of nematode applications.

Mode of action and host specificity

Steinernematid and heterorhabditid nematodes are obligate parasites of insects. They have a symbiotic relationship with the bacteria, *Xenorhabdus* spp., which play a crucial role in the life cycle of the nematode. The infective stage of the nematode is the third stage juvenile, which is free-living, motile, and non-feeding. This is the only stage in the life cycle which can survive in the soil outside the host. When the infective juvenile locates a host, it enters the insect through any of the natural openings - mouth, anus, or spiracles. Heterorhabditids have a dorsal hook which they can use to penetrate directly through the outer cuticle (Poinar 1990).

Once inside the body cavity, the nematodes migrate to the hemocoel, where development begins. At this point, the bacteria are released and begin to multiply, causing septicemic death of the insect, usually within 24-48 hours. The proliferation of the bacteria creates an ideal environment for growth and reproduction of the nematode. The developing nematodes feed on bacterial cells as well as host insect tissues. Several generations can pass within the host cadaver, until 3rd stage infectives emerge into the environment where the cycle begins again. Although there is considerable variation between species and strains, the nematode generally completes its life cycle in 10-20 days at 18-28°C (Figure 1).

Steinernematid and heterorhabditid nematodes have been isolated from a variety of insect hosts. Laboratory tests have indicated that large numbers of nematodes can induce mortality in a broad range of hosts which includes most insect orders and occasionally extends into other invertebrate groups (e.g. Arachnida, Symphyla, Crustacea). However, due to behavioral and ecological barriers, the effective host range of the nematode is generally restricted to soil-dwelling insects (Gaugler 1988). In addition, these nematodes have been shown to have no detrimental effect on non-target organisms (Poinar, 1989; Georgis et al. 1991).

Commercialization

Production. Recent advances in the mass production of entomopathogenic nematodes have greatly enhanced the commercialization of nematode - based products (Friedman, 1990). Steinernematid nematodes are now produced consistently in 15,000-80,000 liter liquid fermenters in a proprietary medium with yields averaging 100,000 infective juveniles/ml. This efficient production technique has resulted in steinernematid nematode products which approach the cost of many traditional chemical insecticide products. At this time, heterorhabditid nematodes cannot be efficiently produced in liquid fermentation.

Heterorhabditids can be produced in solid culture on a commercial scale (Hominick & Reid 1990); however, this technique is less cost-effective, and resulting products are two to ten times more expensive than steinernematid products.

Storage. After production and prior to formulation, large quantities of nematodes must be stored for periods of up to several months. Most commonly, nematodes are stored under refrigeration in aerated aqueous suspensions. However, depending on species, optimum storage conditions can be variable. This is particularly true for temperature. For example, steinernematids are usually stored between 5 and 10°C and heterorhabditids between 10 and 15 C.

Quality Control. Throughout the production and storage process, maintaining high quality nematodes and associated bacteria is crucial. Insect bioassays using a relatively high nematode: host ratio have been traditionally used to determine viability and pathogenicity of entomopathogenic nematodes and their bacteria. Miller (1989) developed a unique bioassay in which a single infective nematode is placed into a cell well with a single *Galleria mellonella* larva. This technique is much more sensitive than conventional bioassays because it provides information about individual nematodes, not a group of nematodes. This type of information might be lost in traditional bioassays. Recent developments in DNA sequence analysis have allowed differentiation between species and strains of entomopathogenic nematodes (Curran 1990). These techniques have also become part of the quality control programs during commercial production, to assure the manufacture of reliable and uniform nematode products.

Formulation Technology. In order to compete with chemical insecticides, nematode products must be formulated so that they are stable for relatively long periods of time. Due to the fact that they are living organisms, formulations of entomopathogenic nematodes have required some new and innovative techniques. To increase longevity of the nematode and extend the shelf life of nematode products, the metabolism of the organism must be slowed. This is usually accomplished by refrigerating the nematodes or immobilizing them on some inert material, or both. Two of the most stable commercial formulations are a calcium alginate matrix and a polyacrylamide polymer. These materials serve to immobilize the nematodes, while providing them with adequate moisture and oxygen levels.

Recent research has led to the development of a "flowable" formulations, in which the nematodes are suspended in a gel-forming polymer. This formulation is unique in that large numbers of nematodes can be packed in a relatively small container, thus enhancing the prospects for large-scale applications. For example, a single box (25 x 40 x 60 cm) could contain sufficient nematodes to treat 10 ha at field rates (2.5×10^9 nematodes/ha). In addition, the formulation is very easy to use, since the polymer containing the nematodes dissolves in water upon contact (Georgis 1992). For a more complete discussion of the storage and formulation of entomopathogenic nematodes, see Georgis (1990).

Application Technology. Nematodes can be applied to the target zone with almost any commercially available spray equipment. These include small pressurized sprayers, mist blowers, electrostatic sprayers, fan sprayers, as well as aerial application via helicopters (Georgis 1990). In addition, nematodes are commonly applied using drip and sprinkler irrigation systems. Pressures of up to 2068 kPa have no detrimental effect on nematodes,

although the upper pressure threshold is not known. Nematodes were destroyed by the high pressures (13790 kPa) generated in a turf injection sprayer (biosys, unpublished data). The nematodes can pass easily through sprayer screens with openings as small as 50 microns in diameter.

Pre- and post-treatment irrigation of the target zone is important to achieve maximum efficacy of entomopathogenic nematode-based products. Water is necessary for active nematode movement and as a means of carrying the nematode to the soil profiles of the target pest. Irrigation greatly enhances persistence and pathogenicity in the soil. In general, at least 0.6 cm of pretreatment irrigation, and 0.6-1.25 cm of irrigation immediately after treatment, are recommended. In addition, moisture in the treated area should be maintained for several weeks, either by irrigation or rainfall.

Nematode applications should be timed so that temperature extremes and exposure to intense ultraviolet irradiation are avoided. Nematode reproduction and pathogenicity can be reduced by short-term (1.5 - 6 min) exposure to the most harmful wavelengths of ultraviolet radiation, and complete inactivation can occur after 5 - 10 min. (Gaugler & Boush 1978, Gaugler et al. 1992). Water used in spray tanks and during the mixing process should be cool (< 33°C), and soil temperatures at the time of application should be between 13°C and 33°C. If nematodes are to be applied within an existing irrigation system, lines should be flushed for ca. 20 min prior to nematode injection to ensure cool temperatures throughout the system.

Field Development. Although some entomopathogenic nematodes can infect a large number of insect species in the laboratory, for practical pest control, each nematode species has a limited number of suitable insect targets. Therefore, one of the first phases in a field development program is a screening process to determine the best nematode species and strain for a given target insect. These studies are designed to determine not only the infectivity of the nematode, but also examine certain behavioral and physiological aspects of the nematode, as well as the environment into which the nematode is to be released.

The next step in a field development program is to conduct multiple field trials in various locations and environments. According to Georgis & Gaugler (1991) this strategy is necessary to achieve predictability, which, in turn, is essential for successful market penetration of nematode-based products. Effective nematode species/strains have been identified for controlling certain insects which attack citrus, turfgrass, ornamentals, mint, and cranberries. Consistent results have been achieved by optimizing the application strategy to ensure nematode-host contact (Georgis & Hague 1991). According to Georgis & Gaugler (1991), using nematodes without careful consideration of optimal strain and environmental parameters, risks a high probability of failure.

Integrating nematodes with other means of insect control is a strategy which holds some promise (Kaya 1985, Georgis 1990). Nematodes can be tank-mixed with commercial formulations of *Bacillus thuringiensis* (Poinar et al. 1990), pyrethroids (Rovesti et al. 1988), as well as some other pesticides and fertilizers (Georgis 1990). Clearly, some pesticides have detrimental effects on nematodes; however, they can still be used in an integrated system if certain precautions are taken. For example, waiting periods (0, 7, or 14 days) have been established for some commonly used agrochemicals (Georgis 1990). In addition,

nematode efficacy has been successfully augmented when used in combination with chemical insecticides (Quattlebaum 1980, Forscher & Gardner 1991), as well as other microbial agents (Barbercheck & Kaya 1991).

Market opportunities

There are numerous market opportunities for entomopathogenic nematode-based products (Table 1). Nematode products have been successfully introduced into many markets including turfgrass, ornamentals, citrus, and mint. Products are currently available in United States, Canada, Japan, and several European countries. Studies are currently underway to establish efficacy data and optimize nematode performance in many market segments.

Conclusions and future considerations

Entomopathogenic nematodes have numerous characteristics which make them ideal biopesticides - safety to vertebrates, no toxicity to non-target arthropods, predictability, speed of kill, proven efficacy, and compatibility with conventional sprayers and irrigation systems. Many hurdles have been overcome in the quest to commercialize steinernematid and heterorhabditid nematodes, and current technology has allowed the successful introduction of nematode-based products in many markets, against a variety of soil-inhabiting insects.

Presently, nematodes are generally more expensive to produce than agrochemicals. However, this cost will fall in the future as the fermentation process is scaled up and improved, increasing yields. Products may be enhanced by better formulations, making the nematodes easier to handle and store. Because nematodes can differ in virulence, behavior, and tolerance to adverse conditions, species/strain selection continues to be critical in the commercialization of nematodes. In addition, research continues in order to optimize application technology and strategy. Finally, identifying and incorporating certain desirable traits (e.g. host-seeking ability, UV tolerance) into nematodes through genetic manipulation may lead to more virulent strains which can better survive suboptimal environments.

Literature cited

- Barbercheck, M.E. and H.K. Kaya. 1991. Competitive interactions between entomopathogenic nematodes and *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in soilborne larvae of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 20: 707-712.
- Begley, J.W. 1990. Efficacy against insects in habitats other than soil. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, eds. pp. 215-231, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Curran, J. 1990. Molecular techniques in taxonomy. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, eds. pp. 63-74, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Forschler, B.T. and W.A. Gardner. 1991. Field efficacy and persistence of entomogenous nematodes in the management of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in turf and pasture. *J. Econ. Entomol.* 84: 1454-1459.
- Friedman, M. J. 1990. Commercial production and development. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, eds. pp. 139-172, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gaugler, R. 1988. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insects with entomopathogenic nematodes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24:351-360.
- Gaugler, R. and G.M. Boush. 1978. Effect of ultraviolet radiation and sunlight on the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae*. *J. Invertebr. Pathol.* 32: 291-296.
- Gaugler, R., A. Bednarek, and J.F. Campbell. 1992. Ultraviolet inactivation of heterorhabditid and steinernematid nematodes. *J. Inv. Pathol.* 59: 155-160.
- Georgis, R. 1990. Formulation and application technology. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, Eds. pp. 173-191, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Georgis, R. 1992. Present and future prospects for entomopathogenic nematode products. *Biocontr. Sci. Technol.* 2: 83-99.
- Georgis, R. and R. Gaugler. 1991. Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes. *J. Econ. Entomol.* 84: 713-720.
- Georgis, R. and N. G. M. Hague. 1991. Nematodes as biological insecticides. *Pesticide Outlook* 2: 29-32.

- Georgis, R., H.K. Kaya, and R. Gaugler. 1991. Effect of steinernematid and heterorhabditid nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) on non-target arthropods. *Environ. Entomol.* 20: 815-822.
- Glaser, R.W. and C.C. Farrell. 1935. Field experiments with the Japanese beetle and its nematode parasite. *J. N.Y. Entomol. Soc.* 43: 345-371.
- Hominick, W.M. and A.P. Reid. 1990. Perspectives on entomopathogenic nematology. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, eds. pp. 327-345, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Jansson, R.K., S.H. Locrone, R.R. Gaugler, and G.C. Smart. 1990. Potential of entomopathogenic nematodes as biological control agents of sweetpotato weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1818-1826.
- Kard, B.M.R., F.P. Hain, and W.M. Brooks. 1988. Field suppression of three white grub species (Coleoptera: Scarabaeidae) by the entomogenous nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *J. Econ. Entomol.* 81: 1088-1089.
- Kaya, H.K. 1985. Entomogenous nematodes for insect control in IPM systems. *In: Biological Control in Agricultural/IPM Systems*, M.A. Hoy & D. C. Herzog, eds., pp. 283-302, Academic Press, N.Y.
- Miller, R.W. 1989. Novel pathogenicity assessment technique for *Steinernema* and *Heterorhabditis* entomopathogenic nematodes. *J. Nematol.* 21: 574.
- Nedstam, B. and M. Burman. 1990. The use of nematodes against sciarids in Swedish greenhouses. *SROP/WPRS Bull.* XIII/5: 147-148.
- Parkman, J. P. and J.H. Frank. 1993. Use of a sound trap to inoculate *Steinernema scapterisci* (Rhabditida: Steinernematidae) into pest mole cricket populations (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Fl. Entomol.* 76: 75-81.
- Poinar, G.O., Jr. 1989. Non-insect hosts for the entomogenous rhabditoid nematodes *Neoaplectana* (Steinernematidae) and *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae). *Rev. de Nematol.* 12: 423-428.
- Poinar, G.O., Jr. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. *In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, R. Gaugler and H. Kaya, eds. pp. 23-61, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Poinar, G.O., Jr. G.M. Thomas and B. Lighthart. 1990. Bioassay to determine the effect of commercial preparations of *Bacillus thuringiensis* on entomogenous rhabditid nematodes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 30: 195-202.

- Quattlebaum, E.C. 1980. Evaluation of fungal and nematode pathogens to control the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. Ph.D. Thesis, Clemson University, Clemson, SC, 42 pp.
- Rovesti, L., E.W. Heinzpeter, F. Tagliente, and K.V. Deseo. 1988. Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*, Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae). *Nematologica* 34: 462-476.
- Schroeder, W.J. 1990. Suppression of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) adult emergence with soil application of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida). *Florida Entomol.* 73: 680-683.
- Smith, K.A., R.W. Miller, and D. H. Simser. 1992. Entomopathogenic nematode bibliography - Heterorhabditid and Steinernematid nematodes. So. Cooper series Bulletin No. 370, Ark. Ag Exp. Stn., 81 pp.

Table 1. Some current and potential markets and target insects for nematode-based products^a

Market Segment	Target Insect ^b	
	Common name	Scientific Name
Banana	Banana root borer ^c	<i>Cosmopolites sordidus</i>
Citrus	Citrus root weevil	<i>Pachnaeus litus</i>
	Northern citrus root weevil	<i>Pachnaeus opalus</i>
	Sugarcane rootstalk borer	<i>Diaprepes abbreviatus</i>
	Little leaf notcher	<i>Artipus floridanus</i>
	Fuller rose weevil	<i>Asynonychus godmani</i>
Fruit Trees	Caribbean fruit fly	<i>Anastrepha suspensa</i>
	Papaya fruit fly	<i>Toxotrypana curvicauda</i>
Ornamentals and Nursery Plants	Beet armyworm	<i>Spodoptera exigua</i>
	Banana moth	<i>Opogona sacchari</i>
	Leafminer ^d	<i>Lyriomyza trifolii</i>
	Sciarid flies	Sciaridae
	Stem borers	Sessiidae
Peanut	Granulate cutworm	<i>Feltia subterranea</i>
	Lesser cornstalk borer	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>
	Southern corn rootworm	<i>Diabrotica undecimpunctata</i>
Sweetpotato	Sweetpotato weevil	<i>Cylas formicarius</i>
Turf	Armyworm	<i>Pseudaletia unipuncta</i>
	Billbugs	<i>Sphenophorus</i> spp.
	Black cutworm	<i>Agrotis ipsilon</i>
	Bluegrass webworm	<i>Parapediasia teterrella</i>
	Chinch bug	<i>Blissus</i> spp.
	Fall armyworm	<i>Spodoptera frugiperda</i>
	Mole crickets	<i>Scapteriscus</i> spp.
	Tropical sod webworm	<i>Herpetogramma phaeopteraliss</i>
	White grubs	Scarabaeidae
	Urban	Housefly ^e
German cockroach ^e		<i>Blatella germanica</i>
Wasps		<i>Vespula</i> spp.
Vegetable & field crops	Cutworms	Noctuidae
	Cucumber beetles	Chrysomelidae
	Flea beetles	Chrysomelidae
	Pickleworm	<i>Diaphania nitidalis</i>
	Melonworm	<i>Diaphania hyalinata</i>
	White grubs	Scarabaeidae

^a due to space constraints, this is only a partial list, and is limited to insects found in the Southeastern United States. See Georgis (1992) for a more complete list.

^b all soil application against immature stages unless otherwise specified

^c immature and/or adults using trapping systems

^d foliar application

^e applications to manure (except poultry manure)

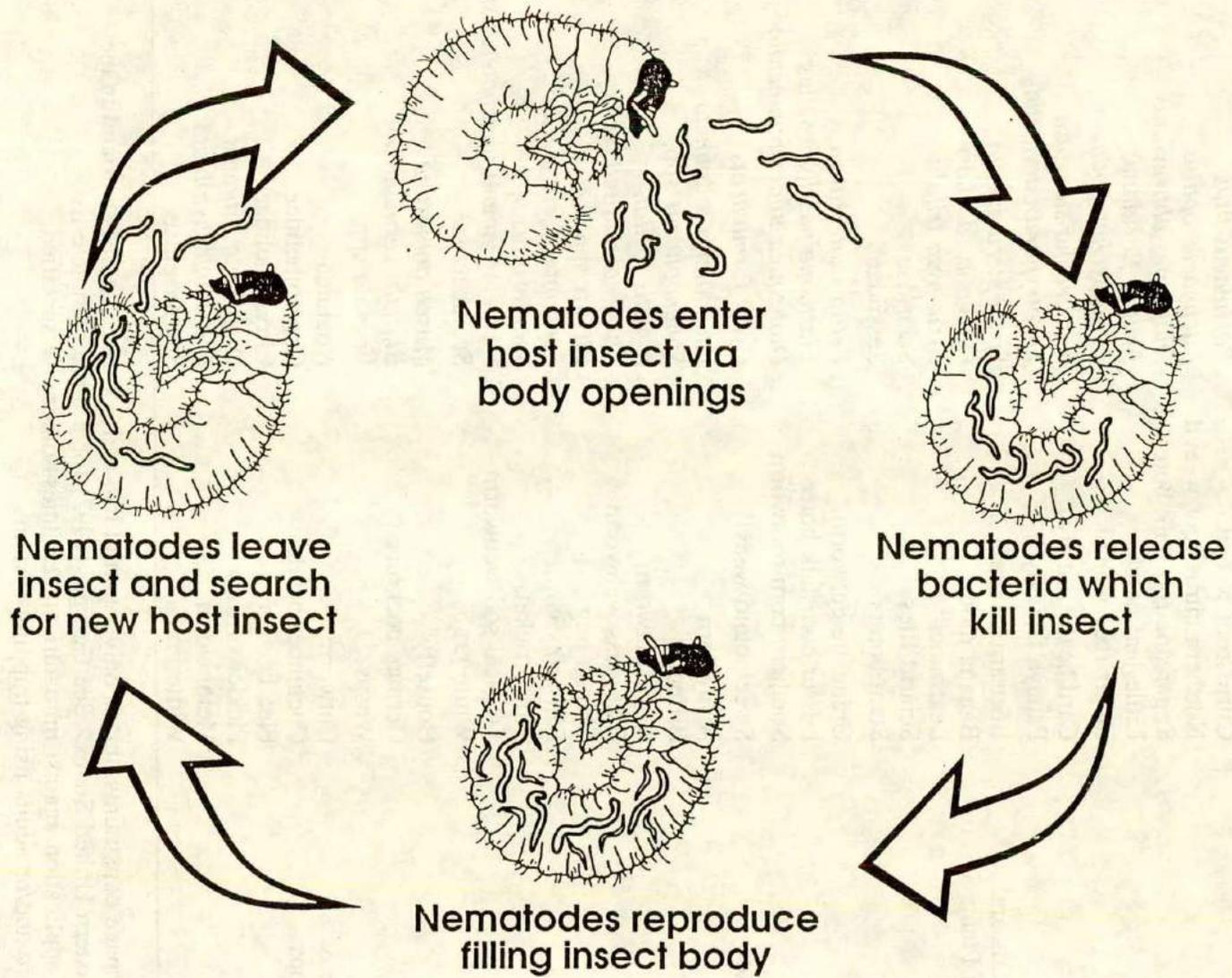


Figure 1. Life cycle of steinernematid and heterohabditid nematodes.

SIMPOSIO MOSCAS BLANCAS

WHITEFLY EVOLUTIONARY STRATEGIES: HOST-SPECIFICITY, POLYPHAGY OR BIOTYPES

Laurence A. Mound¹

Summary

As economic entomologists, usually working in one restricted part of the world, we view living organisms as clearly divided into discrete entities which we call species. As evolutionary biologists, looking at organisms from many parts of the world and thinking about them in a much longer time framework, we sometimes find that this concept of species is too simple. Both view points are valid. Problems arise when our simple and practical concept of species, which is so useful in much of agriculture, is tested by the introduction of foreign populations with slightly differing biologies, or when we try to apply a control strategy from one country to another. In practise, at our own site newly introduced strains may behave like different species, and we can organise a pest control programme which treats them as different.

But if we forget their origin as different populations of a single species, we may lose biological information from which we could devise a quite different control strategy. Whitefly species are varied in their relationships to host-plants. Some are relatively specific, with predictable biologies, others are highly polyphagous, and some are very diverse and unpredictable in their biology. This concept, that all species are not equal, might encourage us to be more diverse ourselves in developing localised pest control strategies.

Full text

For most biologists, the concept that living organisms are divided into a series of entities called 'species' is self-evident. We rarely question that these things we call 'species' have a reality. Any child knows the difference between a dog and a cat, a chicken and a condor, rice and corn. Most of us will have learned at some stage about classification, and we will probably have been told that species are real, whereas genera and higher taxonomic groupings are artificial. However, like many other things which we learn early in life, and which we accept without question, this concept of species is well worth looking at again in the light of our more mature experience.

Consider two extreme situations. First, an ancient species, the aleyrodid equivalent of a coelacanth; that is, one which evolved many millions of years ago and which now has only a small distribution with low numbers. There is limited genetic variability in this species; all of the individuals making up the species are in contact with each other resulting in panmixis. Second, consider a more recent species; that is, one with an extensive and

¹ The Natural History Museum. London, U.K.

expanding distribution, with many small populations each of which is isolated to some extent from some of the others. As a result there is great genetic diversity, partly because of the effect of the expanding populations, and partly because of reduced gene flow between these populations.

How can we compare these two situations, these two 'species'? The only effective definition of 'species', a concept which we use so commonly, is that of Ernst Mayr, an ornithologist, who defined a species as a group of inter-breeding, or potentially inter-breeding, populations. The fact that interbreeding individuals belong to the same species is something we can readily accept, but how should we assess this quality of 'potentially interbreeding'? In practice, all definitions of 'species' come up against variations of this same problem - what do we mean by 'potentially interbreeding?'. Our difficulty is that we need this concept 'species' in order to make sense of, and to discuss, the biological diversity around us. Such a concept is essential for our day-to-day communication, for our crop and animal breeding programmes, and for our discussions on pest control. But it would be naive of us to be surprised that real life does not fully agree with such simple models.

Consider again the two extreme species referred to here. One is genetically and ecologically closely knit, occupying a restricted area, and probably with a restricted range of life parameters such as host-plants and temperature tolerance. The other is genetically diverse, spread over a wide range, probably with a wide range of host plants and temperature tolerances, many of which differ between different populations. In the first species, all members are inter-fertile with all other members of the species. In the second species, some populations are so isolated that although they are inter-fertile with their neighbouring populations they are less so with more distant populations. These two situations are quite different in terms of their population structure, genetic variability and ecology - but for convenience we refer to both of them as a species. However, the first is equivalent to a terminal leaf (or possibly a terminal bud) on the hypothetical 'tree of life'. In contrast, the second is a terminal twig with many leaves and buds.

We need this concept of 'species', but we must, sometimes be thoughtful of the situations in which we use it. In the terms of this meeting, the first of the two types of species discussed above might be an aleyrodid restricted to one particular fern species in West Africa; the second might be *Bemisia tabaci*, with an extensive natural distribution and host-range, and an even greater range facilitated by man. The first is a classic taxonomist's species, easily recognised morphologically. The second is much more complex, with host-limited biotypes and regional strains, the importance of which only becomes apparent when they are imported to other countries and behave effectively as distinct species.

However, amongst the aleyrodids we can recognise yet another type of species. *Trialeurodes vaporariorum* is probably as polyphagous as *B. tabaci*, but there is little evidence that it forms similar localised or host-specific strains. In Europe there used to be two strains of this species; the British Race, which was unisexual, and the American Race, which was bisexual and which apparently overwhelmed the other early in this century

(Schrader, 1926). Unfortunately we have no clear idea where *vaporariorum* came from originally before it became a greenhouse pest. One possible explanation for the lack of different strains in this species might be that it came originally from a rather limited locality, and the world's greenhouses have effectively been infested with a single strain. In contrast, we know that *tabaci* is widespread naturally, and the introductions into world agriculture have almost certainly come from different natural populations, possibly from the northern part of the Indian subcontinent and countries to the north west.

One example of the importance of the country of origin of an introduced pest is the Yellow clover aphid and the Lucerne aphid in North America. The first got to North America from northern Europe in about 1880 and is sexually reproductive. The second entered the U.S.A. from southern Europe or Eurasia in 1955 as a differently coloured aphid with a preference for warmer areas but which was non-sexual. However, as this second aphid moved north into colder areas it began to develop sexual forms. It is still not known for certain if the two forms now inter-breed in North America, but in Central Europe there are certainly populations which are intermediate in colour and other characters. In Eurasia these aphid populations are therefore treated as one species, *Therioaphis trifolii*. But in North America there are two biologically distinct organisms under this name (Blackman & Eastop, 1985).

I am not implying that species are not real, or that they are simply groupings of convenience. But if we view them as the terminal shoots of our 'tree of life' it may help us to recognise that species are not always fully equivalent to each other. Some probably represent evolutionary dead-ends, whereas others represent lineages of increasing diversity. This situation should not surprise us. Nor should we react by demanding a more accurate definition of 'species'. Each such terminal taxon is equivalent to the others only to the extent that it is terminal; each represents a more-or-less isolated gene-pool, and as such is only a transient phenomenon within the time scale of evolutionary biology.

The relevance of this evolutionary time scale to us as economic entomologists and to our agricultural and horticultural time scales may not be immediately obvious. But when we talk of pest control, we are talking about controlling a biological species; and it is sensible then to consider what type of species it is that we are trying to control. Is it, for example, a monophagous species with a predictable life cycle, a regular diapause, and exhibiting low vagility. Or is it an extreme polyphage, continuously breeding and highly dispersive in its behaviour, but with large fluctuations in populations leading to the formation of localised demes.

More than half of the 1156 described species of Aleyrodids (Mound & Halsey, 1978) are known only from their original samples. Such species will usually only have been studied by the original describer, and many will not have been compared critically with other described species. It is not possible to be sure of anything about such 'species', not just their biology but even their existence. Taxonomic work of this sort seems to serve little purpose. Taxonomic efforts need to be directed to the study of whole faunas, thus making it possible for other biologists to distinguish common species in an area from the unusual

ones. Describing a 'new species' is essentially the same as setting out a new scientific hypothesis (Gaston & Mound, 1993); many taxonomists could make better use of established scientific methodology by testing their hypotheses with further field observations before describing a new species based on one specimen or one sample. Often, the hardest task for a professional taxonomist is discovering if a species which appears to be new has been described from some other part of the world.

Those Aleyrodid species that have been collected several times have usually been found on more than one species of host-plant. Even *Dialeurodes kirkaldyi*, although commonly associated with species of *Jasminum* (Oleaceae), has been recorded from at least nine other plant families (Mound & Halsey, 1978). From the available data we can be reasonably certain that most Aleyrodid species are oligophagous, and that polyphagy is to be expected. In general, it seems that the number of host-plants on which a whitefly species can be found at any particular locality is positively correlated with the size of the local population. This could be a statistical phenomenon, the more abundant a species is the more likely it is to be collected; but at periods of peak populations, species such as *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* seem to accept a wider range of hosts. These species are probably exhibiting an evolutionary trend in host plant acceptance which is fundamental to the Aleyrodidae, and this is in sharp contrast to species in the most closely related Homopterous family, the Psyllidae, which are often strictly monophagous.

If we accept that Aleyrodid species are potentially polyphagous and vagile, and that they are likely to be able to respond to environmental cues with sudden changes in population level - classic r-strategists - then we are less likely to fall into the trap of looking for a single method of pest control. From our knowledge of their typical biology we can assume that whitefly species are likely to be highly flexible in their response to environmental change, and we will thus need control strategies which are equally varied and flexible.

The biology of host acceptance is not well understood in these insects. *Bemisia tabaci* adults usually seem less likely to leave the plant species on which they have developed than other plant species. They thus develop localised strains with strong host preferences. Even when oviposition rates seem to be equal on two different plants, such as melons and lettuce, adults may remain sitting on the melon leaves (Costa *et al.*, 1991) thus increasing the population on melons. It is not uncommon for young plants to support higher populations than older plants, such as on *Phaseolus* (Eichelkraut & Cardona, 1989), and several authors have demonstrated an exponential growth rate for *T. vaporariorum* populations - until the host-plant deteriorates. But separating the behavioural variables, such as flight activity, host-acceptance and differential breeding activity, can be confusing. Virus spread in a crop suggests that flight downwind into the crop from outside is more important than flight within the crop (Fargette *et al.*, 1990). And this is supported by observations on wing polymorphism which suggest that there may be two morphs, the dispersive fliers and the localised, within-crop fliers (Byrne & Houck, 1990). From this it seems that referring to a 'species' as polyphagous and vagile may actually be misleading, if the members of a population differ in their biological characteristics rather than each of them being variable. The reality, and then the patterns of inheritance, of such behavioural polymorphisms require

further study. Localised development of host-limited strains in these rapidly reproducing insects has been reported by some workers. The mechanism of inheritance of such host preferences is not clear; the possibility of cytoplasmic factors being involved might be an interesting area of study. Moreover, the existence of localised strains within a country, as has been suggested in Colombia (Wool *et al.*, 1991) as well as parts of Africa, is a phenomenon about which we need more information.

Controlling whitefly populations also depends on our objectives, such as a completely insect free crop, reduced losses due to viruses, or reduced soiling from fungi. Up to 80% mortality of *B. tabaci* is reported to be due to natural enemies in cotton crops in Egypt (Abdel-Gawaad *et al.*, 1990), and both this species and *T. vaporariorum* are controlled in European greenhouse using *Encarsia formosa*. With 50 parasites introduced weekly per 150 poinsettia cuttings, up to 80% of poinsettias were free of whitefly in England (Wardlow, 1989), and similar results have been achieved in Germany (Albert & Schneller, 1991). Under field conditions, interplanting with onions (Afifi, *et al.*, 1990) reduced *B. tabaci* adult populations on tomato by 65%, and in greenhouse intercropping with *Capsicum* reduced populations (El Serwiy *et al.*, 1987). One remarkable result was observed in laboratory conditions with *Chrysoperla carnea*; the presence of this predatory lacewing species depressed whitefly activity and oviposition, and this effect persisted even after the lacewings had been removed (Butler & Henneberry 1988). Cucumbers have been used as a trap crop to reduce the spread of virus in tomatoes (Al-Hitty & Sharif, 1987). Although some unsuccessful farmers obtain 100% virus infestation by planting tomato seeds directly into the field in close proximity to infested plants, others use seed beds protected by muslin to produce healthy seedlings which after transplanting into the field have given increased yields of 400% or more (Haydar *et al.*, 1990.).

Thirty years ago, I and my contemporaries held the view that what was needed for effective pest control was more research, and that this would lead to a single solution for each pest problem. Research activity was driven by this concept that we would find 'a solution'. In retrospect one can see how un-biological such a concept was. The great advance in recent years has been the concept of IPM - integrated pest management. We no longer think in terms of a single solution. We recognise that pest species such as *T. vaporariorum* and *B. tabaci* are highly complex and variable, both within and between populations. We need an array of strategies, many of them simple cultural practices such as are mentioned above. Pesticides are an essential tool in intensive crop production, but like all tools they need to be used appropriately and with skill. Our skill as biologists lies in recognising the potential and the limitation of the biological species with which we work - the crops and the pests. We cannot expect to find a single perfect solution, nor should we encourage farmers to think that such can be our objective. Our aim is an uneasy and fluctuating balance which maximises the benefits to farmers and growers as well as to consumers and other members of society.

REFERENCES

- Abdel-Gawaad, A.A., El-Sayed, A.M., Shalaby, F.F. & Abo-el-Ghar, M.R. 1990. Natural enemies of *Bemisia tabaci* Genn. and their role in suppressing the population density of the pest. *Agricultural Research Review* 68: 185-195.
- Afifi, F.M., Haydar, M.F. & Omar, H.I.R. 1990. Effect of intercropping systems on tomato infestation with major insect pests. *Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo* 41: 885-900.
- Al-Hitty, A. & Sharif, H.L. 1987. Studies on host plant preference of *Bemisia tabaci* on some crops and effect of using host on the trap spread of tomato yellow leaf virus to tomato in plastic house. *Arab Journal of Plant Protection* 5: 19-23.
- Albert, R. & Schneller, H. 1991. Biological pest control on ornamental plants. *Gartnerborse und Gartenwelt* 91: 10-15.
- Blackman R.L. & Eastop, V.F. 1985. *Aphids on the world's crops*. John Wiley, Interscience publication. 466 pp.
- Butler, G.D. & Henneberry, T.J. 1988. Laboratory studies of *Chrysoperla carnea* predation on *Bemisia tabaci*. *Southwestern entomologist* 13: 165-170.
- Byrne, D.N. & Houck, M.A. 1990. Morphometric identification of wing polymorphism in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America* 83: 487-493.
- Costa, H.S., Brown, J.K. & Byrne, D.N. 1991. Host plant selection by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius), (Hom., Aleyrodidae) under greenhouse conditions. *Journal of Applied Entomology* 112: 146-152.
- Eichelkraut, K. & Cardona, C. 1989. Biology, mass rearing and ecological aspects of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodadea), as a pest of beans. *Turrialba* 39: 55-62.
- El-Serwi, S.A., Ali, A.A. & Razoki, I.A. 1987. Effect of intercropping of some host plants with tomato on population density of tobacco whitefly in plastic houses. *Journal of agricultural and water resources research, Plan Production* 6: 81-79.
- Fargette, D., Fauquet, C. Grenier, E. & Thresh, J.M. 1990. The spread of African cassava mosaic virus into and within cassava fields. *Journal of Phytopathology* 130: 289-302.
- Gaston, K.J. & Mound, L.A. 1993. Taxonomy, hypothesis testing and the biodiversity crisis. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 251: 139-142.

- Haydar, M.F., Afifi, F.M. & Aly, F.A. 1990. A simple approach for the management of whitefly-borne virus diseases on tomatoes. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo 41: 649-664.
- Mound, L.A. & Halsey, S.H. 1978. Whitefly of the World. John Wiley & British Museum (Natural History), London 340 pp.
- Schrader, F. 1926. Notes on the English and American races of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). Annals of Applied Biology 13: 189-196.
- Wardlow, L.R. 1989. Integrated pest management in poinsettias grown under glass. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijkuniversiteit Gent 54: 867-872.
- Wool, D., Gerling, D., Bellotti, A., Morales, F. & Nolt, B. 1991. Spatial and temporal genetic variation in populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) in Israel and Colombia: an inter-im report. Insect Science and its Application 12: 225-230.

STEPS TOWARDS INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF *Bemisia tabaci*

Philip A. Stansly¹

Summary

Bemisia tabaci has become a major pest of vegetables, broadleaf row crops and ornamentals throughout the tropics and subtropics. Earlier biotypes present in the New World were of limited host range and relatively innocuous. These have been replaced by more economically important biotypes characterized by wide host ranges. The result in many areas is year round reproduction and maintenance of large numbers of whitefly by virtue of continual host plant availability. Traditional methods are usually inadequate to control populations initiated by massive migrations early in the crop cycle. The problem is compounded when the tolerance for whitefly is low because of susceptibility to whitefly transmitted viruses.

Another factor contributing to the severity of *Bemisia* infestations is the pervasive use of broadspectrum insecticides. Insecticide resistance is one aspect of this problem but decimation of natural enemies is probably of overriding importance.

The key to successful management of *B. tabaci* in southwest Florida has been rapid crop destruction and field sanitation during fallow periods. The ability of predators and parasitoids to reduce populations of *B. tabaci* in unsprayed weeds during this time has been demonstrated. Low whitefly populations at the initiation of the crop cycle are controllable through chemical means.

The next step towards management of *B. tabaci* is the addition of a biological control component into the crop itself. Given the "spray mentality" of most growers, it is unlikely that insecticides can be dispensed with at once. As an intermediate step to true biological control, our research emphasis is on the identification of specifically targeted ("biorational") insecticides as a means of inducing whitefly mortality with minimal impact on natural enemies.

History and Nomenclature

Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae) was known initially as the tobacco whitefly, then the cotton whitefly and later the sweetpotato whitefly. Most recently the name "silverleaf whitefly" (Perring *et al.* 1993) was suggested for what had formerly been considered an aggressive biotype of *B. tabaci* characterized by a broad host range.

Each change in nomenclature has symbolized a quantum leap in host range, geographical range and economic importance. *B. tabaci* was first considered a pest of tobacco both in

¹ University of Florida/IFAS. P.O. Drawer 5127. Immokalee Fl. 33934, USA.

southern Europe where it was described in 1889 by Gennadius and in southern Africa where its ability to transmit tobacco leaf curl virus was soon recognized (Brunt 1986). The next transition was to major status as a cotton pest in Sudan, India, the Middle East and the Southwestern US. "Sticky" cotton is still a growing problem in these and other cotton growing areas.

The more recent emergence of *B. tabaci* as a key pest of vegetables has less to do with sweet potatoes than with tomatoes, beans, peppers, and cucurbits. Losses are in large part due to the susceptibility of these crops to whitefly transmitted geminiviruses and clostroviruses. Prior to 1986, biotypes present in much of the New World, including Florida, were usually considered minor pests. Host ranges included Euphorbiaceae, Leguminosae and Malvaceae, but generally not Solanaceae, Cucurbitaceae and Cruciferae (J. Bird, personal communication).

The latest name, "silverleaf whitefly," is a species designation based on genetic and biological considerations for part of what would now have to be considered the *B. tabaci* complex. The name "silverleaf" refers to a characteristic symptom seen in certain squash and pumpkin cultivars as a response to nymphal feeding of these whiteflies (Maynard & Cantliff 1989, Cohen *et al.* 1992). Evidence points to a toxin produced by the nymph or its bacterial symbionts as the probable cause of squash silverleaf. Regardless of the validity of the species designation, there is no doubt of the existence of silverleaf whitefly as a biological entity and an economic reality.

***B. tabaci* and agricultural systems.**

The economic impact of silverleaf whitefly has been greatest on vegetables, ornamentals and cotton. It has spread throughout the New World since 1986 presumably by movement of nursery stock, particularly poinsettia. The significance of the new pest is not only that crops previously immune to *B. tabaci* are now attacked, but also the year round availability of crops in which high populations can be maintained. For example in California's Imperial Valley the previous "cotton biotype" attacked most vegetables except for crucifers. The situation was difficult but manageable because there were few susceptible hosts in winter. This changed with the advent of the silverleaf whitefly and its ability to infest the valley's extensive winter broccoli crop, thus completing the yearly cycle.

Cotton may often play a key role in maintenance and build-up of whitefly populations in tropical and subtropical production areas during the hot season when vegetables are often not grown. Cases in point are California, Arizona, Texas and Central America and the Middle East. Whitefly populations on Florida's east coast may be maintained during the summer in ornamentals and specialty vegetables. In the Dominican Republic, out-of-season summer vegetables grown for local fresh markets have bridged the gap between the main crops grown largely for process markets (Stansly, unpublished data).

***B. tabaci* and Insecticides.**

It is reasonable to ask why this march from obscurity to perhaps number one pest status world-wide. Evidently, our agricultural systems have evolved to create increasingly favorable conditions for *B. tabaci*. Commensurate with the rise of *B. tabaci* has been increased use of broad-spectrum insecticides. Although the intent is pest control, the result can be the contrary via two mechanisms: resistance and decimation of natural enemies.

Pesticide resistance in *B. tabaci* is well documented. Resistance factors as high as 660 times for methamidophos and 350 times for deltamethrin have been reported from cotton fields in the Sudan (Dittrich et al. 1990). In Florida, reduced susceptibility to endosulfan (Thiodan) fenvalerate (Pydrin) and bifenthrin (Capture) was reported within 3 years of the introduction of silverleaf whitefly (Stansly et al. 1991). Detectable reductions in susceptibility to endosulfan and bifenthrin was seen to occur within a single season in small field plots sprayed fewer than 10 times (Figure 1). Furthermore, reduced susceptibility to endosulfan compared to a control was detected in plots sprayed only with bifenthrin, indicating the possibility of cross resistance between a chlorinated hydrocarbon and a pyrethroid.

Although clearly capable of quickly developing resistance to insecticides, *B. tabaci* is hardly unique among insect pests in this regard. It is unlikely, then, that insecticide resistance alone would explain the recent whitefly explosion. When coupled with decimation of beneficial insects, however, broad-spectrum insecticides may be a powerful force clearing the way towards pest outbreak.

The effect of pesticides can most easily be seen by removing them and observing the effect on *B. tabaci* and its natural enemies. This situation occurs in southwest Florida during the summer after vegetable production has been terminated. Whiteflies must take to the weeds where their populations are seen to drop dramatically due, at least in part, to parasitization and predation (Fig. 2).

Whitefly management in SW Florida.

Silverleaf whitefly was first reported in the state infesting poinsettia in 1986 and tomato and cucurbits the following year. Tomato growers sustained heavy financial losses in 1988 due to irregular ripening and in 1989 through 1991 due to tomato mottle geminivirus (TMoV). Losses and control costs for the 1990-91 season were estimated at \$141 million of a \$550 million industry (Schuster et al, 1993).

Fortunately the host range of TMoV has proven to be practically limited to tomato although some cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris*) may also become infected (Polston et al. 1993). Post harvest field sanitation to remove sources of TMoV inoculum for the following year's crop has become critically important. Growers have responded well to this recommendation which has achieved the desired result of reducing movement of viruliferous whiteflies into fall crops.

With only limited immigration of whiteflies into fall crops, growers were able to control whiteflies adequately with improved spraying methods. However, movement from fall to spring crops became a problem when unseasonably warm weather eliminated a winter break. Since temporal separation between fall and spring crops was not adequate, spatial separation became necessary to prevent contamination of new crops by whiteflies and virus from old crops. There are no set rules on the necessary distance between crops. The number of whiteflies migrating, the intervening vegetation and, to some extent, wind direction come into play. Whiteflies emigrating from a field will continue their flight and be carried by the wind as long as they are able or until they see a yellowish green substrate below them that indicates rapid plant growth. As the flight lengthens, discrimination decreases. Once landed they will test the plants and stay if what they find is satisfactory. Again, discrimination decreases with need. An empty field between two tomato fields would do little to deter movement. A woods or orchard might at least provide a diversion. A field of eggplant would draw them in like a trap crop.

The activity of natural enemies during the summer is one key to the whitefly control program in southwest Florida. Two conditions are necessary for its success: (1) at least one and preferably two crop periods per year, and (2) refuge habitat for whiteflies and their natural enemies. Refuge habitat is a given in Florida, but crop-free periods must be diligently maintained. Harvest of the area's staked tomato, pepper, watermelon and cucumber normally ends in late May or early June and planting commences in August. In the past, many growers left crop residues after harvest until ground preparation for the next crop. Now crop residues are disked in immediately after harvest. Fields are maintained clear of volunteers during the summer by disking and/or the planting of grass cover crops. By these means, massive immigration of whiteflies into the fall crop is avoided and control can be maintained with an efficient spray program.

Wherever *B. tabaci* has become unmanageable, it will probably be found that no real fallow period exists. Whitefly became manageable in southwest Florida only when clean fallow periods were observed. Silverleaf whitefly is still a persistent pest there and insecticides are heavily relied upon for its control. Biological control of *B. tabaci* has demonstrated its merit in unsprayed weeds. Our next goal is integration of biological control of whitefly into the crop cycle itself.

Steps Toward Integrated Management

(1) Break the crop cycle. Experience has shown that the primary source of *B. tabaci* is crops (Stansly & Schuster 1992), while weeds play little if any role as a source. Weeds are much more likely to act as refuges for parasitoids and predators that attack whitefly. When susceptible crops are actively growing, they are attractive to whitefly and so act as a sink. The crop becomes a source of whitefly when it stops growing or senesces. Sequential plantings of susceptible crops within close proximity will allow whiteflies to build up to unmanageable levels. Presence of susceptible crops year round is a sure formula for disaster.

At least one and possibly two breaks in the crop cycle are necessary although any break is better than none at all. Three generations (45-60 days) may be required for dispersal, biological control and other processes to reduce populations (and virus inoculum) sufficiently.

(2) Reduce or eliminate broad-spectrum insecticides. Broad-spectrum insecticides are essentially incompatible with parasitoids and parasites of whitefly, and should be replaced with specifically targeted materials or other control techniques where possible. Alternatives for specifically targeting Florida tomato pests include: (1) pheromone confusants for tomato pinworm, *Keiferia lycopersicella*, (2) *Bacillus thuringiensis* for control of other lepidopteran pests, (3) insect growth regulators for leaf miners and (4) oils and detergents for whiteflies. New insect growth regulators and systemic insecticides active on whiteflies may also be available soon but are not yet registered in the US for use in vegetables.

(3) Survey parasitoid fauna and introduce new species if necessary. The parasitoids attacking *B. tabaci* are fairly well known, and some areas such as Florida and the Middle East have been extensively surveyed (Gerling 1990, Polaszek 1992). The costs and benefits of new introductions is difficult to evaluate. Efforts to enrich deficient faunas, such as might occur on islands or desert areas, would be likely to improve the overall efficiency of biological control.

(4) Provide refuge for beneficial insects. For purposes of reducing whitefly numbers during crop-free periods, uncultivated or fallow land may be sufficient in humid regions. In arid lands it may be necessary to provide cultivated but unsprayed refuge areas such as alfalfa fields.

Trap/refuge crops may be used to build up natural enemies in or around higher value, susceptible crops. The following are desirable characteristics of a trap/refuge crop: (1) superior attractiveness than the main crop to whitefly, (2) attractiveness to natural enemies of whitefly, (3) long growth period relative to main crop, (4) non-susceptibility to whitefly transmitted viruses present.

Vegetables highly attractive to whitefly include eggplant, collards and most cucurbits. Wasp parasites of whitefly seem to prefer plants with glabrous leaves. Cucurbits are generally not long lived but could be replanted during the season. Trap/refuge crops for tomato being tried experimentally in Florida and Texas include sunflower, collards, eggplant and cucumber.

Conclusion

Although *B. tabaci* has successfully resisted our most heroic control efforts, it might succumb to the simplest solution of all, i.e., that of doing nothing so that biological control can work. Unfortunately, surviving while doing nothing about pests is far from easy in modern agriculture. Providing safe haven for beneficial organisms in our agricultural systems is a major challenge but may also be our most viable option for success.

LITERATURE CITED

- Brunt, A. A. 1986. Transmission of diseases. [In] *Bemisia tabaci*, a literature survey. FAO/CAB London, 121 pp.
- Cohen, S. Duffus, J. E. Liu, H. Y. 1992. A new *Bemisia tabaci* biotype in the southwestern United States and its role in silverleaf of squash and transmission of lettuce infectious yellow virus. *Phytopathology* 82:86-90.
- Dittrich, V., S. Uk, and G. H. Ernst. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. In: *Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management*. Dan Gerling, Ed. Intercept Ltd. Andover. pp. 263-286.
- Gennadius, P. 1889. [Disease of tobacco plantations in the Trikonía. The aleurodid of tobacco]. *Ellenike Georgia* 5:1-3.
- Gerling, D. 1990. Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids. In: *Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management*. Dan Gerling, Ed. Intercept Ltd. Andover. pp. 147-185
- Maynard, D. N. & D. J. Cantliffe. 1989. Squash silverleaf and tomato irregular ripening: new vegetable disorders in Florida. *Vegetable Crops Fact Sheet VC-37*. IFAS, Gainesville.
- Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar, and T. S. Bellows Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259:74-77.
- Polaszek, A., G. A. Evans & F. D. Bennett. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. *Bull. Entomol. Res.* 82: 375-392.
- Polston, J. E., E. Hiebert, R. J. McGovern, P. A. Stansly, & D. J. Schuster. 1993. Host range of tomato mottle virus, a new geminivirus infecting tomato in Florida. *Plant Dis.* 77: In Press
- Schuster, D. J., Funderburk J.E., and P. A. Stansly. 1993. Selected IPM Programs: Tomato. In: *Biological Control and IPM: The Florida Experience*. D. Rosen, F. D. Bennett, and J. L. Capinera [Eds.]. In Press.
- Stansly, P. A., D. J. Schuster, & G. L. Leibe. 1991. Management strategies for the sweetpotato whitefly. *Proceedings, Florida Tomato Institute, C. S. Vavrina [Ed.], Vegetable Crops Special Series SS-VEC-001, IFAS, U. of Florida, Gainesville, 1991, pp 20-42.*
- Stansly, P. A. & D. J. Schuster. 1992. The sweetpotato whitefly and integrated pest management of tomato. *Proceedings, Florida Tomato Institute, C. S. Vavrina [Ed.], Vegetable Crops Special Series SS-HOS-001, IFAS, U. of Florida, Gainesville, pp. 54-73.*

Mortality of Silverleaf Whitefly To Discriminating Doses of Insecticide

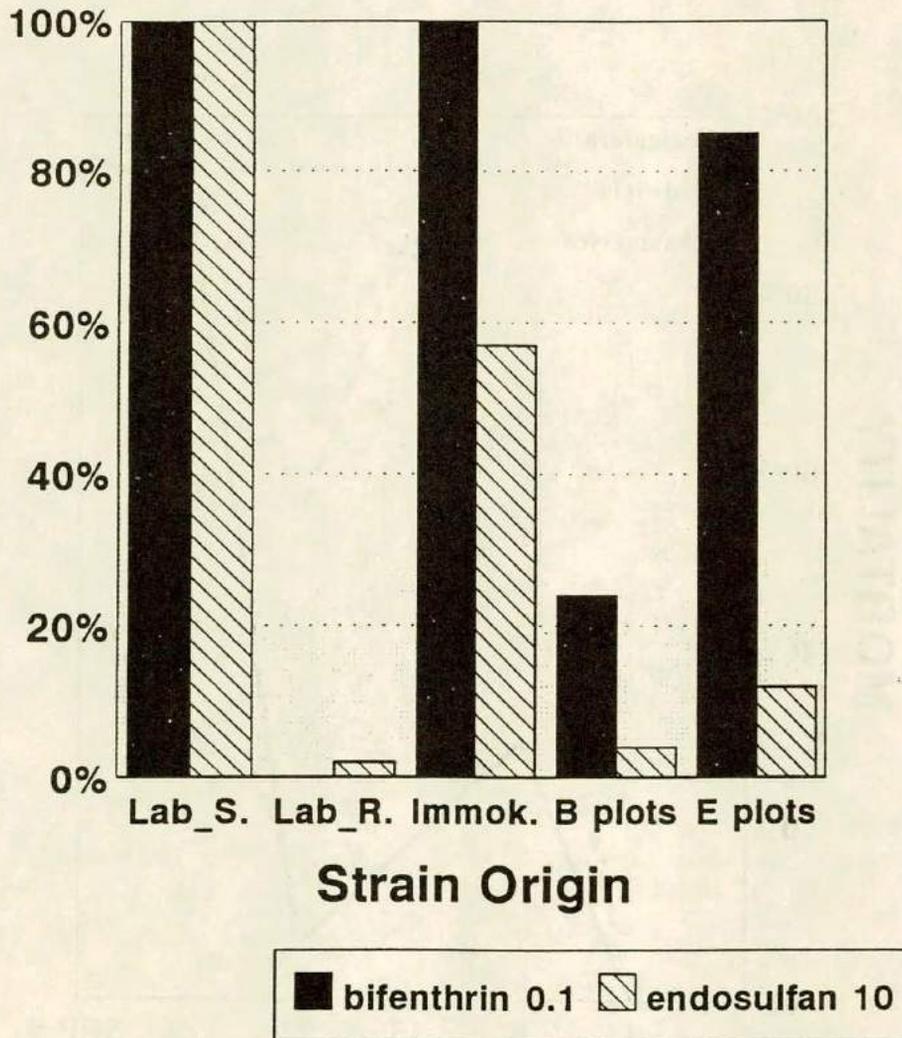


Figure 1.

Mortality of silverleaf whitefly from susceptible laboratory colonies (Lab_S.) bifenthrin resistant laboratory colonies (Lab_R), collected from a vegetable field in Immokalee FL, and from experimental plots sprayed with bifenthrin (B plots) and endosulfan (E_plots) in Bradenton FL. Whitefly adults exposed to bifenthrin or endosulfan in glass coated vials (G. Leibee, personal communication).

Control of Silverleaf Whitefly on Weeds By Insect Predators and Parasites

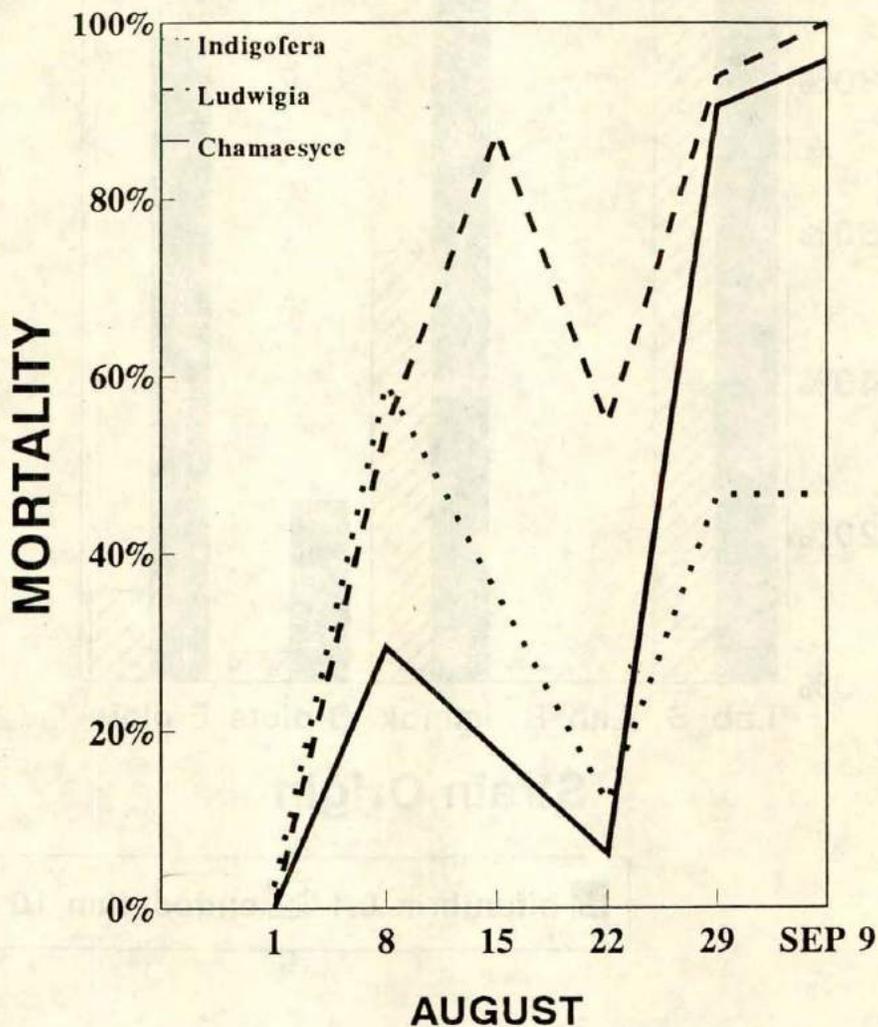


Figure 2. Percent silverleaf whitefly nymphs and pupae parasitized or dead by supposed predation in unsprayed weeds of 3 species in west central Florida (Stansly & Schuster 1992).

MOSCAS BLANCAS DE COLOMBIA: RECONOCIMIENTO, CLASIFICACION, DAÑOS Y COMPORTAMIENTO

Alfredo Saldarriaga V.¹
Francisco J. Posada F.²

Resumen

25607

Se presentan 62 moscas blancas, Homoptera: Aleyrodidae, halladas infestando plantas en Colombia. En cada uno de los géneros y/o especies, taxonómicamente clasificados, se da: 1. El determinador y lugar(s) donde ellos están depositados. 2. La distribución: municipio o ciudad donde fue colectado. 3. Los nombres comunes de las plantas hospedantes. En listas aparte se registran los nombres científicos y familia de las plantas. 4. Los enemigos naturales.

Se adiciona una lista con 64 Aleyrodidos que no han sido determinados y que también cuentan con información de hospedantes, lugar de ocurrencia y nombre de quien lo estudió o colectó. Dentro del artículo se da una mayor información sobre la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Se hace énfasis en su distribución, hospedantes, importancia económica en algunos cultivos, sus enemigos naturales y aspectos de las biología en Colombia.

Introducción

"El hombre conoce tan poco de su propio planeta que no tiene idea de cuántas especies animales y vegetales lo habitan. Cómo se pueden proteger especies que ni siquiera se conocen?" (1). Por otra parte, Mound y Halsey (125) quienes catalogan 1158 especies del mundo apenas si presentan tres registros de Colombia y dicen que este grupo no está bien estudiado en áreas tropicales. Entre otros, uno de los objetivos de esta publicación es ayudar a llenar este vacío de información.

Gran parte del material sobre aleyrodidos aquí presentado es el resultado de una tarea de reconocimiento adelantada por los autores durante el período 1984-1988. La identificación de las muestras fue hecha a través del museo "Luis María Murillo" del Instituto Colombiano Agropecuario, por intermedio de la Dra. Ingeborg Zenner de Polanía quien también suministró información sobre las especies de Aleyrodidae depositadas en dicho museo. Mucha de la información se obtuvo en el proceso de investigaciones sobre la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), en cultivos de papa y flores, así como en el proceso de asesorar tesis de grado en el período 1987-1992.

¹ Particular. Carrera 39 No. 55-45, Medellín.

² CENICAFE, Chinchiná, Caldas.

Se han incluido en el listado las moscas blancas registradas en los museos del ICA y de la Universidad Nacional, seccional de Medellín, así como las que aparecen en la literatura citada en este artículo.

El ordenamiento y formato para la presentación de los resultados es muy similar al empleado por Mound y Halsey (125). Se enlistan los insectos según: 1. **Nombre científico** en orden alfabético dentro de dos subfamilias: Aleyrodinae y Aleurodicinae; 2. **Determinador** y lugares, museos o colecciones particulares donde los especímenes pueden estar depositados; 3. **Distribución**, dando el nombre del municipio donde fue colectado; 4. **Hospedantes**; 5. **Enemigos naturales**. Después de cada información se da el número correspondiente a la bibliografía respectiva.

Se amplía la información sobre *T. vaporariorum*, insecto que en Colombia ha venido causando pérdidas económicas importantes en papa, frijol, habichuela y flores.

MOSCAS BLANCAS (HOMOPTERA:ALEYRODIDAE) DE COLOMBIA

SUBFAMILIA ALEYRODINAE

Pos. *Aleurocanthus* sp

DETERMINADOR: no indicado Museo (s): LMM*, TO**
DISTRIBUCION: Retiro (Ant.) (15), Codazzi (Cesar) (41)
HOSPEDANTES: Cafeto, jardines y ornamentales (127), papaya (41, 127), niguito (15).

Aleurocanthus woglumi Ashby

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo (s): (126, 132), LMM, FLG***, TO
DISTRIBUCION: Medellín y Bello (Ant.) (14, 20, 57, 126, 132); Dorada (Caldas) (132); Cerrito (V.) (9, 22); Codazzi y Valledupar (Cesar)(10, 18); Ciénaga (Mag.) (84), Manaure (Guaj.) (13)
HOSPEDANTES: Cítricos (10, 11, 126, 132); azar de la India y *Eucaliptus* spp (126, 132)
ENEMIGOS NATURALES: Población alta de un sírfido en un limonero en Medellín (126,132).

* Colección Taxonómica Nacional "Luis María Murillo", situada en el CNI Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca.

** Colección Entomológica de la Estación Experimental "Tulio Ospina", Bello, Antioquia.

*** Colección del Museo de Entomología "Franciso Luis Gallego", Universidad Nacional, Seccional de Medellín, Antioquia.

Aleuroglandulus malangae (Russell)

DETERMINADOR: S. Nakahara, A. B. Hamon Museo (s): (126, 132), FLG
DISTRIBUCION: Medellín (Ant.) (132)
HOSPEDANTES: mariposa y filigrana (126, 132)
ENEMIGOS NATURALES: Pos. *Amitus* sp y *Encarsia pergandiella* Howard (126,132).

Aleuroplatus cococolus Quaintance & Baker

DETERMINADOR: S. Nakahara, M. B. Stoetzel Museo(s): (126, 132, LMM, FLG) LM. Russell
DISTRIBUCION: Bello, Caldas y Medellín (Ant.) (126, 132), Necoclí y Arboletes (Ant.) (10), Litoral Atlántico (69)
HOSPEDANTES: Grosello, guamo, guayabo, una arácea, algarrobo y mata palo 126, 132), cítricos (127). Cocotero y palma africana (69, 127)
ENEMIGOS NATURALES: pupas parasitadas por himenópteros (126, 127).

Aleuroplatus sp

Así se han identificado una serie de especímenes, algunos de los cuales traen la nota del taxónomo indicando que la especie parece no estar descrita y que el género requiere revisión. Se tienen los siguientes registros:

Determinador	Museo(s)	Distribución	Hospedantes	Enemigos naturales
A. B. Hamon	(126,132)	Bello (A.) (126,132)	Maracuyá, curuba (126, 132)	
No indicado	LMM	Sasaima (Cund.)	Anturio	
A. B. Hamon	(126,132)	Rionegro (A.) (126,132)	Un árbol	Himenópteros
A. B. Hamon, S. Nakahara	(126,132, LMM, TO)	Urrao (A.) (126)	Barsino guamo laurel, un árbol (126)	<i>Verticillium lecanii</i> (Zim.) (126) <i>Aschersonia</i> sp
M. B. Stoetzel	LMM	Codazzi (Cesar) (LMM)	Ceibo, cocotero (LMM)	

Aleurothrixus floccosus (Maskell)

- DETERMINADOR: S. Nakahara, A. B. Hamon, Museo(s): (126, 132, LMM, TO, FLG) L. M. Russell, A. S. Menke
- DISTRIBUCION: Medellín, Bolombolo, San Jerónimo (Ant.) (126, 132), Mocoa (Putumayo) y Leticia (Amazonas) (LMM), Yuto (Chocó) (132), Cerrito y Palmira (Valle) (4, 22), Moniquirá (Boyacá) (25), Barbosa (Santander) (25), Sevilla (Mag.) (88), El Copey (Cesar) (73)
- HOSPEDANTES: Cacaotero (7, 127), Cítricos (4, 25, 32, 73, 127, 134), plátano y banano (88, 126, 127, 132), guanábano (22)
- ENEMIGOS NATURALES: Himenópteros en los especímenes colectados en banano. *Aschersonia* sp en guayabo y tres parásitos himenópteros no identificados (66, 88).

Aleurothrixus myrtacei Bondar

- DETERMINADOR: D. R. Miller Museo: LMM
- DISTRIBUCION: La Mano (Caquetá) (LMM), Medellín (Ant.) (126, 132)
- HOSPEDANTES: Cafeto, cítricos (127). Borojó (126, 127).

Aleurothrixus sp

Como en el caso de *Aleuroplatus* sp, hay varios especímenes de este género que no han sido identificados a nivel de especie. Algunos figuran con una nota indicando que el género posiblemente requiere revisión. Los registros son los siguientes:

Determinador	Museo(s)	Distribución	Hospedantes
S. Nakahara	(126, 132)	Rionegro (A.) (126, 132)	Guamo (126, 132)
M. B. Stoetzel	LMM	Machetá (Boyacá)	Arbusto (LMM)
L. M. Russell	Secretaría Agric. Ant.	Santa Fe (A.)	Cítricos
S. Nakahara	(126, 132, LMM, TO)	Barbosa (A.) (126, 132)	Mata palo (126, 132)
S. Nakahara	(126, 132, LMM, TO)	Urrao (A.) (126)	Un árbol sin identificar
No indicado	LMM	No indicada	Yuca (127)

Aleurotrachelus cacaorum Bondar

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: Palmira (Valle)
HOSPEDANTE: Anonácea (127).

Aleurotrachelus fumipennis (Hempel)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: FLG
DISTRIBUCION: Buenavista (Córdoba) (134)
HOSPEDANTES: Graminácea (134).

Aleurotrachelus socialis Bondar

DETERMINADOR: No se indica Museo(s): LMM, TO
DISTRIBUCION: Nilo (Cundinamarca), Lloró (Chocó), Sevilla (Magdalena)
HOSPEDANTES: yuca (LMM, TO)
ENEMIGOS NATURALES: *Aschersonia* sp (87).

Aleurotrachelus stellatus Hempel

DETERMINADOR: A. B. Hamon Museo(s): (126, 132)
DISTRIBUCION: Rinegro (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Guamo (126, 132).

Aleurotrachelus trachoides (Back)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: San Andrés Islas (LMM)
HOSPEDANTES: Pimentón (LMM).

Aleurotrachelus sp

Se tienen los siguientes registros de especímenes no identificados a nivel de especie:

Determinador	Museo(s)	Distribución	Hospedantes	Enemigos naturales
A. B. Hamon	(126,127)	Rionegro, Caldas, Bello Medellín (A.)	Aguacate, chiminango, florito	Himenópteros
S. Nakahara	(126,132)	Medellín, Bello, Urrao Barbosa, Copacabana	Guamo, mango, jazmín, totumo, casco de vaca, zapote, francesina, mata-sano, guayabo, francesina	<i>Encarsia pergandiella</i>
S. Nakahara	(126,132)	Urrao (Ant.)	Laurel, un árbol (126)	
S. Nakahara	(126,132)	Caldas (Ant.)	Niguito (132)	
S. Nakahara	(126,132)	Copacabana (A.)	Lance, quiebra barriga	
A. B. Hamon	(126,132)	Bello (A.)	Aguacate, coco (126, 132)	
S. Nakahara		Caldas, Rionegro, Urrao Copacabana, Medellín (A.)	Guayabo, guayacán, casco de vaca, sietecucros, batatilla (126, 132)	
A. B. Hamon	(126, 132)	Bello (A.)	Aguacate	<i>Encarsia pergandiella</i> , <i>Amitus</i> sp, <i>Encarsia</i> spp, cecidómido
L. M. Russell	FLG	Medellín (A.), Armero (Tol.), Chinchiná (Cld), Valle del Cauca	Yuca (134)	
M. B. Stoetzel	MO	Retiro (A.)	Niguito	
L. M. Russell	Secr. Agric. Ant.	Medellín (A.)	Pimiento	
		San Jerónimo	Guayabo	

Aleurotrachelus sp similar a *stratus*

DETERMINADOR: J. H. Martin Museo: FLG
DISTRIBUCION: Medellín (A.) (93)
HOSPEDANTES: Guamo.

Aleurotulus sp

DETERMINADOR: S. Nakahara, M. B. Stoetzel Museo(s): (126, 132, LMM)
DISTRIBUCION: Caldas, Bello, Medellín (A.) (126, 132), Guasca (Cund.) (LMM)
HOSPEDANTES: Anturio (126, 132), orquídeas (LMM).

Bemisia sp

DETERMINADOR: No se indica Museo: LMM
DISTRIBUCION: Plato (Mag.) (38), Palmira (Valle) (48), Depto. de Córdoba (52),
Valledupar (Cesar) (LMM)
HOSPEDANTES: Papa (30), tomate (38), soya (48), algodónero (52), habichuela,
maní, tabaco (127).

Bemisia tabaci (Gennadius)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo(s): LMM, FLG
DISTRIBUCION: Espinal (Tol.) (LMM), Palmira (Valle) (6)
HOSPEDANTES: algodónero (127, LMM), berenjena (2), soya (6, 7, 127), tomate de
huerta (7, 127).

Bemisia tuberculata Bondar

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: FLG
DISTRIBUCION: Olaya (A.) (Secr. Agric. Antioquia), San Juan del Cesar (Guajira)
(37)
HOSPEDANTES: Yuca (37, 127) (Secr. Agric. Antioquia).

Crenidorsum sp

DETERMINADOR: A. B. Hamon Museo(s): (126, 137)
DISTRIBUCION: Caldas (Ant.), Medellín (Ant.) (132)
HOSPEDANTE: Anturio (132).

Dialeurodes citri (Ashmead)

DETERMINADOR: No se indica Museo(s): (126, 137, LMM)
DISTRIBUCION: Palmira (Valle), Bello, Caldas, Rionegro, Medellín (Ant.) (126, 132). Departamento de Caldas (16)
HOSPEDANTES: Cítricos (126, 127, 132), Guanábano (LMM)
ENEMIGOS NATURALES: *Aschersonia* sp (16, 132).

Dialeurodes citrifolii (Morgan)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo(s): (126, 132)
DISTRIBUCION: Caldas, Bello, Rionegro, La Estrella, Medellín, Copacabana (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTE: Cítricos (126, 132).

Odontaleyrodes rhododendri (Takahachi)

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, FLG)
DISTRIBUCION: Bello, Medellín (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Azalea, biflora (126, 132, 127, 134).

Tetraleurodes fici Quaintance & Baker

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, FLG)
DISTRIBUCION: Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Maracuyá, curubo (126, 132).

Tetraleurodes mori (Quaintance)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo(s): Secr. Agric. Ant.
DISTRIBUCION: San Jerónimo (Ant.) (Secr. Agric. Ant.)
HOSPEDANTE: Guayabo.

Tetraleurodes psidii Maskell

DETERMINADOR: No se indica Museo: FLG
DISTRIBUCION: No se indica (FLG)
HOSPEDANTE: No se indica (FLG).

Tetraleurodes sp

Se encuentran los siguientes registros:

Determinador	Museo(s)	Distribución	Hospedantes	Enemigos naturales
S. Nakahara	(126, 132)	Rionegro, Caldas, Bello	Aguacate (87, 126, 132) chiminango (132)	
S. Nakahara	(126, 132)	Rionegro, Urrao (Ant.)	Chagualo (126, 132)	<i>Encarsia</i> sp
A. B. Hamon	(126, 132)	Medellín, Bello, Urrao, Copacabana	Guamo (126, 132)	<i>Encarsia pergandiella</i> Chrysopidae
S. Nakahara	(126, 132)	Manizales (C) Urrao (Ant.)	Laurel	Hongo no identificado
M. B. Stoetzel	LMM	Suba (Cund.) (LMM)	<i>Ficus</i> sp	

Tetralicia sp

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo(s): LMM, Secr. Agric. Antioquia
DISTRIBUCION: Leticia (Amazonas) (LMM)
HOSPEDANTE: *Anona* sp.

Trialeurodes vaporariorum (Westwood)

DETERMINADOR: L. M. Russell, S. Nakahara, Museo(s): (126, 132, LMM, FLG) A. B. Hamon
DISTRIBUCION: Oriente Antioqueño, Valle de Aburrá, San Pedro, Santa Bárbara, Abejorral (ant.) (126, 132); Provincia de Sumapaz (2); Sabana de Bogotá (76), Anolaima (Cund.) (69), Puerros, Pasto (Nariño) (80); Armero (Tol.) (4)
HOSPEDANTES: ver más adelante
ENEMIGOS NATURALES: Coccinellidae: *Delphastus pusillus* (69) Eulophidae: *Encarsia formosa* (126, 132), *Encarsia* sp (108) Platygasteridae: *Amitus fuscipennis* (126, 132).

Nota: este insecto es tratado en detalle más adelante.

Trialeurodes variabilis (Quaintance)

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (LMM, 132)
DISTRIBUCION: Caldas (Ant.) (132). San Andrés Islas (LMM), Medellín, Olaya,
Sopetrán (Ant.) (Secretaría de Agricultura de Antioquia)
HOSPEDANTES: Yuca (126, 127, LMM). Papayo (127, LMM).

SUBFAMILIA ALEURODICINAE

Aleurodicus cocois (Curtis)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: Secr. Agric. Ant.
DISTRIBUCION: Sopetrán, Turbo (Ant.)
HOSPEDANTES: Cocotero, palma africana (Secr. Agric. Ant.).

Aleurodicus sp similar a *coccolobae* Quaintance & Baker

DETERMINADOR: A. B. Hamon Museo(s): (126, 132)
DISTRIBUCION: Medellín, Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Aguacate, cocotero (126, 132).

Aleurodicus dispersus Russell

DETERMINADOR: S. Nakahara, L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: San Andrés Islas
HOSPEDANTES: Resucitado, guayabo, ceibo (LMM).

Aleurodicus iridescens Cockerell

DETERMINADOR: no se indica
DISTRIBUCION: Necoclí y Arboletes (Ant.) (11)
HOSPEDANTES: Cocotero (11, 127).

Aleurodicus juleikae Bondar

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: Puerto Boyacá (Boyacá)
HOSPEDANTES: árbol teca (LMM).

Aleurodicus (linguosus) maritimus (Hempel)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: Secr. Agric. Ant.
DISTRIBUCION: Alejandría (Ant.)
HOSPEDANTES: Guayabo (Secr. Agric. Ant.).

Aleurodicus pulvinatus Maskell

DETERMINADOR: S. Nakahara, L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: Leticia (Amazonas), Santa Marta (Magdalena) (LMM); Medellín, Bello, Caldas (Ant.) (126,
HOSPEDANTES: Aguacate, guayabo, jardines y ornamentales, palmas ornamentales (127); palma areca (126, 132)
ENEMIGOS NATURALES: *Encarsia pergandiella*. Además, se observaron cuatro himenópteros no identificados (126, 132).

Aleurodicus trinidadensis Quaintance & Baker

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: LMM
DISTRIBUCION: Acacias (Meta) (LMM)
HOSPEDANTES: Palma africana (127, LMM).

Aleurodicus sp

Sin llegar a identificación a especie se tienen los siguientes registros:

Determinador	Museo(s)	Distribución	Hospedantes
L. M. Russell	LMM	Leticia (Amazonas)	Cacaotero (127), Plátano y banano (127)
L. M. Russell	LMM	Santa Marta (Mag.)	Ornamentales (LMM)
No se indica		Fusagasugá (Cund.) (17)	Guayabo (17)
No se indica		Sevilla (Mag.) (69, 88)	Mango, banano (69, 88)

Aleuronudus sp

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, LMM)
DISTRIBUCION: Medellín, Barbosa (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Cítricos (126, 132).

Bakerius sp

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, LMM)
DISTRIBUCION: Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Chilca (maleza) (126, 132).

Bakerius attenuatus (Bondar)

DETERMINADOR: L. M. Russell Museo: FLG
DISTRIBUCION: Alejandría (Ant.) (FLG)
HOSPEDANTES: una Composita (FLG).

Hexaleurodicus ferrisi Sampson & Drews

DETERMINADOR: A. B. Hamon Museo(s): (126, 132)
DISTRIBUCION: Medellín, Barbosa (Ant.) (126, 132), Departamento del Valle (42),
HOSPEDANTES: Cítricos (126, 132), maracuyá (42).

Lecanoideus sp

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 131)
DISTRIBUCION: Medellín, Barbosa, Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Cadmio, falso laurel, ceibo, almendro, francesina, chiminango,
plátano (126, 132)
ENEMIGOS NATURALES: Posible *Encarsia* sp (126, 132).

Lecanoideus (Aleurodicus) giganteus Quaintance & Baker

DETERMINADOR: No se indica Museo: LMM
DISTRIBUCION: Fonseca (Guajira) (LMM)
HOSPEDANTES: Guanábano (LMM).

Lecanoideus (Aleurodicus) mirabilis (Cock.)

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): LMM, Secr. Agric. Ant.
DISTRIBUCION: San Jerónimo (Ant.), Urabá (Ant.) (133), Medellín (Ant.) (126,
132), Yumbo (Valle) (44), Palmira (Valle) (LMM)
HOSPEDANTES: Anonáceas (44, 127), cocotero, guayabo (127). Falso laurel (126,
132).

Leonardius lahellei (Leonard)

DETERMINADOR: S. Nakahara, A.B.Hamon, L.M. Museo: LMM Russell
DISTRIBUCION: Palmira (Valle) (LMM), Medellín, Bello (Ant.) (126, 132).
HOSPEDANTES: Cítricos (LMM), matapalo (61).

Octalauroides sp

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, LMM)
DISTRIBUCION: Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTE: Guamo (126, 132).

Paraleyrodes sp

DETERMINADOR: S. Nakahara Museo(s): (126, 132, TO)
DISTRIBUCION: Bello (Ant.) (126, 132)
HOSPEDANTES: Cítricos (126, 132).

Aparte de las especies reportadas anteriormente, existen muchos otros registros de moscas blancas que no han sido identificadas (véanse referencias 23, 24, 26, 35, 43, 45, 49, 53, 54, 66, 77, 86, 89, 96, 99, 104, 126, 132).

Trialeurodes vaporariorum (Westwood)

Mosca blanca de los invernaderos

Esta especie ha sido determinada en Colombia por L. M. Russell, S. Nakahara y A. B. Hamon. Hay especímenes en las colecciones de referencias 126 y 132 y en los museos LMM, FLG y TO.

Distribución

T. vaporariorum es de distribución mundial (124). El registro más antiguo de su presencia en Colombia es de Russell (135), año de 1963. El ICA (39) lo registró por primera vez como plaga de importancia económica en 1982 en el Oriente Antioqueño. En esta y otras zonas se ha convertido en plaga de primera importancia tanto en cultivos de campo abierto como en invernaderos.

Se ha registrado en las siguientes localidades de Colombia: Rionegro (39, 40, 47, 51, 58, 62, 63, 92, 104, 112, 113, 121, 131, 132), Bello (60, 72, 82, 126, 131), Retiro (126), La Ceja (91, 131), Copacabana (126), Caldas (126, 131, 132), Urrao (126), Carmen de Viboral (131), La Unión (118), Sonsón (118), Medellín (126, 131, 132), Abejorral (118), Santa Bárbara (132), San Pedro (132), Altiplano Norte (132) en el Departamento de Antioquia. Yumbo (114), Palmira (4), Tenerife (122) en el Valle del Cauca. San Antonio de Tena (46), Fusagasugá (59, 64, 74, 75, 83, 102, 103, 120), Sabana de Bogotá (76), Anolaima (76, 85, 94, 95, 105, 107, 123), Simijaca (98), Provincia de Sumapaz: Silvania, Pasca, Arbeláez, San Bernardo, Pandi, Venecia, Tibacuy y Cabrera (2) en el Departamento de Cundinamarca. En Nariño, en Puerres (73). Armero (Tolima) (44), parte media de la Guajira (97).

Hospedantes

Se han encontrado más de 100 hospedantes pertenecientes a 37 familias entre las cuales sobresalen Compositae (19 registros), Solanaceae (18 registros), Malvaceae (6 casos), Cucurbitaceae (5 casos) y Labiatae (5 casos) (Tabla 1). Los principales hospedantes cultivados son frijol, habichuela y tomate. El tomate y la yerba mora son también hospedantes del virus del amarillamiento de las venas de la papa. Este virus no se ha encontrado en frijol y habichuela.

Daño e importancia económica

Los daños directos causados por este insecto varían según el cultivo afectado pero en general se traducen en debilitamiento y crecimiento deficiente de las plantas como consecuencia de la succión de savia. Entre los daños indirectos están los causados por las secreciones azucaradas que permiten el desarrollo de "fumagina", lo cual interfiere con el funcionamiento normal de las plantas o afecta la calidad de productos.

El virus del amarillamiento de las venas de la papa puede reducir los rendimientos hasta en un 55% en variedades susceptibles (131). Aunque este virus puede también ser transmitido por injerto o por semilla botánica (130), se ha observado que la mosca blanca se ha convertido en un importante diseminador de la enfermedad; un individuo puede infectar una planta y retener el patógeno por seis días con un tipo de transmisión cercano al semipersistente (3).

Este insecto también ha adquirido gran importancia económica en flores en varias regiones, así como en frijol y habichuela en las zonas de Sumapaz (2) y del Oriente Antioqueño (132).

Biología

Se estudió el ciclo biológico de *T. vaporariorum* en el municipio de Rionegro (Ant.) bajo las condiciones ambientales anotadas en la Tabla 2. Algunas conclusiones de este estudio y de observaciones hechas en crías masivas de los parásitos *Encarsia formosa* fueron las siguientes: 1. El ciclo de vida fue más corto en frijol que en crisantemo; 2. La pupa alcanzó mayor tamaño en frijol que en crisantemo; 3. La oviposición fue mayor en frijol que en crisantemo (promedios de 42 y 29 huevos por hembra, respectivamente); 4. Los adultos vivieron 8 días en frijol y 6.6 días en crisantemo (5).

Descripción y hábitos

Los huevos son subelípticos, truncados en la base, 1.2 x 0.6 mm. Pedicelo corto, inserto en la hoja. Los huevos son colocados en posición vertical, en forma irregular en el envés de las hojas apicales o más jóvenes.

Las ninfas de primer instar presentan dos fases de desarrollo. La primera, recién nacida, es móvil por unas pocas horas y se conoce con el nombre de "crawler". Tiene forma oval, color crema y ojos rojos. Presenta patas y antenas. La segunda fase se inicia cuando el insecto deja de caminar, inserta el estilete en la hoja para alimentarse y se vuelve sésil. Las patas y antenas se atrofian; el insecto se torna de color verde amarillento y aumenta su tamaño. Para pasar al segundo y tercer instar las ninfas se deprimen dorsalmente y pierden su forma oval, la cual se recupera una vez se inicia la alimentación. El cuarto instar ninfal se inicia después de la tercera muda y en él se manifiestan tres fases de desarrollo. En la primera, la ninfa es plana, en la segunda se engruesa y desarrolla espinas laterales y en la tercera, conocida como pupa, se aprecian los ojos rojos del adulto, el cual inicia su formación. La

cápsula pupal, dentro de la cual se cumple el cuarto instar, es oval, ligeramente elevada de la superficie de la hoja. Es plana por el dorso, de color verdusco opaco y está bordeada por pelos espaciados que salen de los poros submarginales.

Los adultos se desarrollan dentro de la cápsula pupal. Recién emergidos semejan una pequeña polilla de alas hialinas que luego se cubren de un polvo ceroso blanco. Antenas de siete segmentos, hembras más grandes que machos y con dos segmentos abdominales; los machos tienen cuatro. Emergen en la mañana y después de alimentarse pueden iniciar cópula. La reproducción puede ser sexual o por partenogénesis y la oviposición puede variar desde unos pocos huevos hasta 304 por hembra.

Enemigos naturales

En la Tabla 3 se presentan los enemigos naturales registrados en Colombia.

Amitus fuscipennis MacGown & Nebeker

Esta especie fue determinada por Gennaro Viggiani y hay especímenes en TO, LMM y en las colecciones de referencia 126 y 132. Se encuentra distribuída en regiones comprendidas entre 1400 y 2500 msnm (Tabla 3). El registro más antiguo es de Vélez (134) en Rionegro (Ant.) en 1971. Esta especie es el controlador biológico de *T. vaporariorum* más abundante. Tiene como hospedantes a *T. vaporariorum* (Westwood), *Crenidorsum* sp, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) y *Tetraleurodes* sp (126, 132).

La biología en el hospedante alimentado en frijol y crisantemo está resumida en la Tabla 4 (127). El huevo es ovalado, translúcido y presenta un aguzamiento en uno de los extremos formando un pedicelo. Parece que presenta tres ínstares larvales y en el estado de pupa se observan claramente los ojos y las antenas y se define la parte torácica, apreciándose las patas y las alas. Al iniciarse la pupa del parásito el hospedante cambia de color y cuando la pupa del parásito está totalmente pigmentada, la cápsula pupal de la mosca blanca toma un color gris. Los adultos son avispidas negras que miden 0.9 mm de longitud. La antena de la hembra presenta 10 segmentos; los tres últimos constituyen un mazo fuertemente fusionado. La antena de los machos también tiene 10 segmentos pero carece del mazo trisegmentado (124).

La emergencia del adulto ocurre a través de un orificio en la parte dorsal de la mosca blanca, opuesto a su orificio basiforme. Después de la emergencia del parasitoide la cápsula pupal queda blanca translúcida. Los adultos se alimentan de tricomas y de miel secretada por la mosca blanca y son más activos en la mañana. Parece ser un parásito solitario y se han observado muy pocos machos. La hembra prefiere ovipositar sobre los dos primeros ínstares larvales de su hospedante y coloca entre 60 y 200 huevos. El período de preoviposición es muy corto o no existente (124).

BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1993. Día de la tierra. Número de especies: pregunta del millón. El Tiempo, Bogotá, Colombia. Jueves 22 de Abril. p. 2C.
2. Cardona, C., P. Prada, A. Rodríguez, J. Ashby & C. Quirós. 1991. Bases para establecer un programa de manejo integrado de plagas de habichuela en la provincia de Sumapaz (Colombia). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Documento de Trabajo No. 86. 78 pp.
3. Díaz, M. C., J. M. Pulgarín y A. Saldarriaga. 1990. Relaciones insecto-patógeno en el problema del amarillamiento de las venas de la papa. Revista Colombiana de Entomología 16(2): 3-14.
4. Figueroa, P. A. 1977. Insectos y Acarinos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 685 pp.
5. Goez, G. P. 1991. Biología del *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) bajo tres condiciones ecológicas en Rionegro, Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Tesis de Grado. 73 pp.
6. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1973. Programa de Entomología, Bogotá, Colombia. Notas y Noticias Entomológicas, (NNE) Marzo-Abril. p. 7.
7. ICA. 1974. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 3.
8. ICA. 1974. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 5.
9. ICA. 1975. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 62.
10. ICA. 1976. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 15.
11. ICA. 1976. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 92.
12. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 13.
13. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 15.
14. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 16.
15. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 30.
16. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 40.

17. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 60.
18. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre p. 88.
19. ICA. 1977. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre p. 89.
20. ICA. 1978. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 8.
21. ICA. 1978. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 53.
22. ICA. 1978. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 83.
23. ICA. 1979. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 30.
24. ICA. 1979. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 86.
25. ICA. 1979. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 47.
26. ICA. 1979. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 81.
27. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 1.
28. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 2.
29. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 25.
30. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 36.
31. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 44.
32. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 45.
33. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 61.
34. ICA. 1980. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 77.
35. ICA. 1981. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 1.
36. ICA. 1982. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 6.
37. ICA. 1982. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 29.
38. ICA. 1982. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 56.
39. ICA. 1982. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 57.

40. ICA. 1982. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 79.
41. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 7.
42. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 15.
43. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 21.
44. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 33.
45. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 37.
46. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 50.
47. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 55.
48. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 56.
49. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 64.
50. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 65.
51. ICA. 1983. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 82.
52. ICA. 1984. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 3.
53. ICA. 1984. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 47.
54. ICA. 1984. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 49.
55. ICA. 1984. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 11.
56. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 7.
57. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 8.
58. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 9.
59. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 23.
60. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 38.
61. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 44.
62. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 82.

63. ICA. 1985. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 86.
64. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 4.
65. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 5.
66. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 13.
67. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 13.
68. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 13.
69. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 32.
70. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 32.
71. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 33.
72. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 36.
73. ICA. 1986. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 44.
74. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 11.
75. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 26.
76. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 39.
77. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 52.
78. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 65.
79. ICA. 1987. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 68.
80. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 12.
81. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 14.
82. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 48.
83. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 60.
84. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 62.
85. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. 70.

86. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. 72.
87. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. 74.
88. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. 75.
89. ICA. 1988. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. 81.
90. ICA. 1989. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 8.
91. ICA. 1989. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 28.
92. ICA. 1989. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 65.
93. ICA. 1989. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 81.
94. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 1.
95. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 11.
96. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 16.
97. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 19.
98. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 38.
99. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 44.
100. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 50.
101. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-Octubre. p. 52.
102. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 64.
103. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 65.
104. ICA. 1990. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 66.
105. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 3.
106. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 7.
107. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Marzo-Abril. p. 18.
108. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 29.

109. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 32.
110. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 33.
111. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 35.
112. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Julio-Agosto. p. 46.
113. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 54.
114. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 56.
115. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 63.
116. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 66.
117. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 67.
118. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 70.
119. ICA. 1991. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Noviembre-Diciembre. p. 71.
120. ICA. 1992. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 7.
121. ICA. 1992. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Enero-Febrero. p. 8.
122. ICA. 1992. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Mayo-Junio. p. 35.
123. ICA. 1992. Notas y Noticias Entomológicas (NNE). Septiembre-October. p. 60.
124. Medina, P., A. Saldarriaga & L. Pérez. 1992. Biología de *Amitus fuscipennis* (Mac Gown & Nebeker) bajo tres condiciones ecológicas en Rionegro (Antioquia). Resúmenes XIX Congreso Soc. Col. Entomol., Manizales. p. 18.
125. Mound, L. A. & S. H. Halsey. 1978. Whitefly of the World. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemies data. London. British Museum of Natural History. 340 pp.
126. Posada, F. 1993. Apuntes y colección de moscas blancas. Archivo personal. 1988-1993.
127. Posada, L. 1992. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Boletín Técnico No. 43. 662 pp.

128. Russell, L. M. 1963. Host and distribution of five species of *Trialeurodes* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals Entomol. Soc. America*. 56: 149-153.
129. Saldarriaga, A., J. Jaramillo & A. Alvarez. 1987. Enemigos naturales del *Trialeurodes vaporariorum* en el Valle de Aburrá y Oriente Antioqueño. Resúmenes XIV Congreso Soc. Col. Entomol., Bogotá. p. 17.
130. Saldarriaga, A., J. Jaramillo & A. Alvarez. 1987. La mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* un transmisor del amarillamiento de venas de la papa. Resúmenes XIV Congreso Soc. Col. Entomol., Bogotá. p. 61.
131. Saldarriaga, A., A. Alvarez & J. Jaramillo. 1988. Efecto del amarillamiento de venas transmitido por *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) en papa. *Rev. Colombiana Entomol.* 14(2): 3-8.
132. Saldarriaga, A. 1993. Apuntes y colección de moscas blancas. Archivo personal 1975-1993.
133. Urueta, E. 1973. Insectos y ácaros que afectan el cultivo del cacao en la región de Urabá. Secretaría de Agricultura de Antioquia. Medellín, Colombia. 23 pp.
134. Vélez, R. 1973. Lista de insectos identificados para el museo entomológico de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional, Medellín. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín (Colombia)* 28(2): 72-89.

Tabla 1. Lista de plantas hospedantes de la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) halladas en Colombia.

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
MONOCOTILEDONEAS		
Ciperaceae	<i>Scleria ptereta</i> Presl.	Curibano, cortadera
Iridaceae	<i>Gladiolos communis</i> L.	Gladiolo
DICOTILEDONEAS		
Amaranthaceae	<i>Amaranthus dubius</i> Mat.	Bledo
Acardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Pimienta
Balsaminaceae	<i>Impatiens balsamina</i> L.	Besitos
	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	Caracucho
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Gualanday
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i> L.	Borraja
Cannabinaceae	<i>Cannabis sativa</i> L.	Marihuana
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya
Caryophyllaceae	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	Clavel
	<i>Drymaria cordata</i> (L.)	Pegapinto
	<i>Gypsophila repens</i> L.	Gasas, gipsofila
Cesalpinaceae	<i>Delonix regia</i> (Boyer)	Clavellino
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro
Compositae	<i>Ageratum canyroides</i> L.	Chuva
	<i>Anthemis nobilis</i> L.	Manazanilla
	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Falso piretro
	<i>Biden pilosa</i> (L.)	Cadillo, masiquia
	<i>Calendula officinalis</i> L.	Caléndula
	<i>Chrysanthemum indicum</i> L.	Crisantemo
	<i>Dahlia variabilis</i> Desf.	Dalia
	<i>Emilia coccinia</i>	Lechosa
	<i>Emilia sanchifolia</i>	Huye que te cojo
	<i>Franseria artemisioides</i> W.	Altamisa
	<i>Galinsoga caracassana</i> (D. G.)	Guasca
	<i>Helianthis annuus</i> L.	Girasol
	<i>Helichrysum orientale</i> Taur.	Inmortales
	<i>Matricarina chamomilla</i> L.	Manzanilla
	<i>Melampodium divaricatum</i>	Botón de oro
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja
	<i>Spilanthes americana</i> (Mutis)	Chisaca
	<i>Tagetes patula</i>	Gallinaza
	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg	Diente de león
Convolvulaceae	<i>Ipomea trifida</i> (H.B.K.)	Batatilla

Tabla 1, continuación

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
Cucurbitaceae	<i>Citrillus vulgaris</i> Schrad	Sandía
	<i>Cucumis sativus</i>	Pepino
	<i>Cucurbita maxima</i> Duch	Ahuyama
	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Victoria
	<i>Luffa cylindrica</i> (L.)	Estropajo
Cruciferae	<i>Brassica oleracea</i> D. C.	Col
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.	Remolacha
	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Paico
Euphorbiaceae	<i>Manihot utilissima</i> Pohl.	Yuca
Geraniaceae	<i>Begonia</i> spp	Begonia
	<i>Pelargonium peltatum</i> Ait.	Novio
	<i>Pelargonium zonale</i> Ait.	
Labiatae	<i>Coleus blumei</i>	Coleo
	<i>Mentha</i> spp	Yerba buena
	<i>Ocimum basilicum</i> (L.) Willd	Albahaca
	<i>Sphacele salvaefolia</i> Brent	Salvia roja
	<i>Hyptis atrorubens</i> Point	Peludita
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Miller	Aguacate
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Astromelia
Malvaceae	<i>Abutilon</i> sp	Abitilón
	<i>Althaea rosea</i> Cav.	Malvavisco de flor
		San Joaquín
	<i>Hibiscus grandiflorus</i> Michx	San Joaquín
	<i>Hibiscus</i> sp	Malva
	<i>Malva silvestris</i> L.	Malva blanca
	<i>Malvastrum peruvianum</i>	
Melastomataceae	<i>Tibouchina lepidota</i>	Siete cueros
Mimosacea	<i>Mimosa</i> sp	Zarza
Mirtacea	<i>Eucaliptus</i> sp	Eucalipto
	<i>Feijoa sellowiana</i> Berg	Guayabo
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	
Oxalidaceae	<i>Oxalis carniculata</i> L.	Acedera
	<i>Oxalis latifolia</i> H.B.K.	Falso trébol

Tabla 1, continuación

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i> var <i>humilis</i>	Habichuela
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	
	<i>Pisum sativum</i> L.	Frijol
	<i>Trifolium</i> sp	Arveja Trébol, carretón
Passifloraceae	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	Granadilla
Phytolaccaceae	<i>Rivini humilis</i> L.	Coralillo
Poligonaceae	<i>Polygonum segetum</i> H.B.K.	Barbasco
	<i>Rumex crispus</i> L.	Lenguavaca
Rosaceae	<i>Rubus glaucus</i> Benth	Mora
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp	Naranja
	<i>Murraja exotica</i> L.	Azahar
Solanaceae	<i>Ruda graveolens</i> L.	Ruda
	<i>Capsicum annum</i> L.	Ají grande
	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Ají pajarito
	<i>Cyphomandra betacea</i> (Cau.)	Tomate de árbol
	<i>Datura arborea</i> L.	Borrachero
	<i>Lycopersicum esculentum</i> Miller	Tomate de huerta
	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	
	<i>Petunia nyctaginiflora</i> Juss.	Tabaco
	<i>Petunia violacea</i> Lindl.	Conservadora blanca Conservadora morada
	<i>Physalis angulata</i>	Vejjigón
	<i>Physalis peruviana</i> L.	Ochua
	<i>Physalis exocarpa</i>	Tomatillo
	<i>Solanum mammosum</i> L.	Friega platos
<i>Solanum nigra</i> Sendt	Yerba mora	
<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.	Mirto	
<i>Solanum macroanthum</i> Don.	Lulo arbóreo	
<i>Solanum quitoense</i> Lam	Lulo	
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Papa	
<i>Solanum umbellatum</i> Mill		
Umbelliferae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Arracacha
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Lantana

Tabla 2. Duración promedio, en días del ciclo de vida de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). bajo tres condiciones: Laboratorio. Invernadero y Campo abierto. en los hospedantes frijol y crisantemo.

Estado	Frijol			Crisantemo		
	Laboratorio	Invernadero	Campo	Laboratorio	Invernadero	Campo
Huevo	9.6	11.7	10.5	9.8	13.2	11.3
Instar I	4.6	6.6	7.4	6.1	6.8	7.5
Instar II	4.9	4.8	5.3	10.2	6.4	5.7
Instar III	3.8	5.4	3.8	8.4	4.3	4.5
Instar IV	4.6	4.6	8.7	6.2	4.9	10.6
Pupa	7.1	6.9	9.2	9.4	9.4	11.5
Total	34.6	40.0	44.9	50.1	45.0	51.1
T. C min-max	13-22	9 - 28	11-24	13-22	9-28	11-24
H.r. min-max	78-100	60-100	61-100	78-100	60-100	61-100

Tabla 3. Enemigos naturales de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) registrados en Colombia.

Nombre científico	Localidad (es)	Fecha de registro	Referencia
Clase Insecta			
Hemiptera: Anthocoridae <i>Orius</i> sp	Yumbo (Valle)	Dic./87	108
Neuroptera: Chrysopidae <i>Chrysopa</i> sp	Fusgasugá (Cund.)	Abril/85	56
Coleoptera: Coccinellidae <i>Delphastus pusillus</i> (Leconte)	Anolaima (Cund.)	Agosto/87	69
Diptera: Syrphidae Sin determinar <i>Baccha</i> sp	Medellín (A.) Medellín (A.)	Mayo/87 Abril/93	
Hymenoptera: Mymaridae <i>Anagrus</i> sp	V. del Cauca	Dic/87	105
Hymenoptera: Eulophidae <i>Encarsia</i> sp	Rionegro (A), Fusa (C.), Yumbo (V.), Tenerife (V.)	varias	105, 108, 126, 132, 77
<i>Encarsia formosa</i>	Medellín (A.)		126, 132
Hymenoptera: Platygasteridae <i>Amitus</i> sp	Yumbo (V.), Tenerife (V.) Rionegro (A.), Urrao (A.)		108, 116, 134
<i>Amitus fuscipennis</i>	Anolaima (C.), Puerrez (Nar.) Rionegro, Medellín (A.)	Dic./87	69, 73, 6, 84, 132
Hymenoptera: Formicidae Sin determinar <i>Wasmania auropunctata</i> (Ro.)	Medellín (A.) Anolaima (C.)	Abril/93 Dic/87	132 88
Hymenoptera: Vespidae <i>Epipona guerini</i> (Saussure)	Rionegro (A.)	Abril/86	65

Nombre científico	Localidad (es)	Fecha de registro	Referencia
Entomopatógenos			
Hongos Hyphomycetos			
<i>Verticillium lecanii</i> (Zimm.)	Rionegro (A.),	Feb/85	55
	Fusagasugá (C.),	Abril/85	61
	Urrao (A.)	Dic/87	94
	Carmen de	Dic/87	100
	Viboral (A.)		
<i>Cladosporium</i> sp. (saprofítico)	Rionegro (A.)	Feb/85	55
	Fusagasugá (C.)	Abril/85	61

Tabla 4. Duración promedio en días, del ciclo de vida del *Amitus fuscipennis* MacGown & Nebeker, bajo tres condiciones: Laboratorio, Invernadero y Campo abierto, en los hospedantes frijol y crisantemo.

Estado del insecto	Frijol			Crisantemo		
	Laboratorio	Invernadero	Campo	Laboratorio	Invernadero	Campo
oviposición a melanización	25.9	26.9	29.9	29.3	34.1	31.6
oviposición a pupa	29.5	33.2	42.1	33.0	37.6	45.5
oviposición a emergencia	35.9	42.4	53.7	44.5	46.4	66.5
T. C max-min	22.1-16.0	24.7-14.1	23.6-12.6	22.1-14.4	25.0-14.4	23.5-12.2
H.r. % max-min	90.2-74.6	95.3-69.6	100.0-63.3	89.1-74.0	95.0-66.0	100.0-64.0

MANEJO DE *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) EN CULTIVOS DE ORNAMENTALES BAJO INVERNADERO

Alejandro Madrigal C.¹

Resumen

El control de *T. vaporariorum* por métodos químicos se hace cada vez más difícil por diferentes razones, de las cuales, las que actualmente cobran mayor vigencia son sus altos niveles de resistencia a los insecticidas y las restricciones que el mercado internacional está imponiendo a las flores con residuos de plaguicidas.

En esta conferencia se exponen diversas alternativas para el manejo de este insecto, que integradas con el manejo adecuado de productos químicos, permite reducir costos de producción, lograr mayor eficiencia y minimizar problemas ambientales y de mercadeo internacional de los productos exportados.

Entre estas alternativas se incluyen microbiales como el *Verticillium lecanii*; parasitoides como *Encarsia formosa* y *Amitus fuscipennis*; jabones; detergentes; aceites vegetales de cocina; aceites minerales; extractos de plantas y uso de diferentes tipos de trampas.

Todo lo anterior apoyado con un buen programa de monitoreo, permite un manejo seguro económico y eficiente.

Introducción

La dependencia tradicional del control químico como una estrategia en la pretensión de reducir las poblaciones de la mosca blanca y otros insectos de los invernaderos desencadenó, en las últimas décadas, una carrera tan acelerada en el desarrollo de nueva moléculas por parte del hombre y de mecanismos de resistencia contra éstas por parte de los insectos, que desbocó en situaciones netamente desfavorables para los productores del sector como son el incremento en los costos de producción, las severas restricciones que está imponiendo el mercado internacional y la pérdida de productos que antes ofrecían buen control.

En este trabajo se pretende revisar las posibilidades de aplicación de diferentes estrategias de control de la mosca blanca de los invernaderos y aportar resultados de recientes ensayos cuyo objetivo era la evaluación comparativa de productos o métodos, incluido el químico.

¹ Universidad Nacional. Facultad de Ciencias. Medellín.

Control químico

El control de plagas tiene una amplia gama de posibilidades, de las cuales desafortunadamente, solo se ha hecho uso consistentemente del control químico, e incluso siendo el único que se ha venido aplicando en forma continua, no se ha manejado correctamente, desencadenándose como consecuencia de este mal uso una compleja problemática que comprende resistencia, deficiencias en el control de varias especies plaga, elevados costos de producción, limitaciones en el mercado de la flor por presencia de residuos tóxicos, contaminación de aguas subterráneas y riesgos para la salud humana, entre otros (Castresana, 1990; Francis, 1984; Madrigal, 1989).

La Tabla 1 presenta los productos recomendados en la actualidad contra mosca blanca.

Las aplicaciones frecuentes de plaguicidas para proteger cultivos valiosos, son típicas en la agricultura intensiva. En Japón por ejemplo, *T. vaporariorum* pasó en un período de cuatro años de ser un insecto recién registrado a una seria plaga en invernaderos en todo el país, como consecuencia de los esfuerzos por controlarla químicamente (Nakazawa, 1981, citado por Dan Gerling, 1990).

En la aplicación del control químico es fundamental un buen programa de monitoreo para determinar la necesidad y oportunidad de cada aplicación y evitar así las aplicaciones calendario. Así mismo, las técnicas de aplicación son definitivas en el éxito del control y deben tener muy en cuenta el modo de acción del producto; así, un insecticida de contacto contra mosca blanca, debe colocarse en el envés de las hojas y esto sólo puede lograrse mediante aspersión con gota fina (Lindquist, 1989c).

El uso de productos de amplio espectro es nefasto para las poblaciones de enemigos naturales y además la mejor forma de lograr que muchos insectos considerados plagas ocasionales o secundarias alcancen e incluso superen en gravedad a las que estamos manejando como plagas claves; por lo tanto debe recurrirse en la medida de las posibilidades al uso de productos selectivos y a la rotación de los mismos.

El gran debate de las mezclas

Mehugh, J.B. (1991)

La mayoría de los productores mezclan varios insecticidas en una misma aplicación. Generalmente mezclan uno de un grupo (ej. Orthene®) con otro de grupo diferente (como Talstar®). La razón: si la población incluye moscas blancas resistentes a uno de los químicos, éstos se matan con el otro.

Precaución: en vez de controlar, usted puede estar ocasionando un problema mayor si su población incluye individuos resistentes a ambos productos.

Tabla 1. Insecticidas recomendados para control de *T. vaporariorum*. Elaborado con datos de Francis (1984), Mac Govern (1989), Lindquist (1989a) y Cardona *et al* (1991).

Insecticida	Grupo
Bifentrin Ciflutrin Fenpropatrin Deltametrina Cipermetrina Permetrina Resmetrina	Piretroides
Endosulfan	Organoclorados
Naled Sulfotepp+ Diclorvos + Corpirifos Phosalone Acefate ++ Malation Diazinon Vapona Monocrotofos	Organofosforados " " " " " " " " "
Carbaril Aldicarb ++ Oxamil ++ Metomil ++ Bendiocarb Carbofuran Carbosulfan	Carbamatos " " " " " "
Enstar Buprofezin (Applaud)	Regulador de crecimiento "
Abamectina ++ Triflubenzuron Jabón insecticida Aceite mineral Aceites vegetales Extracto de semillas de Neem	Avermectina Benzoil Fenil Urea-Reg. crecimiento Grasa orgánica Derivado del petróleo Aceite orgánico Vegetal - Reg. crecimiento

- + Son efectivos solamente contra adultos
 ++ Productos con acción sistémica o translaminar

Se puede propiciar resistencia múltiple.

Estrategia: use sólo un determinado grupo de insecticidas por ciclo de la plaga y cambie a otro grupo en el ciclo siguiente. Así puede prolongar la vida útil de los productos.

Control biológico

El conocimiento de los complejos de agentes de control natural, su evaluación sobre hospedantes naturales y potenciales y sus posibilidades de uso en diferentes cultivos y bajo diferentes tipos de situaciones, constituye a su vez una nueva actividad científica y tecnológica de grandes proyecciones.

Con respecto a *T. vaporariorum*, McHugh (1991), anota como los predadores con mayor opción a *Delphastus pusillus*, *Chrysopa* sp. y *Orius* spp. los cuales tienen un amplio rango de presas y pueden además ayudar en el control de trips, pulgones y otros insectos dañinos.

Según Parella *et al* (1992), *D. pusillus*, por su gran voracidad, capacidad para detectar plantas con poblaciones altas de moscas blanca y para rechazar ninfas parasitadas, se considera un buen agente de control contra *T. vaporariorum*.

Entre los parasitoides, *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) ha venido siendo ampliamente utilizado hace cerca de sesenta años en Europa para el control de esta plaga. Existen técnicas muy depuradas para la cría y manejo de este parasitoide, pero en el país apenas sí se está trabajando en muy pequeña escala. Gerling (1990) registra nueve especies de *Encarsia* sobre *T. vaporariorum* en diferentes regiones del mundo (Tabla 2). Otro parasitoide de amplia distribución natural en Colombia sobre *T. vaporariorum* es *Amitus fuscipennis*, para el cual no se han desarrollado técnicas de cría masiva.

Tabla 2. Especies de *Encarsia* registradas parasitando *Trialeurodes vaporariorum* (tomado de Gerling, 1990).

Especie	Posible origen	Referencia
<i>E. deserti</i>	S.W. USA	Gerling, 1967
<i>E. formosa</i>	S.W. USA	Gerling, 1990
<i>E. lutea</i>	Mediterráneo	Viggiani, 1990
<i>E. luteola</i>	E. USA	Gerling, 1990
<i>E. meritoria</i>	California	Gerling, 1990
<i>E. partenopea</i>	Europa y Mediteráneo	Gerling, 1990
<i>E. pos transvena</i>		Gerling, 1990
(= <i>sublutea</i>)	--	Gerling, 1990
<i>E. tricolor</i>	--	Gerling, 1990
<i>E. pergandiella</i>	--	Gerling, 1966a

El componente de Control Biológico en los programas de Manejo Integrado de Plagas de invernadero y particularmente sobre mosca blanca es de gran importancia pero es preciso fundamentarlo con estudios básicos sobre biología, hospederos, plantas sobre las que puedan desarrollarse bien las crías, condiciones óptimas para su cría, liberación y trabajo en el campo; épocas óptimas para su liberación, etc. que tienen algunos costos. Es injusto esperar como lo hacen los floricultores que en el primer intento de cría todo resulte exitoso, sin hacer siquiera ajustes a las técnicas desarrolladas en otras latitudes. Se olvidan que el "ecosistema" (o "quimiosistema") donde se están colocando las avispidas para que trabajen es completamente hostil.

Por lo anterior, es preciso si se pretende establecer programas de manejo integrado con el componente biológico evaluar a nivel de cada cultivo los diferentes agentes e insumos biológicos disponibles, su compatibilidad con otros componentes del proceso de producción. En resumen, son importantes, entre otras, las siguientes recomendaciones:

1. Utilice el control biológico, no como única estrategia sino como un componente de un programa de MIP.
2. Establezca metas para cada etapa del proyecto y evalúe su cumplimiento.
3. Estudie el posible efecto de los plaguicidas que ha usado dentro de los tres meses anteriores para evitar problemas con residuos.
4. Estudie bien la lista de agentes potenciales (candidatos) para control del insecto blanco, antes de seleccionar los que va a usar.
5. Procure la mayor diversidad en su sistema de control biológico.
6. Haga las modificaciones ambientales necesarias, de acuerdo con sus requerimientos y limitaciones, para favorecer a los insectos benéficos.
7. Libere los agentes benéficos cuando la población del hospedero aún esté baja. Considere liberaciones preventivas.
8. Haga monitoreo de plagas y benéficos.
9. Prepárese para manejar algunas plagas secundarias y posibles vectores de enfermedades de plantas.
10. Cuando reciba remesas de benéficos, evalúe su viabilidad y libérelos tan pronto como sea posible.

Control microbial

Aunque son muchos los entomopatógenos registrados actuando sobre la mosca blanca de los invernaderos (Tabla 3), todos ellos corresponden al grupo de los hongos y de éstos, sólo *Aschersonia aleyrodis* y *Verticillium lecanii* han sido explorados como potenciales para el control de este insecto en diferentes cultivos; el primero presenta dificultades para establecerse en los invernaderos pero es menos exigente en cuanto a condiciones de humedad, por lo tanto sería necesario aplicarlo con mayor frecuencia, mientras que *V. lecanii* se establece y permanece pero su virulencia se reduce considerablemente si la humedad relativa es baja y requiere también humedad en la superficie foliar. A pesar de esto, existen formulaciones comerciales de *V. lecanii* que han mostrado excelentes controles; de otro lado la multiplicación artesanal del hongo sobre arroz precocido es muy sencilla y económica. Vale la pena anotar además que aplicaciones del hongo en un portador con base en aceite vegetal, ha mostrado buena eficiencia aún en condiciones críticas de humedad. Es además relevante la información de Fransen (1990), citado por Gerling (1990) quien afirma que *Beauveria bassiana* causa mortalidades de 90.6%, 67% y 21.3% respectivamente, en huevos, ninfas y pupas de *T. vaporariorum*, lo que sugiere que éste puede ser un patógeno de gran potencial, máxime si se tiene presente que ninguno de los demás hongos registrados sobre esta especie parece afectar el estado de huevo.

Tabla 3. Hongos entomopatógenos registrados atacando *Trialeurodes vaporariorum*

<i>Acremonium</i> sp.	Riba & Entchera, 1984
<i>Aschersonia aleyrodis</i>	Mains, 1959
<i>Aphanocladium album</i>	Entchera, 1979
<i>Beauveria bassiana</i>	Borisov & Vinokurova, 1983
<i>Fusarium verticilloides</i>	Riba & Entcheva, 1984
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Borisov & Vinokurova, 1983
<i>P. fumosoroseus</i> var. <i>beijingensis</i>	Fang <i>et al</i> , 1985; Fang <i>et al</i> , 1986
<i>Trichothecium roseum</i>	Riba & Entcheva, 1984
<i>Verticillium fusisporum</i>	Ekbom & Ahman, 1980
<i>Verticillium lecanii</i>	Hussey, 1958; Hall, 1982

Fang *et al* (1986) citados por Gerling (1990) anotan que *Paecilomyces fumosus roseus* var. *beijingensis* alcanza controles de 81% sobre ninfas, 66% sobre pupas y 41% sobre adultos de *T. vaporariorum*. No se tiene noticia de ningún trabajo con este hongo realizado en Colombia pero según los datos de Fang *et al* (1986) sería muy importante conocer sus requerimientos ambientales para establecer sus posibilidades de uso.

Control mecánico

Para el caso de la mosca blanca de los invernaderos, minador, trips y otros insectos dañinos en los cultivos de flores para exportación se han venido aplicando entre otras: máquinas

aspiradoras tipo D-vac que han mostrado gran efectividad para reducir poblaciones y su uso debe calibrarse y evaluarse complementariamente con las labores de monitoreo. Un pase de la máquina puede ser suficiente para que la población pase a estar por debajo del nivel económico de daño; el uso de barreras, mallas o barreras de amplio uso en invernaderos europeos constituye un valioso apoyo; existen mallas comerciales con especificaciones precisas según el insecto que se pretende controlar como son Polyspon, Visqueen, Vispore o Insect-barrier, diseñadas con base en mediciones del ancho del torax de los insectos-blancos. La Tabla 4 da una idea de algunas de estas especificaciones. Experiencias recientes en cultivos del Oriente Antioqueño han permitido mostrar cómo es posible reducir de 13 a 7 u 8 aplicaciones por cosecha con solo encerrar con malla los invernaderos (Lindquist, 1989b; McHugh 1991).

Tabla 4. Mallas para exclusión de insectos.

Insecto	Tamaño máximo de los orificios (micras/pulgada)
<i>Bemisia tabaci</i>	462/0.018
<i>Liriomyza trifoli</i>	640/0.025
Afido del melón	340/0.013
<i>Frankliniella occidentalis</i>	192/0.0075

Fuente: Bethken, J.A. En: Horticultural Engineering Newsletter. 1990.

Control físico

Medidas como manejo de la temperatura, manejo de la humedad, uso de trampas adhesivas de colores, corrientes de aire en sitios críticos de entrada del insecto, uso de coberturas o superficies refléxicas, tienen gran aplicabilidad como labores de apoyo en la reducción de poblaciones dañinas de diferentes insectos. Las labores a usar, la forma y el momento de usarlas, dependen del cultivo, de las plagas que se pretenda controlar y de las condiciones ambientales del sitio. En este sentido Lindquist (1989b) destaca la aplicación de este tipo de controles en cultivos de flores contra mosca blanca.

Como una aplicación del control físico y el mecánico, el uso de trampas de colores, con materiales adhesivos ha tenido gran aplicación, no solamente como técnica de monitoreo de plagas sino también como ayuda al control ya que su uso adecuado puede ayudar significativamente en la disminución de poblaciones de adultos. Son muchos los tipos y tamaños de trampas, así como los materiales con los cuales se pueden fabricar, según la imaginación del técnico y su personal; madera, cartón, acrílico y plástico son los más comunes. En cuanto al color, el amarillo ha mostrado ser el más atractivo para *T. vaporariorum*.

Así mismo deben ensayarse diferentes tipos de pegantes con el objeto de seleccionar el que resulte más económico, eficiente y fácil de manipular. En empresas del oriente antioqueño, durante seis semanas se evaluaron cinco pegantes: Valtac[®], aceite de palma, aceite de tiempo, valvulina y "aceite de maní". Este último en realidad es aceite de palma previamente usado, en industria de confitería, para fritura del maní. El más eficiente fue la valvulina.

Una de las formas de aplicar estos principios ha sido la colocación en los invernaderos de una banda periférica a nivel del piso y de 1.0 a 1.20 m de altura de plástico color amarillo el cual se asprja con el pegante seleccionado. Esta trampa se ha evaluado para determinar capturas por sus dos caras. Valtac[®] y valvulina capturaron mayor número de adultos de mosca blanca por su cara interna que por su cara externa, lo cual indica que serían los más recomendables. Si se tiene en cuenta la captura total, tendríamos que optar por la valvulina; los otros tres pegantes, al capturar más adultos por su cara externa, parece ser que atraen más insectos del exterior hacia el cultivo. Lo anterior permite sugerir que se evalúe una banda periférica de similares especificaciones a las de este ensayo pero de color amarillo por dentro y negro o rojo hacia afuera.

Control cultural

Se refiere a todas las labores que pretenden asegurar las condiciones óptimas para la planta y en lo posible desfavorables para sus agentes dañinos. Para el caso específico de la mosca blanca de los invernaderos, podría citarse entre otras: uso de variedades resistentes, siembras uniformes, deshojes, destrucción de residuos de cosecha inmediatamente después de ésta, manejo de hospederos alternos en el invernadero y áreas aledañas, entre otras (Lindquist, 1989a; Madrigal, 1985).

Valdría la pena dedicar algunos esfuerzos y recursos en la evaluación de los materiales que se están produciendo en relación con su resistencia a mosca blanca, trips y minadores y el análisis económico del posible cambio en la composición de lo que se está sembrando, pues existen variedades de crisantemo como Penny lane y Hoof lane que son prácticamente inmunes a estos insectos y cuyos extractos están siendo evaluados en cuanto a su acción deterrente sobre la mosca blanca.

No menos importante es el estudio de altura de soca, longitud que se deshoja en las ramas y el desarrollo de curvas de crecimiento por variedades, lo que permitirá conocer en forma muy aproximada hasta qué momento se pueden soportar algunas poblaciones de plaga, e incluso residuos químicos en el tejido si se quisiese ver de otra forma.

Tampoco se ha evaluado el efecto de diferentes niveles de suministro de nutrientes en el comportamiento de los insectos que atacan a estos cultivos, donde seguramente se podrían detectar interesantes claves para el manejo de los mismos.

Nuevas estrategias

Ante la compleja problemática ya planteada en relación con el control tradicional de las plagas, han venido surgiendo nuevas propuestas, algunas de las cuales ya han venido siendo evaluadas en cuanto a sus posibilidades específicas contra la mosca blanca, son ellas:

- Jabones insecticidas (grasas ácidas de sales de K)
- Aceites hortícolas ultrarefinados (Sunspray®)
- Aceites vegetales (girasol, coco, soya, palma, algodón, maíz)
- Aceites minerales (emulsiones)
- Reguladores del crecimiento de los insectos
ENSTAR® (kinoprene)
AZATIN® (IGR y repelente)
MARGOSAN-O® (IGR y repelent)
BUPROFEZIN (Applaud®)
- Detergentes
- Jabones de barra
- Jabones líquidos
- Extractos de plantas (neem, fique, crisantemo var. Penny lane y Hoof lane, tabaco, riania, etc.).

Jabones insecticidas

Son mezclas de grasas ácidas y sales de potasio formuladas en forma líquida que están disponibles en el mercado para el control de mosca blanca, trips, pulgones y ácaros, insectos de cuerpo blando; actúan en ninfas y pupas alterando el balance (potencial osmótico) de las células. McHugh (1991) agrega que los jabones insecticidas pueden repeler los adultos lo que repercute en menor número de posturas sobre las plantas tratadas.

Madrigal *et al* (1992) evaluaron tres programas de control de mosca blanca de los invernaderos y lograron buen control con tres aplicaciones de jabón insecticida y dos de *Verticillium lecanii* durante la cosecha.

Aceites vegetales

Butler and Hennebeny (1989, 1990) han evaluado gran variedad de aceites vegetales para el control de pulgones, trips, moscas blancas y ácaros con resultados muy alentadores. Madrigal y Duque (1993) evaluaron aceites de girasol, coco, soya, oliva y maíz, con resultados satisfactorios para el de girasol y el de coco en el control de adultos y para el de girasol y soya en el control de ninfas de *T. vaporariorum*; registrando además mermas en costos de producción de aproximadamente \$600.000 por hectárea durante la cosecha.

En otro ensayo realizado por los mismos autores en 1993 se comparó un programa de 7 aplicaciones de aceite S&S con un testigo comercial que tuvo 13 aplicaciones de insecticidas. En el tratamiento fue necesario hacer una aplicación de Dipel para control de *Heliothis* y una de pirimicarb para control de pulgones. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Ensayo: aceite S&S 0.54%, Semanas 2a. a 8a. + DIPEL + PIRIMOR
 (IA: Índice de adultos de mosca blanca, NS: ninfas sanas de mosca blanca, PS: pulgones sanos). 3 Rep.

PROMEDIO GLOBAL						
Tratamiento			Fecha	Testigo comercial		
IA: 0.071	NS: 0.104	PS: 0.003		IA: 0.003	NS: 0.00	PS: 0.00
					Producto	Dosis/ha
			Enero	7	Hostation + Malation	2l. + 5l
			Enero	16	Padan	1.25 k
				24	Metavin	1.4 k
				30	Metavin	1.4 k
			Febrero	2	Dipel	1 k
				6	Evisect	3 k
				12	San Mite	1.28 k
				14	Padan	1.25 k
				22	Metavin	1.4 k
				25	Furadan + Malation	4l. + 5l
				28	Evisect	3 k
			Marzo	6	Decis + Malation	2l. + 5l
				15	Lannate	3.5l
Valot total/ha = \$103.272.00			\$845.659.22*		Valor total/ha = \$948.931.22	

* Valor diferencial del valot total/ha Testigo comercial - Valor total/ha Tratamiento

Jabones y detergentes

Cada día cobra más fuerza el uso de este tipo de productos para el control de pulgones, trips, mosca blanca y otros insectos en plantas de frutales, ornamentales y hortalizas como tomate. Las pocas evaluaciones que hasta el momento se han realizado muestran resultados muy satisfactorios, especialmente con los jabones de barra Dersa® y "Coco Varela"® y el detergente Fab®. Esto no implica una recomendación específica de estos productos. Es preciso evaluar su acción insecticida sobre la plaga que se desea controlar y posible fitotoxicidad sobre las especies de plantas en las que se pretenden utilizar. En ambos casos las dosis recomendadas son bajas, podrían evaluarse en un rango de 0.1 a 1%.

Los jabones líquidos se han venido utilizando como emulsificantes de los aceites vegetales, en concentraciones de 0.2 a 0.4%.

Extractos de plantas

Por el auge que a nivel mundial se está dando al uso de productos naturales y entre éstos a los extractos de plantas, podría afirmarse que éstos constituyen la próxima generación de insecticidas. Es abundante la literatura sobre el tema y cada día aparecen en el mercado nuevos productos de esta línea; a manera de ejemplo, Neem (*Azadirachta indica*), Melia (*Melia azaderach*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), *Ryania speciosa*, fique (*Fourcraea cabuya*), crisantemo *Dendranthema grandiflora* var. Penny lane y var. Hoof lane) y ajo (*Allium cepa*).

Ampliamente conocidos son ya el AZATIN® y el MARGOSAN-O, a base de semilla de Neem, en el control de mosca blanca y trips (Parella 1992, Lindquist, 1989a, 1992).

Madrigal y Arbelaez (1993) evaluaron en La Ceja (Ant.) extractos de Neem (3.5%), fique (10%) y crisantemo variedad Penny lane (3%) con resultados ampliamente satisfactorios en el control de mosca blanca y pulgones, mas no así para trips en las dosis utilizadas.

Manejo integrado

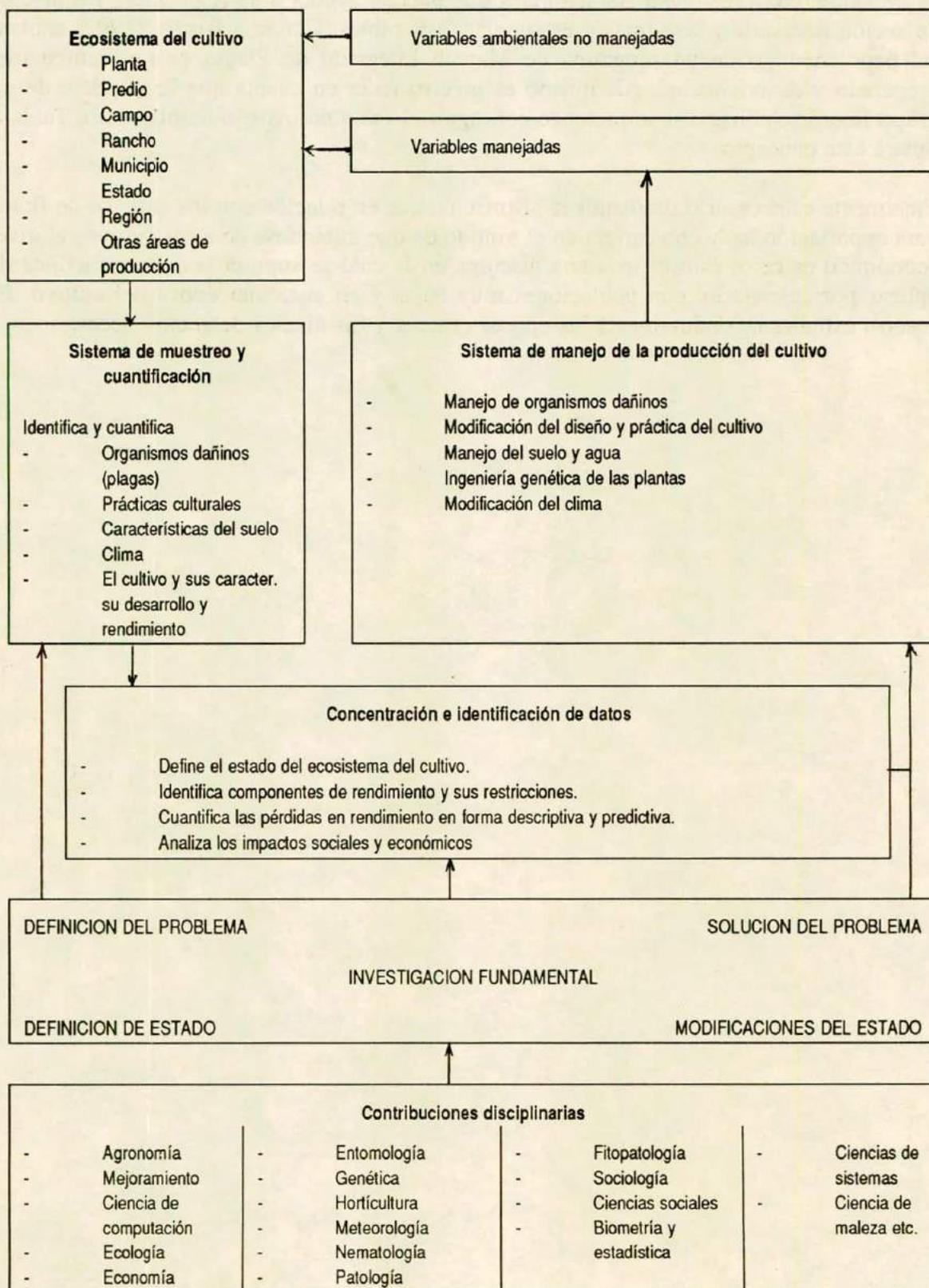
Consiste en la aplicación inteligente de todas las estrategias disponibles de control, una vez se tenga claridad sobre la existencia real y la gravedad de un problema insectil en el cultivo. Se pretende con ésto descartar las aplicaciones calendario y concientizar al técnico de que existe un gran menú de alternativas para seleccionar las que de acuerdo con las características del cultivo y del insecto dañino y las condiciones ambientales del lugar puedan tener mayor impacto sobre la población dañina.

Vale la pena traer acá una frase del Dr. César Cardona: "Para el control integrado no existe libreto", cada cultivo, cada momento del mismo, cada complejo insectil, cada época ambiental, impone la aplicación de programas y estrategias diferentes y ésto le imprime al trabajo mayores expectativas. Sin embargo, sí es preciso tener siempre en cuenta la necesidad de un buen conocimiento del cultivo (fisiología y ecología), especies insectiles

o acarinas que lo atacan (biología, hábitos, ecología, épocas de ocurrencia, parte que ataca de la planta, etc.), los enemigos naturales que puedan ayudar a su regulación; los niveles de acción necesaria y las armas o estrategias disponibles; García y Byerly (1992) anotan: "el peor enemigo de un programa de Manejo Integrado de Plagas es un técnico mal preparado y desorientado". Así mismo es preciso tener en cuenta que se requiere de un grupo interdisciplinario si se pretende conseguir el éxito en manejo de plagas; la Tabla 6 ilustra este concepto.

Finalmente es necesario desmentir la afirmación que en relación con los cultivos de flores para exportación ha hecho carrera en el sentido de que tratándose de estos cultivos el nivel económico es cero; ésto es más una disculpa en la cual se soporta la cultura facilista de aplicar por calendario, con poblaciones muy bajas y en cualquier época del cultivo. Es preciso estudiar cuidadosamente las épocas críticas y los niveles de acción necesarios.

Tabla 6. Marco para el manejo inteligente del cultivo.



BIBLIOGRAFIA

- Butler, G.C. Jr. and T.J. Henneberry. 1989. Sweet potato Whitefly migration, population increase, and control on lettuce with cottonseed oil sprays. En: Southwest Entomol. 13: 81-86.
- Butler, G.D. Jr. and T.J. Henneberry. 1990. Pest control on vegetables and cotton with household cooking oils and liquid detergents. Southwest Entomol. 15: 123-131.
- Cardona M., C., P. Prada, A. Rodríguez, J. Ashby y C. Quiros. 1991. Bases para establecer un programa de manejo integrado de plagas en habichuela en la provincia de Sumapaz (Colombia). CIAT. Documento de Trabajo No. 86. 78 p.
- Castresana, E. 1990. La mosca blanca de los invernaderos. Rev. ASOCOLFLORES No. 22: 22-29.
- Francis, J. 1984. Plant pests, diseases and pollution disorders. En: Plants for profit. Ed. Andman Press. USA. pp. 127-158.
- García S., C. y K.F. Byerly M. 1992. Enfoque de investigación sobre manejo integrado de problemas fitosanitarios sobre manejo integrado de problemas fitosanitarios. En: Métodos de control de mosca blanca en hortalizas. Cento Nal. de Ref. de Control Biológico. México. pp. 126-148.
- Gerling, D. 1990. Natural enemies and whiteflies: Predators and parasitoids. En: Whiteflies: Bionomics, pest status and management. Dan Gerling ed. Intercept. Ltd. U.K. 348 pp.
- Lindquist, R.K. 1989a. Mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*: Biología, ciclo de vida, rango de hospederos y control. En: primer curso sobre manejo de plagas en ornamentales. Bogotá. Asocolflores. 350 pp.
- Lindquist, R.K. 1989b. New pesticidal methods that may help you to manage insect and mite pests. En: Primer curso sobre manejo de plagas en ornamentales. Asocolflores. Bogotá. pp. 27-31.
- Lindquist, R.K. 1989c. Pesticide resistance. En: Primer curso sobre Manejo de plagas en ornamentales. Bogotá. pp. 20-26.
- Lindquist, R.K. 1992. Greenhouse whitefly control by chemicals. En: segundo curso sobre manejo de plagas en ornamentales. Asocolflores. Bogotá.
- Madrigal C., A. 1985. Control de plagas. Curso básico. Centro de Publicaciones. Universidad Nacional. Medellín. 170 pp.

- Madrigal C., A. 1989. Control biológico, la experiencia en Colombia. Primer curso sobre manejo de plagas en ornamentales. Asocolflores. Bogotá. pp. 121-139.
- Madrigal C., A. C.I. Nicholls E., C.a. Arbeláez y R. Hall. 1992. Evaluación de tres programas de control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) (Westwood) en crisantemo bajo invernadero. Re. ASOCOLFLORES No. 32: 14-20.
- Madrigal C.A. y C.A. Arbeláez R. 1993. Evaluación de extractos de plantas, jabones y detergentes para control de plagas en invernaderos. En: XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Resúmenes. Cali.
- Madrigal C., A. y M.A. Duque. 1993. Evaluación de aceites vegetales para control de plagas en cultivos de invernadero. En: XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Resúmenes. Cali.
- McGovern, R.J. 1989. Garden center pest management. En: Proceedings of fifth conference on insect and disease management on ornamentals. Orlando. Florida. pp. 50-54.
- McHugh, J.H. 1991. Yes you can win the war on whiteflies. Greenhouse grower. Spring. 1991. 36 p.
- Parella, M.P. 1989. Why are we losing pesticides, and what should the grower do about it? En: Proceeding of the fifth conference on insect and disease management on ornamentals. Orlando. Florida. pp. 74-77.
- Parella, M.P. *et al.* 1992. Sweet potato whitefly: prospects for biological control. En: California Agriculture. 46(1): 25-26.

AVANCE Y PERSPECTIVAS DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LAS MOSCAS BLANCAS

A. López A.¹

Resumen

Las moscas blancas se han convertido en uno de los grupos de plagas de mayor importancia económica y más difícil control en el mundo durante la última década. Dentro de las especies que atacan cultivos tanto en campo abierto como en invernaderos sobresalen *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* tanto por el amplio rango de cultivos que atacan (hortalizas, frutales, ornamentales) como por la magnitud de las pérdidas que ocasionan.

En esta charla se hace una revisión general de la información existente sobre enemigos naturales de las principales especies de mosca blanca. Se discuten algunos aspectos básicos de la biología, comportamiento de los parasitoides, predadores y hongos entomopatógenos promisorios en el control de plagas y se analizan las posibilidades y estrategias de uso de algunos de estos agentes, como componentes de un plan de manejo integrado de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*.

Dentro de las especies de enemigos naturales con mejores perspectivas, se examinan en detalle parasitoides de los géneros *Encarsia* y *Amitus*, un predador del género *Delphastus* y hongos de los géneros *Aschersonia* y *Verticillium*.

Finalmente se proponen algunas estrategias para el desarrollo e implementación de planes de control biológico de las moscas blancas a nivel nacional.

Introducción

De las más de 1.200 especies de moscas blancas descritas, solo unas pocas están registradas como plagas de importancia económica en cultivos en campo abierto o bajo invernadero. Dos o tres especies recientemente han adquirido tal importancia económica, que han llegado a ser consideradas como superplagas en regiones como el sur de los Estados Unidos, y algunos países de la cuenca del Caribe y el Medio Oriente. *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) hasta hace muy poco eran las dos especies de mayor importancia económica, pero recientemente, la que se consideraba como una raza o biotipo de *B. tabaci* ha sido reportada como una nueva especie en California (Perring et al. 1993a) muy similar morfológicamente a *B. tabaci* pero con características de daño mucho más severas y responsabilidad por pérdidas de más de US\$500 millones en la producción agrícola de USA durante 1991 (Perring et al. 1993b).

¹ ICA. A.A. 151123. El Dorado, Santafé de Bogotá.

La gravedad de los daños ocasionados por la plaga y la dificultad para controlarla, llevado a hacer grandes esfuerzos en la búsqueda de alternativas para su manejo. El control biológico se presenta como una de las alternativas más promisorias dentro de los programas de manejo integrado, soportado por los éxitos hasta hora logrados y al avance en conocimiento básico sobre los tres principales grupos de enemigos naturales parasitoides, predadores y hongos patógenos.

Los estudios sobre estos agentes incluyen principalmente trabajos sobre biología, ciclos de vida y ecología de varias especies de parasitoides, algunos predadores e información amplia sobre hongos patógenos (López-Avila 1986, 1988; Gerling 1990; Polaszek *et al.* 1992).

En la presente charla se revisa la información más reciente sobre los anteriores aspectos y se analizan las perspectivas para su implantación y uso en el manejo de los problemas de mosca blanca, con énfasis en las condiciones nacionales.

Parasitoides

"Insectos que se desarrollan durante su estado larval en los tejidos de otros artrópodos a los cuales terminan matando"

Taxonomía

Varios trabajos han sido adelantados recientemente como contribución a aclarar la taxonomía y conocimiento de los parasitoides de las principales especies de moscas blancas (Viggiani & Mazzone 1979, 1982, Viggiani & Battaglia 1983; Viggiani 1989; López-Avila 1987; Gerling 1990; Polaszek *et al.* 1992). Sin embargo la información sobre las especies en el neotrópico es todavía escasa y pocos trabajos han sido realizados en la biología de las especies reportadas.

Gerling (1990) presenta la Tabla 1, donde resume la posición taxonómica de los géneros de parasitoides que atacan moscas blancas y presenta una clave para estos seis géneros. Polaszek *et al.* 1992) en una de las mas recientes contribuciones en este campo proponen una clave para las especies del género *Encarsia* que ataca a *B. tabaci*.

Biología

De los seis géneros reportados (Tabla 1) como parasitoides de las moscas blancas, *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Amitus*, son considerados como los más promisorios en los programas de control biológico de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* y son los más estudiados en sus aspectos biológicos e interrelaciones planta-plaga-parasitoide, siendo por mucho *Encarsia formosa* Gahan, la especie mejor conocida.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los parasitoides de las moscas blancas (Gerling 1990)

Genero	Familia	Superfamilia	Observaciones
<i>Amitus</i>	Platigasteridae	Proctotrupeoidea	
<i>Azotus</i>	Aphelinidae	Chalcidoidea	
<i>Cales</i>	Aphelinidae	Chalcidoidea	
<i>Encarsia</i>	Aphelinida	Chalcidoidea	Incluye: <i>Aleurodiphilus</i> <i>Aspidiotiphagus</i> <i>Prospaltela</i> <i>Trichaporus</i>
<i>Eretmocerus</i>	Aphelinidae	Calcidoidea	
<i>Euderomphale</i>	Eulophidae	Calcidoidea	Incluye: <i>Aleurodiphagus</i> <i>Cardiogaster</i>

Encarsia. Este género contiene más de 150 especies que se desarrollan como parasitoides en Diaspididae y Aleyrodidae (Viggiani & Mazzone 1979), algunos en forma uniparental y otras biparental. En ambos grupos las hembras se desarrollan como parasitoides primarios a partir de huevos diploides puestos dentro del cuerpo de las ninfas de mosca blanca preferiblemente en tercer y cuarto instar (López-Avila 1988).

El huevo es himenopteriforme y flota dentro del cuerpo del huésped. Normalmente sólo un huevo es depositado por cada huésped, se ha encontrado que las hembras son capaces de discriminar entre huéspedes previamente parasitados y los no parasitados, sin embargo en condiciones de confinamiento más de un huevo puede ser puesto en un sólo huésped, pero solo una larva se desarrolla, completamente. La larva de *Encarsia* pasa por tres instares en su desarrollo, alimentándose de todos el contenido interno del cuerpo del huésped. Terminado el período larval el parasitoide descarga el meconio a lo largo del margen interior de la piel vacía del huésped. La pupa se forma llenando toda la cavidad del huésped, tomando la misma posición ventral de éste, pero terminado el período pupal, el nuevo adulto gira a una posición dorsal para perforar un hueco de salida en la parte dorso anterior del huésped. La piel que cubre la pupa del parasitoide en algunas especies es marrón oscura o negra, aunque los adultos sean de color amarillo claro (ej. *E. cibcensis*) pero en otras especies esa cubierta es transparente. Igualmente algunas especies como *E. Formosa* producen una melanización completa de la piel del huésped como en *T. vaporariorun* pero no lo hacen en otros huéspedes como *B. tabaci* (López-Avila 1988).

En las especies biparentales, los machos se desarrollan como hiperparasitoides sobre larvas bien desarrolladas o pupas hembras de su propia especie o especies relacionadas. (ej: *E. adrianae* López-Avila y *E. cibcensis* López-Avila).

Eretmocerus. Todas las especies conocidas en este género son endoparasitoides solitarios de ninfas de mosca blanca (Gerling 1990). Los huevos son depositados debajo del cuerpo de la ninfa y al hacer eclosión la larva en primer instar penetra en el cuerpo del huésped. La larva de este parasitoides también pasa por tres instares en su desarrollo y se alimenta de los fluidos internos del huésped. No descarga meconia al final del período y las sustancias de desecho sólo son descargadas a la salida del adulto. El adulto emerge por un hueco que hace en la parte anterodorsal de la piel vacía del huésped. Los machos se desarrollan como parasitoides primarios en un período más corto que las hembras. La mayoría de las especies conocidas son arrenotoquicas pero algunos casos de telioquia han sido registrados (Gerling 1966).

Amitus. Los estudios con este género son un poco más escasos que en los dos anteriores. Algunas, especies se desarrollan en forma gregaria con tres o cuatro adultos del parasitoides por cada huésped, pero las especies registradas atacando *T. vaporariorum* y *B. tabaci* son solitarios. *Amitus fuscipennis* MacGown & Nebeker es una especie estudiada en Colombia y considerada como uno de los enemigos naturales más promisorios para el control de *T. Vaporariorum* en condiciones de campo (comunicación personal A. Saldarriaga).

La hembra de *Amitus* deposita el huevo por debajo del cuerpo de la ninfa y la larva se desarrolla como endoparasitoides, pasando por tres instares, empupa dentro de la piel vacía del cuarto instar de la mosca blanca y la pupa está envuelta en una piel de color negro y no melanizada la piel huésped como lo hace *E. Formosa*.

Longevidad y Oogenesis

En cuanto a estos dos aspectos existe relativamente amplia información disponible, para varias especies en los tres géneros (Viggiani & Mazzone, 1978; Vet & Van Lenteren, 1981; López-Avila 1988).

La longevidad del estado adulto está directamente relacionada con la fisiología de la reproducción. Las hembras en las especies proovigenicas viven poco tiempo mientras depositan la carga de huevos con la que emergen, mientras que en las especies sinovigenicas la longevidad es mayor. En general las hembras viven más tiempo que los machos y la longevidad esta ampliamente relacionada con algunos aspectos como la cópula, la alimentación, la disponibilidad de huéspedes, las condiciones ambientales (temperatura) (Gerling 1990).

De los tres géneros aquí mencionados, las hembras de *Amitus* son proovigenicas y viven solo unos pocos días, mientras que en *Encarsia* y *Eretmocerus* son sinovigenicas y la longevidad de las hembras sobrepasan los 20 días a temperaturas al rededor de los 20 C y aumenta hasta más de 50 días a medida que la temperatura disminuye hasta los 14°C. Durante este tiempo cada hembra es capaz ovipositar más 200 huevos pero el período más fértil ocurre durante los primeros 20 días.

Huéspedes: Rango, Alimentación, e Instar Atacado

El rango de huéspedes han sido particularmente estudiado para especies que atacan a *B. tabaci* y *T. vaporariorum*. (López-Avila 1986; Gerling, 1990) Un análisis de esos estudios muestra que ambas especies son atacadas por parasitoides locales que no se encuentran en sus áreas de origen, varios ejemplos son citados por Gerling (1990) que soportan las ventajas de las nuevas asociaciones. Sin embargo en términos generales puede considerarse que al rango de huéspedes para cada especie de parasitoide es estrecho.

La fuente más común de proteína para los parasitoides adultos, son los fluidos del cuerpo del huésped los cuales pueden ser obtenidos de diferentes maneras por las hembras.

Jervis & Kidd (1986) hacen una revisión amplia de las formas como los parasitoides himenopteros se alimentan de sus huéspedes. Resumiendo este trabajo, ellos clasifican la forma como las avispas obtienen el alimento de acuerdo al daño que hacen al huésped en: **destructivas** y **no destructivas** y si la oviposición ocurre durante este proceso, en el mismo huésped o no, en **concurrente** y **no concurrente**. De acuerdo con las observaciones hechas en los grupos aquí incluidos, *Encarsia* y *Eretmocerus* muestran hábito de alimentación sobre el huésped con las características de destructivo no-concurrente, mientras que *Amitus* no ha sido observado alimentándose de sus huéspedes.

Para las especies que muestran el hábito de alimentarse en el huésped se ha observado que prefieren para la alimentación los instares del huésped que no son adecuados para oviposición como en el caso de varias especies de *Encarsia* que prefieren para alimentarse el segundo instar (López-Avila 1988).

Según Gerling (1990) la dinámica que relaciona la disponibilidad de los estados inmaduros de las moscas blancas y los hace más o menos adecuados para ser parasitados, esta dada por: 1. La cantidad de nutrientes disponibles para el parasitoide se incrementa con el instar. 2. La mortalidad no biótica es mayor durante el primer instar especialmente durante el estado de "crawler" y decrece considerablemente del segundo instar en adelante. 3. Aunque las ninfas en primer instar son las más pequeñas y por ello las más difíciles de localizar en una búsqueda al azar, su abundancia en una alta población de mosca blanca puede compensar esta desventaja. La posibilidad de ser encontrado por los parasitoides se incrementa del segundo al cuarto instar que es el más grande. 4. La habilidad del huésped para resistir la parasitación se incrementa con el instar. 5. Los parasitoides pueden intervenir en la metamorfosis de la mosca blanca durante el cuarto instar para evitar la formación del adulto.

Frente a esta dinámica se ha observado, con pocas excepciones, que los parasitoides de la mosca blancas parasitan huéspedes que están entre el segundo instar ninfal y el estado de pupa. La mayoría de las especies de *Encarsia* prefieren para ovipositar el tercero y cuarto instar ninfal, mientras que *Eretmocerus* y *Amitus* prefieren el segundo y tercer instar.

Predadores

"Organismos que se alimentan de otros organismos a los que se les denomina "presas", y requieren más de un individuo de la presa para desarrollarse y llegar al estado adulto".

Taxonomía

La información acerca de los predadores de moscas blancas es bastante limitada comparada con los parasitoides. En cuanto a la composición taxonómica, Gerling (1990) analiza la información disponible para las seis especies más estudiadas de mosca blanca (Tabla 2). Especies predatoras de mosca blanca han sido reportadas en cuatro órdenes de insectos y dos ordenes de arácnidos. Las familias que presentan mayor número de especies registradas son Coccinellidae que prevalece en climas cálidos donde las plagas y los predadores, viven en campo abierto todo el año, el mayor número de predadores de *Bemisia tabaci* están en esta familia y en la familia Phytoseiidae del orden Acarina y es la única especie de mosca blanca sobre la cual hay registro de ácaros predadores.

El mayor número de especies predatoras de *T. vaporariorum* se encuentra registrado en el orden Hemiptera y han sido estudiadas en el Japón y Europa en condiciones de invernadero. En Colombia la única especie sobre la cual se han adelantado estudios, es el coccinélido *Delphastus pusillus* (Leconte) la cual es considerada como bastante promisoría para planes futuros del control biológico de *T. vaporariorum* y *B. tabaci*. (ICA, 1990; 1993).

Tabla 2. Número de especies predatoras registradas atacando las seis especies más estudiadas de mosca blanca (Gerling 1990)

Mosca blanca	Coleopt. Cocc.	Hemiptera		Diptera	Neuroptera		Acarina Phytos.
		Anth.	Mird.		Con	Chrys.	
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	16	-	-	2	-	-	-
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	7	-	-	-	-	-	-
<i>Bemisia tabaci</i>	10	1	-	2	1	7	12
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	1	6	3	2	-	1	-
<i>Aleurolobus barodensis</i>	5	-	-	-	-	1	-
<i>Aleurodicus dispersus</i>	12	-	-	1	-	2	-

Anth.= Anthocoridae; Chrys.= Chrysopidae; Cocc.= Coccinellidae; Con.= Coniopterygidae; Mirid.= Miridae; Phytos.= Phytoseiidae.

Biología, Rango de Huéspedes y Hábitos Alimenticios

Debido a la poca disponibilidad de información solo se mencionan aquí algunos aspectos generales de la biología de los grupos de predadores de moscas blancas.

Las hembras depositan los huevos en los alrededores de la población de la presa. Las larvas de coccinelidos como *Delphastus pusillus*, anthocoridos, miridos, crisopas y ácaros son bastante móviles y se desplazan por toda la planta o entre plantas buscando su presa, mientras que los de otras especies como los dipteros y algunos coccinelidos, que tienen forma de babosa, se desplazan muy poco y permanecen generalmente en la misma hoja desde la eclosión del huevo, hasta la formación de la pupa.

La mayoría de los predadores consumen la presa en los estados de huevo y ninfa en diferentes instares, pero algunas especies han sido registradas depredando adultos de las moscas blancas (Gerling 1990). Tanto los estados inmaduros como el estado adulto de los coccinelidos, hemipteros y ácaros, presentan los mismo hábitos alimenticios. En general debido a la naturaleza polífaga de la mayoría de los predadores, en su dieta incluyen diferentes especies de mosca blanca y también presas de otras familias e inclusive diferentes órdenes.

Eficiencia

La eficiencia de los predadores es definida por: el número de presas consumidas por día, bajo determinadas condiciones; la longevidad del predador; la rata de reproducción; capacidad de desarrollo; el tipo de presa y la eficiencia de búsqueda.

Todas estas características no pueden ser determinadas sino mediante detallados estudios de laboratorio y campo, que generalmente se ven complicados por una serie de dificultades debido a la diversidad de interacciones que se presentan en la relación planta-predador-presa.

Se han adelantado estudios para determinar la eficiencia de los predadores más comunes y promisorios de moscas blancas. Se ha trabajado principalmente en la determinación de las ratas de oviposición, la supervivencia en diferentes estados de la presa, la capacidad y eficiencia de búsqueda, éxito en superar las defensas de la presa etc. (Gerling 1990).

En general los ejemplos de estos estudios indican insuficiente información en los aspectos de ecología y comportamiento de los predadores de moscas blancas.

Gerling (1990) indica algunas áreas en las cuales es necesario orientar las futuras investigaciones así:

1. Determinar todo el complejo de predadores para cada especie de mosca blanca.
2. Conocer la biología de cada especie de predador bajo condiciones controladas, incluyendo detalladas descripciones morfológicas de los diferentes estados.
3. Determinar todas las señales o claves que permitan al predador localizar la presa.
4. Determinar los rangos de la presa que el predador usa para su alimentación y otros tipos de sustancias necesarias para la sobrevivencia, mantenimiento y reproducción.
5. Determinar curvas de respuestas funcionales y respuestas numéricas, las cuales permiten conocer aspectos como: eficiencia y tiempo de manipulación o cambios en la fecundidad de acuerdo a la disponibilidad de la presa.

Entomopatógenos

"Microorganismos capaces de infectar y desarrollar una enfermedad en un insecto huésped al cual terminan matando".

Además de los parasitoides y los predadores en el grupo de los enemigos naturales de las moscas blancas, los entomopatógenos también presentan amplias perspectivas para el control biológico de esta plaga. En este grupo hasta ahora solo se conocen algunas especies de hongos, como controladores eficientes de moscas blancas.

Fransen (1990) hace una amplia revisión de la literatura existente en este campo y establece desde el punto de vista de su especialidad frente a las moscas blancas, dos grupos: las especies del género *Aschersonia* que son específicos y otro grupo de hongos donde existen varios géneros que atacan insectos de diferentes órdenes e inclusive que hiperparasitan otros hongos.

En el género *Aschersonia* se citan 23 especies que han sido encontradas en las regiones tropicales y subtropicales con tres especies promisorias en el control de las moscas blancas. *A. aleyrodus*, *A. goldiana* y *A. placenta*.

En el segundo grupo se encuentran 19 especies en varios géneros, entre las que sobresalen *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana*.

Resumiendo ampliamente el modo de acción de los hongos, su relación con las moscas blancas y posibilidades en su control, tenemos que: los hongos germinan en la cutícula del insecto, penetran la piel y colonizan el interior del huésped. Las ninfas de las moscas blancas son generalmente más susceptibles a la infección que las pupas y los adultos. El éxito en la infección está estrechamente ligado con las condiciones climáticas como la

temperatura y la humedad principalmente. Los hongos pueden ser usados y son compatibles en planes de control integrado con otros enemigos naturales.

Estado de desarrollo en Colombia

A pesar de las amplias perspectivas que los enemigos naturales ofrecen para el control de las moscas blancas y la importancia económica actual de esta plaga en cultivos en campo abierto y cada día mayor en cultivos bajo invernadero, es muy poco lo que se ha avanzado en el conocimiento y manipulación de los agentes de control biológico en el país.

De acuerdo con la propia experiencia del autor y la escasa literatura existe, se puede afirmar que ha habido algunos avances y hay perspectivas amplias en el uso de los siguientes enemigos naturales:

Parasitoides

Encarsia formosa Gahan especie introducida al país en varias oportunidades. Se ha logrado establecer en cultivos bajo invernadero y aunque actualmente no se produce en forma masiva, se han adelantado estudios en técnica de producción y existe una metodología ampliamente conocida, que puede ser fácilmente implementada para su utilización en cultivos bajo invernadero. Para campo abierto el parasitoide presenta desventajas y no ha sido posible utilizarlo con éxito en ninguna parte del mundo.

Amitus fuscipennis MacGown & Nebeker. Este parasitoide ha sido encontrado en varias regiones del país, parasitando *T. vaporariorum* en cultivos en campo y ha mostrado ser eficiente en el control de la plaga siempre y cuando se le brinden condiciones favorables para el aumento de sus poblaciones nativas, tales como una baja presión de insecticidas y un adecuado manejo de socas de los cultivos. Hay estudios sobre su biología y comportamiento en condiciones de laboratorio (comunicación personal A. Saldarriaga) pero su manejo en condiciones de invernadero ha sido difícil.

Predadores

De las diferentes especies de predadores de moscas blancas, mencionadas en esta revisión, *Delphastus pusillus* (LeConte) (Coleoptera. Coccinellidae) es quizá la única que aparece con alguna frecuencia en la literatura nacional (ICA 1990, 1993) y sobre la que hay algunas investigaciones incipientes. Esta especie se ha encontrado ejerciendo su acción depredadora sobre poblaciones de *Bemisia tabaci* en climas cálidos a poca altura sobre el nivel del mar (Costa Caribe) en cultivos de tomate y plantas silvestres, y sobre *T. vaporariorum* a alturas considerables en los Andes (Fusagasugá, Anolaima etc) en cultivos de habichuela y tomate.

Hongos

Este es grupo de enemigos naturales de las moscas blancas donde quizá existen las mejores perspectivas para un uso con buen éxito en planes de manejo integrado. Esto debido a

características específicas y tecnología desarrollada en métodos de producción masiva del inóculo, facilidad de la formulación y forma de aplicación similar a la de los insecticidas químicos, lo cual le da ventajas en la adopción por parte de los agricultores. En el país se han adelantado estudios con *Verticillium lecanii* para el control de áfidos y moscas blancas (Hincapie *et al.* 1990) y actualmente se encuentran en desarrollo en el centro de investigaciones Tibaitatá trabajos con *Archersonia aleyrodis*.

Conclusiones

Después de esta rápida revisión sobre el tema, tanto a nivel mundial como local, se puede concluir que aunque los avances son pocos las perspectivas son amplias en el uso de los agentes de control biológico de las moscas blancas. Ante la amenaza que esta plaga representa para una amplia gama de cultivos y las enormes pérdidas económicas que está ocasionando en algunas de las áreas agrícolas más importantes del mundo, es necesario intensificar las investigaciones en los campos en los cuales el conocimiento todavía es insuficiente para dar respuesta y soluciones satisfactorias a esta problemática.

Las principales áreas en las cuales es necesario intensificar las investigaciones son: 1. Reconocimiento de la composición faunística de los enemigos naturales. 2. Clara identificación tanto de las especies plagas, como de los agentes a nivel tanto de especie, como de ecotipos o razas. 3. Conocimiento profundo de la biología y ecología de las especies promisorias. 4. Determinación de las técnicas tanto de producción masiva como de utilización, bajo condiciones climáticas diferentes y variables. 5. Utilización de las técnicas modernas de la ingeniería genética en la manipulación de las características de las especies y razas para obtener mejores respuestas frente a factores adversos (humedad, temperatura, plaguicidas). 6. Obtención y manejo de información sobre dinámica de poblaciones y sus interacciones en los diferentes niveles tróficos para la formulación de modelos matemáticos que conduzcan a la utilización óptima y eficiente de los enemigos naturales en el control de la plaga.

BIBLIOGRAFIA

- Fransen, J. J. 1990. Natural Enemies of white flies: Fungi chapter 8, pp. 187-210 in: Gerling, D. (Ed.) White flies their Bionomies, Pest status and management. 348 pp. Intercept, Andover, UK.
- Gerling, D. 1966. Studies with white fly parasites of southern California. II *Eretmocerus californicus* Howard (Hym: Aphelinidae. Canadian Entomologist **98**, 1316-1329.
- Gerling, D. 1990. Natural Enemies of Whiteflies: predators and parasitoids. Chapter 7, pp.147-185.in: Gerling D.(Ed.) Whiteflies: their Bionomies, Pest status and Management, 348pp. Intercept. Andover,UK.
- Instituto Colombiano Agropecuario, Sección Investigación Básica Agrícola - Entomología, Santafé de Bogotá (Colombia) 1990. "Excelente Control. Notas y Noticias Entomológicas (Colombia). Enero - Febrero p.1.
- Instituto Colombiano Agropecuario, Sección Investigación Básica Agrícola - Entomología, Santafé de Bogotá (Colombia) 1993 "Diferencia significativa" Notas Entomológicas (Colombia) Marzo- Abril p. 14.
- Jervis, M. A. & Kidd, N. A. c. 1986. Host feeding strategies in hymmenoptera parasitoids, Biological Reviews of the Cambrige Philosophical Society **61**, 395- 434.
- López-Avila, A. 1986. Natural enemies. Chapter 4, pp. 27-36 in : Cock, M.J.W. (Ed). *Bemisia tabaci*. a literature Survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. 121 pp. CAB Internacional Institute of Biological control, Ascot, UK.
- López- Avila, A. 1987. Two new species of *Encarsia* Foerster (Hemiptera: Aphelinidae) from Pakistan, associated with the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Bulletin of Entomological Research. **77**, 425-430.
- López-Avila, A. 1988. A comparative study of foar species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) as potential control agents for *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Un published PhD Thesis. University of London, 1-302.
- Perring, M.T., couper A. D., Rodriguez, R. J., Farrar C. A. & Bellows J. S. 1993a. Identification of a whitefly Species by Genomic and Behavioral studies. Science **259** pp 74-77.
- Perring, M.T., Farrar, C.A., Bellow T.S., Cooper, A.D. & Rodriguez, R.J. 1993b. Evidence for a new Species of Whitefly: UCR findings and implications, California Agriculture, University of California USA.

- Polaszek, A., Evans, G. A., Bennett F. D. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. Bulletin of entomological Research **82**, 375-392.
- Viggiani, G. 1989. Notes on some Nearctic and Neotropical *Encarsia* Foerster (Hymenoptera: Aphelinidae) Bolletino del Laboratorio di Entomologia agraria "Filippo Silvestri" Portici **46**, 207-213.
- Viggiani, G. and Mazzone, P. 1978. Morfologia biologica e utilizzazione di *Prospaltella lahorensis* How. (Hym.: Aphelinidae) parassita esotico introdotto in Italia per la lotta biologica al *Dialeurodes citri* Ashm. Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" Portici **35**, 99-161.
- Viggiani, G. and Mazzone, P. 1979. Contributi alla conoscenza morfobiologica delle specie del complesso *Encarsia* Foerster - *Prosaltella* Ashmead (Hym.: descrizione di *Encarsia silvestri* n. sp. parassita di *Bemisia citricola* Gom.-Men (Hom. Aleyrodidae). Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" Portici **36**, 42-50.
- Viggiani, G. and Mazzone, P. 1982. The *Amitus* Hal (Hym., Platygasteridae) of Italy, with descriptions of three new species. Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" Portici **39**, 59-65.
- Viggiani, G. and Battaglia, D. 1983. Le specie italiane del genere *Eretmocerus* Hald. (Hymenoptera: Aphelinidae) Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" Portici **40**, 97-101.

SIMPSON TRIPS

The Simpson Society is pleased to announce the following trips for the year 1980. These trips are designed to provide members with an opportunity to visit some of the most interesting and beautiful areas of the world. The trips are open to all members of the Society and are held at a special rate. The first trip is to the Galapagos Islands, a group of islands in the Pacific Ocean. The second trip is to the Amazon River basin, a vast area of rain forest in South America. The third trip is to the Grand Canyon, a spectacular natural wonder in the United States. The fourth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The fifth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The sixth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The seventh trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The eighth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The ninth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The tenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East.

The first trip is to the Galapagos Islands, a group of islands in the Pacific Ocean. The second trip is to the Amazon River basin, a vast area of rain forest in South America. The third trip is to the Grand Canyon, a spectacular natural wonder in the United States. The fourth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The fifth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The sixth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The seventh trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The eighth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The ninth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The tenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East.

The tenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The eleventh trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The twelfth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The thirteenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The fourteenth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The fifteenth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The sixteenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The seventeenth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World. The eighteenth trip is to the Taj Mahal, a beautiful mausoleum in India. The nineteenth trip is to the Great Wall of China, a famous landmark in the East. The twentieth trip is to the Pyramids of Giza, one of the Seven Wonders of the World.

THRIPS - THE IDEAL OPPORTUNISTS

Laurence A. Mound¹

Summary

The insect order Thysanoptera has evolved from detritus and fungus feeding ancestors, probably associated with dead branches of tropical trees. This habitat is widely dispersed in forest but only exists for a short time at any one site. In order to exploit such a dispersed and ephemeral habitat thrips needed to be classic r-strategists, highly dispersive and rapidly reproducing. These biological characteristics seem to be inherent in the group, even in the more advanced flower-living species. Although host specificity can be found at species-level, patterns of host plant exploitation suggest that thrips have evolved along the lines of plant ecological relationships rather than plant systematic relationships. Specificity in flower thrips seems more commonly to be broadly ecological, for example the flowers of Bignoniaceous forest trees or the flowers of Melastomataceous shrubs, rather than strictly plant-species specific. Moreover, thrips species which feed on flowers as well as leaves tend also to be polyphagous, and some of these are pests. Monophagous, host-specific, gall-forming species, the k-strategists of the group, are rarely pests and then only on long-lived crop plants. Control strategies for thrips which are highly opportunist pests with rapidly changing levels of population must themselves be varied and adaptable.

Full text

Thrips, the insects of the order Thysanoptera, seem to have evolved from the same ancestors as Hemiptera, Psocoptera and Phthiraptera. The earliest thrips were probably detritus-feeders, and fungal hyphae and spores remain the food resource exploited by most species in this order. The thrips which we see so commonly, the flower thrips, although sometimes abundant do not constitute the largest number of species in the group. From detritus and fungus feeding, thrips probably spread onto Angiosperms several times, feeding on tissues with a high soluble nitrogen content including flowers and pollen grains, as well as young green leaves. Reversion to fungus feeding has also occurred more than once (Mound *et al.*, 1980). Thrips evolution did not involve radiation from lower plants, because mosses and ferns are fed on by few thrips species and all of these seem to be relatively highly evolved (Mound, 1989). One relatively primitive thrips is known to live in cycad male flowers in Australia, and several unrelated species live on Gymnosperms (Mound, 1991).

The most primitive Thysanoptera are the members of the Merothripidae. All of these are fungus feeding with small bodies, and most of them are Neotropical - although they have been widely distributed by man. The Heterothripidae are also Neotropical, but they are all flower-living. Little is known of their biology although they are widespread they are rarely collected. It is possible that heterothripids are univoltine and host specific, although several

¹ The Natural History Museum, London, U.K.

species have been collected from *Byrsonima* (nancite) flowers. The Aeolothripidae is a more well known family, with most species in the Holarctic region but a wide diversity of genera in montane South America and also Australia. These species are often predatory on other small arthropods, although many of them also feed on flower tissues and pollen (Mound & Heming, 1991).

The two biggest families of thrips are the Thripidae and the Phlaeothripidae. Most of the well known pest species belong in the first of these families, including the western flower thrips, the onion thrips and the green house thrips. The second family includes several pest species, as well as some species used in the biological control of weeds as well as some important predatory species, but it also includes a very wide diversity of fungus feeding species.

Unlike Hemiptera, thrips are relatively inefficient and laborious feeders in that they suck out the contents of one cell at a time, withdrawing and re-inserting their stylets each time (Chisholm & Lewis, 1984). The only exceptions to this are the species of the Phlaeothripidae - Idolothripinae all of which feed by ingesting fungal spores whole. The relatively inefficient feeding method of most thrips possibly limits their rate of population increase, in contrast to aphids whose feeding stylets enter the plant phloem tissue. Similarly, their less intimate relationship to their host plants as a result of their feeding method may have led to a lower degree of host specificity than in many Homoptera.

The feeding stylets of all thrips consist of a pair of maxillary stylets and a single (left) mandible. The mandible is used to punch a hole in the intended food, and the paired maxillary stylets are then inserted through this hole (Heming, 1978). The maxillary stylets are C-shaped in section and they fit together laterally by a tongue and groove mechanism. At their apices these stylets fit together with a series of overlapping lobes, and the feeding aperture is sub-terminal (Mound, 1971). The two stylets enclose a single feeding channel, and unlike Hemiptera this channel is also used to transmit saliva to the food. The stylets are independently innervated and are usually moved independently when they are inserted into a plant (Hunter & Ullman, 1992).

The form of the feeding stylets is remarkably uniform throughout the Thysanoptera, regardless of whether a species feeds on plant cells, pollen, fungal spores or other arthropods. The feeding habits of thrips cannot be deduced from their stylets, except spore-feeders; these have the stylets unusually broad with a feeding channel at least 5 microns in diameter. In all other thrips the stylets are more slender, about 2 to 3 microns in diameter. In Thripidae the stylets are short, but in many Phlaeothripidae the stylets are elongate, retracted into the head as far as the compound eyes; in some Australian species which feed on *Casuarina* the stylets are coiled, and longer than the body. This is associated with the protected position of the mesophyll cells of these plants (Mound, 1970).

Patterns of host-exploitation are by no means clear in the Thysanoptera. Evolution at the species level seems to have involved capture of new host plants from the available local flora rather than evolution along the lines of plant affinity. Amongst higher taxa of thrips

there is often consistency in host-relationships. Thus all Merothripidae are fungus feeders, and all Heterothripidae are flower feeders. The genera of Phlaeothripidae related to *Hoplothrips* include mostly fungus feeding species, and the genera related to *Liothrips* include mostly leaf feeding species. Some genera, such as *Podothrips* and *Karnyothrips*, include exclusively scale-insect predators, others such as *Williamsiella* include only moss feeding species. Within the Thripidae, certain genera, such as *Chirothrips* and *Bregmatothrips* are exclusively grass-feeding. But the patterns of host exploitation within the larger genera, and the patterns of host acceptance by the more polyphagous species, rarely show any clear patterns.

The genus *Frankliniella*, for example, probably includes about 150 neotropical species. About 50 of these have now been collected in Costa Rica, from plants in a total of 41 different angiosperm families. Host plant records of thrips can be difficult to assess. First, thrips are highly vagile and individuals may alight on a wide range of plants, even though they do not feed or breed there; many 'host records' are spurious. Second, some species of plants are widely planted and floriferous, such as *Impatiens balsaminifera*, and therefore more frequently sampled for thrips. Despite this, it seems that the number of *Frankliniella* species which can be collected from the members of a plant family is correlated with the degree of dominance of that family in the available flora. Thus 22 species of *Frankliniella* have been taken from Asteraceae (-Compositae) in Costa Rica; this family is probably the most floriferous in montane areas. Similarly 8 species have been taken from Melastomataceae and 14 from Leguminosae; these two families are amongst the most floriferous in lowland areas.

But *Frankliniella* species have not evolved simply by capture of common elements in the available flora. The *F. minuta* species group is particularly common in montane areas, and seems to be largely, if not completely, restricted to the flowers of Asteraceae. Species such as *bagnalliana*, *curta* and *colombiensis* are rarely taken from other plant families, and then only as isolated individuals. But within this genus there is little further evidence of related species occupying related host-plant species. A few species show a high degree of host-specificity, for example *standleyana* is rarely found on flowers other than Melastomataceae, and *pulchella* is usually found in high forest on flowers of Bignoniaceae. In contrast, *gardeniae* has been taken from various members of 16 plant families, *invasor* from 9 families, and *panamensis* (closely related to *occidentalis*) from 7 families of plants. The first two of these species seem to have a particular preference for white flowers. Another polyphage is the lowland species *parvula* which has been found in large numbers in the flowers of *Bixa*, *Cacao* and *Musa*, three plants with completely different form and flower structure.

This varied nature of host-plant exploitation by thrips occurs in other floras. The host-plants on which *Thrips obscuratus* is known to have bred in New Zealand total 51, from 44 genera in 22 families; adults only have been collected from a further 175 plant species (Teulon, 19XXX). Many of the host-plants of this native New Zealand thrips are exotics, introduced from the northern hemisphere, but a large number of them are native plants. The thrips species most closely related to *Thrips obscuratus* seem to be monophagous. One of

these is specific to *Phormium*, feeding and breeding at the base of the broad overlapping leaves. However, *obscuratus* also breeds on *Phormium*, but this species is usually found within the flowers, sometimes before these have fully opened (Mound & Walker, 1982).

Specificity in the feeding site, as opposed to host-plant specificity, is something for which data is even more scarce. Members of the genus *Frankliniella* are usually considered to be flower-living, but recent detailed field collecting in Costa Rica has increased the number of species which are known to live in considerable numbers on leaves. For example, *parvula* has been reported as monophagous on the flowers of *Musa* in Jamaica, but in Costa Rica it is equally common in the flowers of *Cacao*, and both sexes may be found in large numbers on the young flush leaves of this tree. Some *Frankliniella* species are probably exclusively leaf-feeding, others are flower-feeding; but others seem to breed on leaves although they probably require pollen to lay eggs successfully. The majority of species in the genera *Frankliniella* and *Thrips*, the two largest genera in the Thripidae, are flower living, but the successful pest species such as the western flower thrips (*F. occidentalis*), the tobacco thrips (*F. fusca*), the gladiolus thrips (*Thrips simplex*), the onion thrips (*T. tabaci*), the yellow flower thrips (*T. palmi*), also the common tropical pest species *F. schultzei*, are all sufficiently adaptable to live on leaves as well as flowers. It is this versatility in their biology which preadapts such species to be pests. Curiously, this suite of specie (excluding *simplex*) includes most of the known thrips virus-vector species.

Thrips species which induce galls on plants presumably have a more intimate relationship with their host plants, and we might therefore expect such species to show clearer co-evolutionary patterns. Certainly, most of the genera of thrips with gall-forming species belong to the *Liothrips*-lineage of the Phlaeothripinae, although the gall forming habit has also arisen among other unrelated thrips (Mound, 1993). The thrips involved are almost all Oriental and Australian, although gall-forming thrips in the Neotropics are very poorly investigated. But the plants attacked do not show any particular systematic relationships. Species in more than 40 families of Dicotyledons, from all six of the major sub-classes, are known to support thrips galls. Even within particular genera of thrips which have several species inducing plant galls, the patterns of host exploitation are weak. Thus *Liothrips* species induce leaf galls on plants in about 30 genera, although most species are on *Piper*, and a considerable number are on *Ficus*, *Schefflera*, *Eugenia* and *Vitis*. Similarly, *Mesothrips* species cause galls on plants in 11 genera, although five of these thrips species are found only on *Ficus*. Thus, even with gall forming thrips the patterns of host plant exploitation is not strongly correlated with plant systematics.

Generalising from this, thrips evolution has involved the exploitation as host plants of the more common elements in an available flora. Thrips evolution has thus been primarily along ecological lines of host plant relationships rather than along the lines of evolutionary relationships. Because of this host plant relationships are largely unpredictable, and this has important effects on our deliberations concerning the control of pest species of thrips. This group of insects seems to have evolved as classic r-strategists; populations diffuse readily, increase rapidly and locally, and then die away. The ability to find, and then to exploit, relatively ephemeral food resources seems to be an essential, indeed ancestral, part of thrips

biology. Assuming that thrips evolved feeding on fungus on dead wood, the importance to these insects of vagility and r-strategy becomes understandable. Dead wood is common in tropical forest, but is widely dispersed in the crowns of trees, and due to the rapid rate of decay in the tropics it is ephemeral. Thrips must thus maintain a cycle of breeding and dispersing in order to find and exploit such food resources. Similar behavioural characteristics seem to have been inherited by many flower-living thrips, including our pest species. We cannot expect to predict accurately either which plants a species will attack next, or when populations will next reach pest levels. But if we accept that thrips are ideal opportunists, then it should not surprise us that we sometimes stimulate excessively high thrips populations, by providing them with a host-plant monoculture, giving that monoculture abundant soluble nitrogen, removing all natural enemies through heavy insecticide applications, and protecting the thrips from the harmful effects of direct rainfall.

Finally, there is an aspect of thrips biology which we still do not understand - the development of biotypes. The Western Flower Thrips *Frankliniella occidentalis* has been known in New Zealand for many years. But in that country this thrips has remained largely restricted to the flowers of *Lupinus* which grow commonly along the sides of roads (Mound & Walker, 1992). This thrips has not yet been a pest of crops in that country. Similarly, in Costa Rica, this species is at present a pest only of cultivated *Chrysanthemums*; it does not seem to attack the wide range of vegetable crops available in that country. In contrast, *occidentalis* is a serious pest of vegetables in Guatemala. In southern Italy the species is particularly common on cultivated strawberries. These differences suggest that some form of localised biological strains may be present in different areas. If such strains do exist, then the question will arise as to whether they have developed locally or have been introduced from other localities. An historical explanation seems probable, if only in part. We know that many thrips species have been distributed around the world during the last 200 years. Of the 100 species of thrips identified so far from Costa Rica 25 are clearly introduced from the Old World. Many species were distributed by sailing ships, including the slave trade between Africa and the New World (Mound, 1983). Such dispersion sometimes resulted in only parthenogenetic strains being established, but even when bisexual, it is probable that the introductions involved only a small proportion of the total genetic variation of any species. Thus introduced populations probably had a restricted range of the biological characteristics of many species. Rapid air transport is changing this situation. Introduced thrips species such as *Thrips palmi* are now commonly bisexual, and the frequency of introduction is much increased. We can therefore expect our crops to be bombarded with an increasing range of imported biotypes of several species. The possibility that new strains also arise locally needs further investigation, combining biochemical technology and behavioural studies. With such opportunist pests, control strategies must be constantly under review to ensure that we can respond promptly and appropriately to any new situation exploited by the thrips.

REFERENCES

- Chisholm, I.F. & Lewis, T. 1984. A new look at thrips (Thysanoptera) mouthparts, their action and effects of feeding on plant tissue. *Bulletin of Entomological Research* 74: 663-675.
- Heming, B.S. 1978. Structure and function of the mouthparts in larvae of *Haplothrips verbasci* (Osborn) (Thysanoptera, Tubulifera, Phlaeothripidae). *Journal of Morphology* 156: 1-20.
- Hunter, W.B. & Ulman, D.E. 1992. Anatomy and ultrastructure of the piercing-sucking mouthparts and paraglossal sensilla of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 21: 17-35.
- Mound, L.A. 1970. Convolute maxillary stylets and the systematics of some Phlaeothripine Thysanoptera from *Casuarina* trees in Australia. *Australian Journal of Zoology* 18: 439-463.
- Mound, L.A. 1971. The feeding apparatus of thrips. *Bulletin of Entomological Research* 60: 547-8.
- Mound, L.A. 1983. Natural and disrupted patterns of geographical distribution in Thysanoptera (Insecta). *Journal of Biogeography* 10: 119-133.
- Mound, L.A. 1989. Systematics of thrips (Insecta: Thysanoptera) associated with mosses. *Zoological Journal of the Linnean Society* 96: 1-17.
- Mound, L.A. 1991. The first thrips species (Insecta, Thysanoptera) from cycad male cones, and its family level significance. *Journal of Natural History* 25: 647-652.
- Mound, L.A. 1993. Gall inducing Thysanoptera: a search for patterns. In, *Plant galls: Organisms Interactions Populations*. Systematics Association & Oxford University Press, London. (in press).
- Mound, L.A. & Heming, B. S. 1991. Thysanoptera. Chapter 31 In. *The insects of Australia*. Melbourne University Press. pp. 510-515.
- Mound, L.A., Heming, B.S. & Palmer, J.M. 1980. Phylogenetic relationships between the families of recent Thysanoptera. *Zoological Journal of the Linnean Society of London* 69: 111-141.
- Mound, L.A. & Walker, A.F. 1982. Terebrantia (Insecta: Thysanoptera). *Fauna of New Zealand* 1: 1-113.
- Teulon, D.A.J. Host records for the New Zealand flower thrips (*Thrips obscuratus* (Crawford) Thysanoptera: Thripidae). *New Zealand Entomologist* 13: 46-51.

ECOLOGY AND MANAGEMENT OF FLOWER THRIPS IN A MIXED AGRONOMIC AND VEGETABLE PRODUCTION SYSTEM

Joe Funderburk¹

Summary

The western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), is a common inhabitant of flower of numerous vegetable and fruit crops. Oviposition by females into small developing fruit results in spotting and subsequent feeding by larvae causes scarring. In northern Florida, damage occurs on tomato, pepper, beans, and other crops. The tobacco thrips, *F. fusca* (Hinds) oviposits in the developing terminal buds of peanuts, cotton, beans, and melons. Larvae developing on seedlings cause severe leaf distortion. Western flower thrips and tobacco thrips transmit tomato spotted wilt virus, which infects more than 500 species of plants worldwide, including ornamental, fruit, vegetable, and agronomic crops. Many wild plants are hosts for the vectors and the virus. Economic losses can be great on tomato, pepper, and peanut in northern Florida.

Current management programs for western flower thrips, tobacco thrips, and tomato spotted wilt virus in northern Florida integrate therapeutic and preventive management tactics, including insecticidal, cultural, biological, and plant resistance tactics. The goals of the integrated pest management program are to efficiently assess population status, to effectively suppress outbreak populations, to prevent unnecessary economic losses from both thrips and tomato spotted wilt virus, and to ensure sustainability of the management program and individual management tactics.

Western flower thrips adult population densities in flowers of vegetable crops are estimated in scouting programs by using a presence or absence sampling program. Populations are suppressed with insecticide when incidence in flowers is >0.33 . Spraying only when populations exceed economic thresholds densities integrates insecticide use with mortality from natural enemies and abiotic weather factors. Larval populations are likewise suppressed with insecticides to prevent spread of tomato spotted wilt virus from infected plants within a field. When insecticides must be used regularly to prevent damage or disease spread, they are applied in an integrated resistance management program to avoid development of resistant thrips populations. Crops such as tomato are poor hosts for tobacco thrips, but the vector under some conditions will leave peanut fields and infest tomato causing epidemics of tomato spotted wilt virus. A cultural strategy of locating tomato fields at least two or three kilometers from nearest peanut fields is recommended.

¹ North Florida Research and Education Center. University of Florida. Route 3 Box 4370 Quincy, Florida 32351 USA.

Peanuts during seedling crop growth stages are tolerant of tobacco thrips injury, but other factors such as postemerge herbicide injury interacts with thrips injury and results in delays in maturity and yield loss. Insecticides, cultural controls, and resistant crop varieties are used to manage losses from tobacco thrips and tomato spotted wilt virus in peanuts.

Introduction

The western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), is a common inhabitant of flowers of numerous vegetable and fruit crops. Oviposition by females into small developing fruit directly results in spotting of fruit, and subsequent feeding by larvae on developing fruit causes scarring. This damage occurs on tomato, pepper, snap bean, pole bean, apple, grape, and other crops. The western flower thrips is native to the western USA, but has been introduced and is established in numerous other geographical regions. It was first observed in the southeastern USA in 1981.

The tobacco thrips, *F. fusca* (Hinds), is native to the southeastern USA. The species oviposits in the developing terminal buds of numerous crops, including peanuts, snap beans, cowpeas, pole beans, and melons. Larvae developing on seedlings can cause severe leaf distortion.

The melon thrips, *Thrips palmi* Karny, is native to Southeast Asia and occurs throughout much of the Pacific Basin. The pest is now present in southern Florida where economic losses have become severe on eggplant, snap beans, pole beans, peppers, potato, and other crops. The pest inhabits leaves, flowers, and fruit of host crops, reaching economic densities during winter and spring in southern Florida. Onion thrips, *T. tabaci* Lindeman, occur throughout the southeastern USA, and the species is a pest causing discoloration and distortion to onions.

Another species of flower thrips, *F. bispinosa* (Morgan), is native to Florida and nearby geographical areas, and in very high densities is economically important. Densities > 10 per flower in tomato and citrus crops results in flower abortion and poor fruit set.

At least seven species of thrips transmit tomato spotted wilt virus, an RNA virus in the family Bunyaviridae. The virus was first described in Australia in 1915, and since that time, has been the cause of plant disease epidemics in tropical, subtropical, and temperate regions throughout the Northern hemisphere, Western Europe, and Asia. More than 500 species of plants in more than 50 families are hosts, including ornamental, fruit, vegetable, and agronomic crops. Many wild plants are hosts for both the vectors and the virus and serve as reservoirs that contribute to epidemics in crops. The disease was first noted in the 1980's in the southeastern USA. Vectors of tomato spotted wilt virus in the region are western flower thrips, tobacco thrips, onion thrips, melon thrips, and *Frankliniella schultzei* Trybom.

Disease symptoms vary according to the plant host, but can result in necrosis, chlorosis, ring patterns, mottling, silverying, stunting, and local lesions. The vector/tomato spotted wilt virus relationship is very specific. Only larval thrips can acquire tomato spotted wilt virus, while both larval and adult thrips can transmit the virus.

Agriculture in northern Florida is characterized by a mixture of agronomic and vegetable crops, with limited production of fruit and ornamental crops. Tobacco thrips injure seedling cotton, watermelon, pole beans, snap beans, and peanut, and western flower thrips cause direct injury to fruit of tomatoes and pepper. Both species are important vectors of tomato spotted wilt virus in the northern Florida agroecosystem. Epidemics have occurred on peanuts, tomatoes, and other crops. Other species of thrips rarely cause economic damage, and do not appear important vectors of tomato spotted wilt virus. In this paper, I focus on biology and management of tobacco thrips, western flower thrips, and tomato spotted wilt virus in this mixed agronomic and vegetable production area.

Ecology of flower thrips in North Florida agroecosystem

Seasonal Abundance on Crop and Wild Hosts. Vegetables grown in northern Florida that are damaged by western flower thrips are produced during two cropping seasons. The spring production season begins with transplanting in March and ends with harvesting in June and July; whereas, the fall production season begins with transplanting in July and ends with harvesting in October and November. Western flower thrips are primarily flower inhabiting with very few adults or immatures present on leaves of tomato plants. Western flower thrips are common in tomato flowers between late April and early June, with greatest densities in May. Densities are very low at other times, especially during the fall cropping season. In fact, populations are not present during most of the fall cropping season, except during late October or early November. Populations of tobacco thrips remain low on tomatoes. Both *F. tritici* (Fitch) and *F. bispinosa* are common inhabitants during the spring cropping season.

Tobacco thrips populations develop continuously during the year in northern Florida; however, population densities are much greater in April and early May than any other time. Many crops such as peanut, cotton, and watermelon that are damaged by this pest are in susceptible seedling stages during April and early May.

At least 32 species of flowering plants present in and around crop fields are hosts for *Frankliniella* spp. thrips in northern Florida. With the exception of the month of July, greatest densities coincide with the months in which the diversity of wild hosts is greatest. In July, an ample number of flowering plant species are still available; yet, the numbers of thrips declines drastically. It is not known whether the absence of western flower thrips is due to mortality from abiotic or biotic factors or related to a distinct phase such as diapause in their populations from July to October.

Both western flower thrips and tobacco thrips overwinter as continuous, slow-developing generations in northern Florida. Immatures develop in terminal buds of hosts during the winter, thereby resulting in population buildup for the spring. During the spring, the proportion of flowering plant species inhabited by western flower thrips and tobacco thrips is very great. These wild plant hosts are present directly within fields, along roadways, and in adjacent hedgerows and wooded areas.

Tobacco thrips and western flower thrips actively disperse to utilize available host resources within the agroecosystem. The adults are not strong fliers, and movement patterns are relatively shortrange. The large numbers of thrips inhabiting crops in the spring originate from wild plant hosts growing within fields, along roadways, and in wooded areas and weedy hedgerows. However, weedy hedgerows and wooded areas are the greatest sources due to the large availability of wild plant resources in these habitats. What triggers dispersal behavior is not known, but females move very little once occupying a suitable new plant such as tomato.

Western flower thrips, tobacco thrips, *F. tritici*, and *F. bispinosa* are each abundant and utilize more wild plant hosts than all other combined species of flower inhabiting thrips in northern Florida. Of the 32 wild plant species located in and around crop fields that are known hosts, 27 are hosts for *F. tritici*, while 26, 24, and 12 are hosts for *F. bispinosa*, western flower thrips, and tobacco thrips, respectively. Most of the wild plant species are hosts for two or more of these flower thrips species. An important question is whether each species is competing with the other species for positions within the community or has a separate unique niche. Niche overlap indices calculated from samples of flowers of each wild host species for each month from March to August when thrips are most abundant in flowers indicate that niches of individual thrips species do not overlap. Only in July when *F. bispinosa* becomes abundant is there overlap in niches between species.

Management programs for thrips and tomato spotted wilt virus

Western Flower Thrips and Fruit Damage. Oviposition by western flower thrips females in the developing fruit of vegetables directly results in spotting of fruit. Tomatoes are the most important vegetable crop grown during the spring in northern Florida, and economic losses to this crop from fruit spotting can be very severe if western flower thrips populations exceed economic injury levels. Oviposition by western flower thrips females is highly variable, and influenced by several factors. For this reason, the number of scars produced by females at different densities per flower is difficult to predict. The relationship between fruit spotting and western flower thrips adult density is curvilinear. Considerable scarring in a field can occur when densities are one per flower, while greatest fruit damage occurs at the density of eight per flower. Development of accurate economic injury levels also is hampered by unpredictable market conditions. Downgrading of fruit because of cosmetic fruit damage is a function of supply and demand. When demand for tomatoes is great, considerable cosmetic injury is tolerated before downgrading will occur. Conversely, when demand is low, little cosmetic injury can result in downgrading. Through experience, it has been determined that keeping western flower thrips adult populations below 0.5 per flower will prevent unacceptable economic damage under all market conditions.

Sampling Programs in Vegetables. The focus of integrated pest management programs of vegetable crops such as tomato is to estimate population densities of individual species and apply management tactics only if economically justified. However, counting abundant and small organisms such as thrips is slow, arduous and costly. Therefore, we have developed a presence or absence sampling program which greatly reduces counting and handling time.

In presence or absence sampling, the proportion of flowers with one or more flower thrips is related to the mean density of each flower thrips species per flower. A sample estimate of incidence then is used to predict density. The binomial sampling program was developed from Taylors power law aggregation indices which relate variance to mean density. Their usefulness in developing our sampling program were that they provided a description of thrips distribution patterns changing with density.

Flower thrips become very active when samplers tap and blow on a tomato flower, thereby making presence or absence sampling reliable. A limitation of presence or absence sampling is that it can only be effectively used to estimate density when the proportion of infested samples is < 0.8 . Therefore, adults of western flower thrips and *F. tritici* are only reliably estimated at densities below about 1.4 per flower. For tobacco thrips adults, densities below about 2 per flower are reliably estimated with presence or absence sampling. For western flower thrips adults, the presence or absence sampling is useful in our sampling program considering the economic threshold density is 0.33 per flower. The proportion of infested flowers is 0.33 when the established economic threshold density is 0.33 per flower.

Taylors power law indices also were used to determine number of presence or absence samples needed as a function of mean density. A 25% level of precision is used in our scouting program. For western flower thrips adults, 18 samples per 5-hectare area are needed when density is 0.5 per flower. For larvae, 16 samples per 5-hectare area are needed when density is 0.5 per flower. Samples are taken from the upper half of tomato plants, because densities of thrips are greater on the upper half and because flowers on the lower half of plants do not produce marketable fruit.

Insecticides for Suppressing Outbreak Populations in Vegetables. Very few insecticides are available that are highly efficacious against western flower thrips in tomatoes. Methamidophos 4E (Valent USA Corp. Walnut Creek, CA) is an organophosphate insecticide that is efficacious. Fenprothrin 2.4EC (Valent USA Corp.) is a pyrethroid that is efficacious, but much more costly. Chlorpyrifos 50W (DwElanco USA, Indianapolis, IN) is an organophosphate that is fairly efficacious, and carbaryl) XLR4 (Rhone Poulenc Ag Co., Research Triangle Park, NC USA) is a carbamate insecticide that is fairly efficacious. Half-rate tank mixes of methamidophos/carbaryl and chlorpyrifos/esfenvalerate 0.66 (a pyrethroid from E.I. du Pont de Nemours & Co., Wilmington, DE USA) also provide suppression. In our management program, we recommend an integrated resistance management strategy to avoid development of insecticide resistance in flower thrips populations. When western flower thrips densities are >1 per flower, full rates of methamidophos 4E or fenprothrin 2.4 EC are recommended. Tank mixes of half rates of two products such as methamidophos 4E/carbaryl XLR4 or chlorpyrifos 50W/esfenvalerate 0.66 are not as efficacious, but give satisfactory suppression when western flower thrips densities are <1 per flower.

Tomato Spotted Wilt Virus Management in Vegetables. Two or three generations of western flower thrips migrate into vegetable fields during the spring production season. The

common sources of the thrips are nearby crops and wild vegetation. The exact sources of viriliferous adults is not known. Insecticides to suppress adult western flower thrips populations in vegetable fields do not prevent disease transmission; consequently, progress of tomato spotted wilt virus is characterized by two or three monocycles of disease. In commercial tomato fields, disease incidence ranges between 2 and 9%. Polycyclic development of tomato spotted wilt virus occurs in tomato fields if larval western flower thrips develop on infected plants and disperse to additional plants within the field after becoming adults. For this reason, suppression of larval populations with insecticides is recommended in our management program when densities are >0.33 per flower. Otherwise, large increases in disease incidence may occur late in the spring production season.

Disease incidence is very low in tomatoes in the fall because the western flower thrips is not present until the end of the growing season and because tomato is not a preferred host for tobacco thrips. However, peanut is an excellent host for tobacco thrips and tomato spotted wilt virus, and tomato fields in close proximity to peanut fields have a higher incidence of the disease. Apparently, tobacco thrips disperse from peanut and make a series of shallow probes on tomato before moving to another host. During a drought year, an epidemic occurred in tomato fields consisting almost solely of infection by migrant tobacco thrips adults from nearby peanuts. A cultural strategy of locating tomato fields at least 2 or 3 kilometers from nearest peanut fields now is recommended in our management program.

A commercial tomato cultivar with resistance to tomato spotted wilt virus has been released in Australia. The variety is not commercially acceptable in northern Florida and is not grown. Further, its resistance in northern Florida has not been adequately evaluated. Other tomato germplasm with resistance have been identified in the USA, but commercial cultivars have not yet been developed from them.

Tobacco Thrips Damage to Crops. Tobacco thrips injure seedling watermelon, pole beans, snap beans, cowpeas, peanuts, and other crops. Plants are able to withstand considerable injury before yield loss occurs. However, injury can result in delays in maturity. Additional abiotic and biotic stresses such as drought or cool weather can interact with tobacco thrips injury and result in even greater delays in maturity. This is a major problem for vegetable crops such as watermelon and cowpeas where early harvests are needed to obtain good market prices.

Peanuts are very tolerant of thrips injury, and even when severe final maturity and yield are little affected. However, combined effects of alachlor (Monsanto Chemical Co., St. Louis, MO USA) and paraquat (Zeneca Ag Products, Wilmington, DE USA) herbicides with moderate-to-severe thrips injury decreases seed yield and prolongs maturity and can result in substantial economic losses.

Management Programs for Tobacco Thrips

A therapeutic or treat-only-when-necessary management strategy is not available for tobacco thrips injury to seedling vegetables. Preventive strategies such as delayed planting are not feasible because of marketing constraints. Consequently, producers in northern Florida usually treat preventively with insecticides at planting or shortly after crop emergence. When alachlor and paraquat are needed for effective weed management in peanuts, thrips injury must be taken into account in management programs. Numerous insecticides are available that effectively suppress tobacco thrips when applied preventively. The most commonly used insecticides in peanuts are aldicarb 15G (Rhone Poulenc Ag Co., Research Triangle Park, NC USA), phorate 15G (American Cyanamid Co., Wayne, NJ USA), and acephate 75S (Valent USA Corp., Walnut Creek, CA). Delayed planting of peanuts after 1 May greatly reduces risk for damage from tobacco thrips, and is an agronomically acceptable strategy in northern Florida.

Management of Tomato Spotted Wilt Virus in Peanuts. Tobacco thrips are important vectors of tomato spotted wilt virus in peanuts. Peanuts are more tolerant of the disease than vegetable crops, and economic losses rarely are severe in northern Florida. Yield and quality losses in a field depend on both disease incidence and stage of crop growth when infected. Insecticides are rarely of benefit in reducing tomato spotted wilt virus spread within peanut fields. Planting between 1 May and 15 May reduces disease incidence, and is now recommended in management programs. The peanut variety 'Southern Runner' has partial resistance to tomato spotted wilt virus, and can be used to reduce economic losses.

Future Trends and Research Needs

Current management programs for western flower thrips, tobacco thrips, and tomato spotted wilt virus in northern Florida vegetable and agronomic crops integrate therapeutic and preventive management tactics, including insecticidal, cultural, biological, and plant resistance tactics. These management programs were developed from information on pest ecology and disease epidemiology, crop response to pest injury and disease infection, and economics of management and production. The goals of the integrated pest management program are to efficiently assess population status, to effectively suppress outbreak populations, to prevent unnecessary economic losses from both thrips and tomato spotted wilt virus, and to ensure sustainability of the management program and individual management tactics.

Only integrated pest management provides the scientific and practical basis to ensure long-term, sustainable solutions to pest problems; consequently, we will continue to avoid overreliance on any individual management tactic, such as resistant crop varieties or insecticides. In the future, we want to refine our integrated pest management programs to avoid unnecessary use of insecticides. A better understanding of plant response to injury from western flower thrips and tobacco thrips may allow for an increase in the economic injury level, thereby reducing insecticide use. By reducing insecticide use, this has an added benefit of maximizing natural mortality from abiotic factors such as weather and biotic

factors such as natural enemies, thereby further integrating management tactics. We plan to continue evaluating insecticides from additional chemical classes for efficacy against flower thrips. These can then be incorporated into the integrated insecticide resistance management strategy. Little is known about natural enemies of western flower thrips and tobacco thrips, consequently a better understanding of their natural enemies may lead to ways to increase biological control. Further, I recommend that plant breeders developing cultivars resistant to tomato spotted wilt virus focus on polygenic resistance and plant tolerance as being more stable than monogenic resistance.

Currently, growers in northern Florida accept losses in the spring from tomato spotted wilt virus that occur due to transmission by adults immigrating from outside sources. The sources of these viruliferous thrips therefore need to be identified. With this knowledge, it may be possible to devise cultural strategies to better manage disease losses. Understanding how tomato spotted wilt virus persists in the agroecosystem when crop hosts are not being produced (e.g., the winter months) also is important. It may be possible to culturally manipulate wild vegetation in the winter and early spring to reduce rates of disease increase in crops later in the year.

**DINAMICA POBLACIONAL Y ESTRATEGIAS DE MANEJO
DE *Frankliniella occidentalis* Pergande
(Thysanoptera: Thripidae) EN ORNAMENTALES Y FRUTALES**

Miguel Benavides R.¹

Resumen

Frankliniella occidentalis, es una plaga de importancia económica en los cultivos de ornamentales bajo invernadero y cultivos de frutas especialmente fresa. En el trabajo se presentan los resultados de diversos estudios realizados sobre este insecto en áreas cultivadas de la Sabana de Bogotá, durante los años de 1991 y 1992.

Se realizaron evaluaciones poblacionales de la plaga sobre trampas pegajosas azules, blancas y amarillas con el fin de escoger el color de mayor captura. El color azul presentó los índices de mayor captura. Tanto las trampas como las muestras de flores, sobre especies ornamentales reflejan una evolución similar de las poblaciones. Se establece la estrecha relación de *Frankliniella occidentalis*, con el período de floración de fresa.

Las estrategias de manejo integrado de la plaga se basan en el conocimiento taxonómico de la especie, estudios biológicos, programas de monitoreo, evaluación etológica, manejo cultural y químico, como también perspectivas futuras para el control biológico.

Introducción

El trips *Frankliniella occidentalis* es una importante plaga de ornamentales y fresa en la Sabana de Bogotá desde 1987. Se ha extendido a otros cultivos hortícolas tanto en campo al aire libre como bajo invernaderos.

Las características de esta plaga en cuanto se refiere a sus daños directos e indirectos, su biología y comportamiento ponen de manifiesto la dificultad de lograr un control químico eficiente de este insecto. Por esta razón, se presta mucha atención ahora a las medidas culturales y biológicas para su represión.

El presente trabajo aporta información sobre la eficacia de los métodos de captura con trampas adhesivas cromáticas, la estimación de poblaciones por medio de trampas y conteos de formas móviles, la cuantificación de poblaciones en diversos órganos de la planta, especialmente flores y folíolos. Estos son trabajos básicos que pueden ayudar a establecer estrategias racionales para el manejo de la plaga.

¹ Instituto Colombiano Agropecuario. Regional Uno. Sanidad Vegetal, Tibaitatá. A.A. 151123 El Dorado. Santafé de Bogotá.

Los trabajos fueron realizados a partir del año 1990, en diferentes empresas cultivadoras de flores bajo invernadero en la Sabana de Bogotá y en un cultivo de fresa a campo abierto en el municipio de Tenjo (Cundinamarca).

Métodos de captura

Para el seguimiento y evaluación de las poblaciones se usaron trampas de color azul, blanco y amarillo. La utilidad de estas trampas en el caso de *F. occidentalis* está ligada a dos elementos que se quiere estudiar. El primero se refiere a la eficacia en las capturas haciendo relación al color que es más atractivo para la especie. Fougoux (1988), Torres del Castillo y otros (1989) y Judin y otros (1987) indican que el amarillo y el blanco son más atractivos. Otros trabajos (Broadsgaard 1988) que los tonos de azul son más efectivos.

La trampa para monitorear poblaciones de trips consiste en una lámina acrílica de color azul de 10 x 8 pulgadas, para un total de 80 pulgadas. El principio de la trampa es muy sencillo. Los trips vuelan hacia ella atraídos por el color y se adhieren a ella pues previamente la lámina ha sido cubierta con un adherente comercial. Se debe colocar dentro del cultivo de tal manera que la parte superior de éste cubra el 50% del tercio inferior de la trampa. A medida que el cultivo vaya creciendo es necesario ir subiendo la trampa para conservar esta proporción.

Conteos

Las trampas se colocaron en el interior de invernaderos o cultivos abiertos de fresa en forma diagonal en número de cuatro por invernadero o hectárea cultivada. De cada trampa únicamente se hicieron conteos del 10% de los cuadros, es decir, se leyeron ocho (8) de los 80 cuadros en total. Los ocho cuadros que se leen en cada trampa deben ser seleccionados al azar, acudiendo a la tabla de números aleatorios. Los conteos se realizaron una vez por semana.

Migración

Las trampas son también muy útiles para medir el sentido migratorio de los trips. Para ello se colocaron fuera de los invernaderos o en la parte exterior de los cultivos. Al comparar los conteos de estas trampas con los conteos hechos en trampas situadas en el interior del cultivo, se puede determinar si existe migración del exterior al interior de los invernaderos.

Dispositivo experimental

En la primera experiencia se quiso determinar el color preferido por los trips. Para ello, se colocaron en plantas contiguas de rosa cuatro (4) trampas por color (azul, blanco, amarillo) a diferentes altura de la planta. Se hicieron lecturas semanales desde Diciembre de 1989 hasta Febrero de 1990.

Durante el segundo semestre de 1992 y primer semestre de 1993 se realizó la segunda experiencia. En una empresa de clavel standard bajo invernadero se hicieron conteos semanales en trampas azules, tanto en el interior como en el exterior de la plantación. Se relacionaron los datos de captura con temperatura y precipitación.

Teniendo en cuenta la distribución vertical de *F. occidentalis* en diferentes cultivos y su preferencia por flores, se hicieron muestreos periódicos de estructuras florales y folíolos en cultivos de fresa y rosa (tercera experiencia). Los especímenes fueron colectados en alcohol y los recuentos de formas móviles (larvas y adultos) se hicieron en el laboratorio bajo un estereoscopio.

Resultados de la primera experiencia

El análisis estadístico (Tabla 1) indicó que el color azul fue más eficaz para atraer adultos de *F. occidentalis*. Las poblaciones del insecto crecieron en sentido vertical si se tiene en cuenta la ubicación de la trampa a diferentes alturas de la planta. Si bien las trampas blancas registraron poblaciones intermedias, es necesario disponerlas dentro de los planes de monitoreo de la especie.

Considerando que el objetivo que se pretende con el monitoreo es detectar la presencia de la plaga y conocer la tendencia de la población a través del cultivo, se estima que el color azul cumple este requisito. Los resultados guardan concordancia con los obtenidos por Judin y otros (1987).

Tabla 1. Adultos de *F. occidentalis* capturados en trampas de diversos colores
Trampas de 20 x 25 cm, 12 trampas (cultivo de rosa, 1990).

Color de la trampa	Altura de la trampa (m)			
	0.6	1.2	1.8	2.4
Azul	18.4 _± 6.9a	18.6a _± 2.1a	137.0 _± 15.2a	234.4 _± 24.1a
Amarillo	13.4 _± 2.1b	13.5 _± 1.1b	114.2 _± 5.7	167.4 _± 10.7b
Blanco	13.2 _± 3.2b	14.2 _± 1.7b	116.2 _± 12.3b	187.4 _± 16.8b

Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (Duncan 5%)

Resultados de la segunda experiencia

Los trabajos sobre dinámica poblacional se hicieron a partir del segundo semestre de 1992 en un cultivo de clavel para exportación. Se emplearon cuatro trampas azules internas por bloque (aprox. 1 ha) y cuatro externas. Los resultados indicaron que ocho de los bloques

mostraron curvas poblacionales de adultos similares mientras que en los seis bloques restantes la dinámica fue irregular.

La captura de adultos interna y externa que se inicia en la semana 37 calendario 37 de 1992, mostró un primer "pico" hacia la semana 40, para bajar extremadamente en la semana 42; hacia la semana 45 tanto la población externa como la interna aumentó para decrecer en la semana 48. A partir de esta época la población interna se mantuvo baja para luego en la semana 8 de 1993 mostrar el "pico" más importante de captura; ésta es la época que coincide con la llamada "cola de cosecha" de temporada. La población externa fue mayor en las semanas 6 y 12 de 1993, sugiriendo que hay una migración hacia el interior de los invernaderos. Durante la presentación se ilustran estas tendencias con gráficas.

De acuerdo con el análisis estadístico la interacción sitio captura (interna y externa) por semana fue altamente significativa, o sea que en una misma semana tanto la población interna como la externa fue dinámica. Para la población de adultos externos la correlación (0.743) fue altamente significativa. Esto sugiere que se podría usar la población externa para predecir la interna teniendo en cuenta el modelo de regresión lineal simple $y = 2.124 \pm 0.429x$ ($y =$ No. de adultos internos; $x =$ número de adultos externos).

Las temperaturas internas y externas no parecieron ser determinantes en la dinámica poblacional. La precipitación sí parece ser un factor a tener en cuenta para explicar la baja poblacional del insecto y una posible migración hacia el interior de los invernaderos (se ilustra con gráficas durante la exposición oral).

Resultados de la experiencia tres

Los resultados de la experiencia tres en fresa indicaron que en el lote testigo (no tratado) hay dos "picos" poblacionales. El primero va desde el inicio de la floración hasta mediados de Septiembre. En este período, aunque el trips está presente, no aparecen daños significativos al cultivo. El segundo período se inicia a finales de Septiembre y se prolonga hasta Noviembre cuando se observa gran porcentaje de flores necrosadas y aparecen frutos deformes. Es por lo tanto el más importante. Muestra también que en este lapso la población del trips se establece exclusivamente en los órganos florales de la planta. Es importante señalar que la presencia de larvas y adultos en la parte vegetativa de las plantas es ínfima.

En el caso del lote tratado con insecticidas, se encontró que en el primer ciclo del cultivo la población fue muy baja lo cual sugiere que no se justifican las aplicaciones. La primera aplicación se hizo a fines de Agosto. Posteriormente se hicieron cuatro aplicaciones espaciadas cinco (5) días, debido a que se observó aumento poblacional de posturas en el cáliz. El total de aplicaciones fue de cinco y se logró mantener la población del insecto por debajo de los niveles de daño económico. Sin embargo, la población aumentó bruscamente durante el segundo período de floración superando el nivel de tolerancia.

Estrategias básicas para el manejo

Control cultural. Consiste en la utilización de prácticas agrícolas con el propósito de contribuir a prevenir los daños del insecto y hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo. Como las malezas se constituyen en refugios intermedios de poblaciones, la limpieza de los bordes externos circundantes a los invernaderos y cultivos abiertos ("franja de seguridad externa") es práctica cultural esencial.

Control etológico. Consiste en la utilización de métodos de captura obligada de la plaga aprovechando el comportamiento del insecto. La ubicación de franjas de plástico azul con adherente en las "franjas de seguridad externa" es recomendable.

Control químico. Los insecticidas son las herramientas más usadas en la lucha contra este insecto. Son usados en aplicaciones foliares y la mayoría tienen acción por contacto e ingestión. Se relacionan los productos más utilizados para la represión de trips:

Organofosforados: diclorvos, diazinon, clorpirifos

Carbamatos: metiocarb, metomil

Organoclorados: endosulfan, lactona macrociclina

Piretroides: permetrin, fluvalinato, cihalotrina

Abamectina: avermectina

Control biológico. Asociadas a las poblaciones del trips se ha registrado la presencia de la chinche predadora *Orius* sp (Hemiptera: Anthocoridae), abundante en la maleza denominada "carretón". Las poblaciones sobre los cultivos son bajas.

REFERENCIAS

- Broadsgaard, H. F. 1989. Coloured sticky traps for *Frankliniella occidentalis* in glasshouse. J. Appl. Entomol. 107: 136-140.
- Fougerox, S. 1988. Aux quatre coins de France: *Frankliniella occidentalis*. Phytoma 403: 43-45.
- Judin y otros. 1987. Color preference of thrips with reference to aphids and leafminers in Hawaiian lettuce farms. J. Econ. Entomol. 80: 51-55.
- Lacasa, A. 1990. Un trienio de *Frankliniella occidentalis* en España: evolución temporal y espacial de una plaga importante. Phytoma 6: 3-8.
- Torres del Castillo y otros. 1990. Preferencia de color de *Frankliniella occidentalis* Pergande, en invernadero. Bol. San. Veg. 16: 363-371.

MANEJO DE POBLACIONES DE TRIPS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA SABANA DE BOGOTA

Harold Zúñiga V.¹

Resumen

Con base en la experiencia de once años de trabajos continuos en la asistencia técnica de producción para flores de exportación, especialmente Rosas, Alstroemerias y Dianthus, se desarrolla este documento el cual trata los siguientes temas:

Impacto de la utilización de pesticidas sobre la población de artrópodos plagas con especial énfasis a trips: desde la década de los años ochenta hasta la presente. Se establece un paralelo entre la presencia en el mercado de diferentes grupos químicos (compuestos cíclicos organofosforados, carbamatos, piretroides sintéticos y derivados de plantas y animales) correlacionado en el comportamiento de las diferentes plagas en los cultivos de flores.

Análisis de introducción, establecimiento, desarrollo, propagación y explosión de poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en la sabana de Bogotá.

Desarrollo y establecimiento de un programa de manejo integrado de trips en base a tres factores fundamentales: el insecto plaga, la planta huésped y los factores ambientales.

El conocimiento entomológico del insecto plaga de acuerdo con su ciclo biológico, ubicación preferente en la planta, hábitos alimenticios y fluctuación anual de poblaciones los cuales son empleados como herramienta básica de manejo.

De igual manera el conocimiento de la planta huésped, cultivo agrícola en donde se enfoca el interés económico, es aprovechado a través del manejo de los factores de producción tales como variedad, manejo de plantas, prácticas culturales, como alternativas de manejo de poblaciones de trips.

Los factores ambientales que giran sobre el desarrollo de la planta: suelo, riego, fertilización, fauna, flora y tipo de invernadero entre otros se conjugan con el conocimiento de la planta y del insecto plaga para tomar finalmente las decisiones de un verdadero manejo integrado de plagas.

Finalmente se establecen las recomendaciones dirigidas a analizar los problemas fitosanitarios de manera integral desde se invita a participar a las entidades gubernamentales, gremiales y científicas para el manejo de estas situaciones en forma racional.

¹ Flores de Tenjo. A.A. 151520, Santafé de Bogotá.

Introducción

Esta presentación está basada en las experiencias de once años del autor como Ingeniero Agrónomo dedicado a ejercer su profesión en la producción de flores para exportación. El propósito es brindar información práctica sobre las posibilidades de establecer un programa de manejo integrado de plagas con énfasis en manejo del trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Las técnicas propuestas han permitido mantener niveles de población bajos y niveles de producción adecuados con buena aceptación de la calidad del producto en los mercados internacionales.

Antecedentes

La Sabana de Bogotá se encuentra en la región Andina. Tiene una extensión de 154340 ha, de las cuales unas 4800 se encuentran actualmente cultivadas con flores bajo invernadero. Este es un importante renglón de la economía nacional.

En general, podría decirse que la floricultura colombiana se ha desarrollado sin programas orientados a optimizar el uso de los recursos tecnológicos o administrar adecuadamente los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico. No se han establecido medidas de cuarentena adecuadas que permitan controlar el uso, manejo y distribución de material vegetal ni se ha hecho un manejo racional de los agroquímicos. Es necesario usar correctivos para estos problemas con el fin de desarrollar planes de producción que permitan llegar a mantener el equilibrio ecológico.

La experiencia ha demostrado que es posible desarrollar sistemas de manejo de plagas y enfermedades que además de reducir los costos de producción y mantener una buena calidad permiten conservar un equilibrio relativo dentro del ecosistema. Todo a partir de investigación básica desarrollada durante los últimos 10 años y que debe servir como punto de referencia para una investigación más ortodoxa.

El impacto causado por la utilización de plaguicidas sobre las poblaciones de artrópodos plagas, especialmente del trips *F. occidentalis* son tomados como base para desarrollo del presente trabajo.

A comienzos de la década de los años ochenta el principal problema entomológico en los cultivos de flores estaba definido por los ácaros. Su manejo se realizaba con base en controles químicos a través del empleo de productos organoclorados, organofosforados y carbamatos.

En 1985 apareció en el mercado una nueva generación de productos químicos el avermectin-b producto natural derivado del microorganismo del suelo *Streptomyces avermitilis* con buena actividad insecticida y acaricida. Fue introducido como un producto al cual los artrópodos que controla no habían desarrollado resistencia, razón por la cual se recomienda su uso en forma continuada. Durante los siguientes cinco años los ácaros dejaron de ser un problema para los floricultores.

En 1984 se registró la presencia de *F. occidentalis*, especie introducida al país a través de la importación de material vegetal, especialmente de crisantemos. Este insecto adquirió rápidamente una gran importancia económica.

En 1990 los daños producidos por *F. occidentales* fueron de incalculable valor económico. El desconocimiento sobre la sintomatología inicial de los daños producidos por esta plaga y el manejo irracional a base de agroquímicos contribuyeron decisivamente en el desarrollo de la problemática actual.

Las circunstancias anteriormente mencionadas sobre las cuales se enmarca la situación de los trips han obligado a desarrollar un sistema de manejo que debe originarse sobre todos los elementos que giran alrededor de la planta y que de alguna manera son alterados por las técnicas de producción establecidas por el hombre.

Es así como se desarrolló y se mantiene un programa de manejo integrado de trips con base en tres factores fundamentales: el insecto plaga, la planta huésped y los factores ambientales.

1.1 El insecto plaga

El conocimiento del insecto plaga es el primer factor que debemos tener en cuenta para establecer un programa de manejo integrado.

Determinar el ciclo biológico nos permite conocer cuáles son los estados más susceptibles del insecto sobre los cuales debemos concentrar nuestra atención para establecer su control.

Los huevos de *F. occidentalis* colocados dentro del tejido vegetal hacen muy difícil su control en este estado; sin embargo, es importante identificar visualmente las posturas para evaluar el nivel de ataque potencial.

Las ninfas de trips son individuos bastante frágiles, pero su tamaño y ubicación en la planta dificultan su control. Son individuos que se localizan en sitios de la planta difíciles de llegar con cualquier producto químico, sin embargo bajo estas circunstancias el control manual sobre los botones ha ofrecido buenos resultados en cultivos de rosa y clavel. La técnica consiste en ejercer una leve presión con los dedos sobre botones inmaduros para eliminar la población de larvas y adultos localizados dentro de la flor sin disminuir la calidad. El costo de esta operación es significativamente más bajo comparado con cualquier otra labor realizada en el cultivo y especialmente más económico y más sano que la ejecución de una aplicación de agroquímicos.

Una forma fácil de evaluar las poblaciones de pupas consiste en depositar suelo de los primeros 10 milímetros en un balde con solución al 10% de cloruro de sodio por un minuto. Las pupas sobrenadan y se pueden observar en la superficie de la solución.

Las pupas se localizan en la superficie del suelo. Tanto el lugar de ubicación como el estado del insecto hacen muy difícil su control químico pero podemos hacer uso de otras técnicas para contrarrestar poblaciones de trips y romper su ciclo.

La aplicación de materia orgánica en el suelo en forma de compost, preferiblemente humus producido por la lombriz de tierra *Eisenia foetida*, permite obtener múltiples beneficios porque simultáneamente enriquecemos el suelo de microflora y microfauna que ejercen control biológico sobre los estados de pupa del trips, se mejoran las condiciones químicas y físicas del suelo y por consiguiente la nutrición de las plantas es más balanceada. Otra forma consiste en hacer la remoción de la capa superficial del suelo con el objeto de perturbar el habitat inicial de las pupas y simultáneamente mejorar las condiciones de aireación del suelo.

1.1.1 Hábitos alimenticios

Los trips son insectos polífagos y se encuentran en un gran número de plantas hospedantes. Se alimentan a través de sus partes bucales asimétricas, las cuales están diseñadas para raspar y triturar la superficie suave de los tejidos de la planta y luego chupar los jugos exudados. El área herida de la planta se torna blanca y esto produce el plateado manchado y rayado del follaje y las flores, típico daño causado por los trips. Estas rayas son rojas o rosadas en claveles blancos y blancas en claveles rojas. Los daños se confunden fácilmente con características genéticas o daños causados por el frío.

En el cultivo de rosas los daños en el follaje se presentan principalmente sobre tejido tierno. Es común observar manchas cloróticas y deformaciones sobre el tejido de las hojas donde los trips se alimentan. También se observan pequeños puntos cloróticos sobre el follaje, típico daño producido por las posturas de trips. En las flores se presenta necrosamiento sobre los bordes de los pétalos lo cual demerita totalmente la calidad.

De acuerdo con estas características, nuestra estrategia de control se debe hacer de la siguiente manera:

Mantener alrededor de los invernaderos un cordón de aproximadamente diez metros de ancho libre de malezas y a partir del cual se debe conservar una flora natural que actúe como cultivo de distracción para los trips.

La preferencia por tejido meristemático puede ser utilizada a nuestro favor si mantenemos producciones en estado de desarrollo más uniforme, situación que nos permite ejercer un mejor sistema de monitoreo en las etapas más críticas del desarrollo de la producción.

1.2 La planta huésped

La planta huésped es nuestro centro de atención y cuidado. Alrededor de ella giran todos los factores ambientales, factores de producción, insectos plagas, enfermedades, etc. El éxito de la producción depende del manejo acertado que hagamos de todos los medios disponibles de producción.

Para comprender esta fase de manejo fitosanitario, en general debemos partir del concepto de que la planta en sí misma bajo condiciones normales de producción esta capacitada para resistir naturalmente condiciones de stress producidas por factores externos.

Características genéticas tales como pilosidad, dureza del tejido, cerosidad y acción repelente son condiciones adquiridas por la planta para establecer su perpetuidad; sin embargo, el hombre modifica muchas veces estas condiciones con las técnicas establecidas de producción: manejo de riego, fertilizaciones, densidades de siembra, manejo de productos fitosanitarios, etc.

1.3 Factores ambientales (externos)

Los factores ambientales son generalmente los medios que tenemos a nuestra disposición para mejorar la productividad. Su buen uso permite una buena producción y crear condiciones a la planta para resistir situaciones de adversidad.

1.3.1 Invernaderos

Generalmente son diseñados para controlar condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, pero también sirven como barrera contra plagas y enfermedades. Un buen invernadero debe ser hermético y al mismo tiempo muy ventilado de tal forma que pueda ser manejado según las condiciones climáticas.

Para controlar migraciones de poblaciones de trips hacia el interior de los invernaderos se están empleando cortinas de saran o anjeos sintéticos colocados sobre los sitios de mayor ventilación. El saran se instala fijo sobre los puentes y cortinas de los invernaderos; de esta forma se contrarresta la llegada de nuevas poblaciones de trips. Otra forma de reducir la migración de poblaciones hacia los invernaderos consiste en instalar ductos plásticos inflables sobre las cumbreras de los invernaderos para evitar el paso de los trips por estos lugares. Ensayos de instalación de trampas azules a diferentes alturas indican que se han capturado adultos de trips hasta cuatro metros de altura dentro de los invernaderos.

El manejo de cortinas cuando no existe saran es importante para ayuda a contrarrestar poblaciones. En estos casos con la ayuda de trampas azules se pueden identificar los sitios por los cuales ocurre el desplazamiento de los trips.

1.3.2 Fertilización

Las plantas no desarrollan todo su potencial de crecimiento, ni producen las cosechas correspondientes, debido a las pérdidas que originan las enfermedades y las plagas. En relación con este tema pueden abordarse algunos aspectos del abonado que están en la frontera que separa la nutrición vegetal de la protección fitosanitaria. Sería ideal que las plantas, mediante un abonado correcto fueran resistentes al ataque de insectos, hongos o bacterias; pero esto no es posible. Sin embargo, las medidas para mejorar la resistencia natural deben ser aprovechadas al máximo con el objeto de reducir en lo posible la lucha directa con los plaguicidas.

La influencia de la fertilización sobre el manejo de plagas es muy importante, aunque hoy existe poca investigación sobre su relación e influencia directa. Actualmente tenemos

ejemplos muy concretos como es el caso del exceso de nitrógeno y el aumento de las poblaciones de ácaros. También son determinantes las deficiencias de potasio en relación con el aumento de poblaciones de áfidos debido a la reducción de hidratos de carbono (paredes celulares más delgadas y poco rígidas), lo que facilita el ataque de parásitos, además se reducen algunos productos intermedios del metabolismo, por ejemplo: aumento de azúcar en lugar de almidón.

- Los niveles de Ca y K son un factor muy importante que determinan la rigidez de los tejidos celulares y crean resistencia natural de la planta a daños producidos por plagas.
- El sílice es un elemento al cual no se le ha dado mucha importancia dentro de un programa de fertilización, sin embargo la deficiencia de este elemento impide la silificación de la epidermis de las hojas, lo cual favorece el ataque de plagas.

Se han observado menores poblaciones de trips en variedades susceptibles con fertilización orgánica al suelo especialmente humus de lombriz de tierra debido posiblemente a un efecto entomopatógeno del humus sobre pupas de trips.

1.3.3 Prácticas culturales

En todo cultivo de flores debemos evitar siempre la presencia de flor abierta y malezas, sitios en los cuales se desarrollan poblaciones de trips que se encuentran fuera de control.

Las malezas deben controlarse sobre un perímetro de 10 metros al rededor de la finca. El área que se encuentra por fuera de este perímetro debe conservar todo tipo de vegetación para que ésta actúe como alimento de distracción para los trips.

El establecimiento de franjas vivas con árboles nativos alrededor del cultivo sirve también como barrera para trips y demás problemas fitosanitarios que se desplacen a través del viento.

1.3.4 Manejo de productos fitosanitarios

La decisión de aplicar cualquier agroquímico debe estar siempre fundamentada en un programa de monitoreo permanente sobre todo el cultivo.

El monitoreo debe hacerse siempre en cuatro lugares claves:

- Primero: sobre trampas azules ubicadas a la altura de los botones florales, para captura de adultos se recomienda una trampa por cada 50 m² localizadas preferiblemente hacia los costados laterales de cada invernadero.
- Segundo: el tejido vegetal tierno por el envés de las hojas donde se observan fácilmente posturas, larvas y adultos.

- Tercero: dentro de botones florales y finalmente en la superficie del suelo con aplicación de la técnica de solución de cloruro de sodio para evaluar poblaciones de pupas.

Actualmente no existen estudios que nos permitan determinar los niveles de daño económico en cultivos de flores; tampoco existen correlaciones entre capturas en trampa, poblaciones de huevos, larvas y adultos sobre la planta y las poblaciones de pupas en el suelo.

Sin embargo, con base en la experiencia en el manejo de otras plagas se ha tomado como referencia los siguientes niveles para efectuar una aplicación: cuatro adultos/pulg.² sobre las trampas azules y un promedio de dos adultos por botón floral.

Debemos recordar que las poblaciones de pupas en el suelo y huevos sobre el follaje deben servir como punto de referencia y además su control debe ser diferente al químico.

Tomada la decisión de aplicar se deben considerar ciertas características de los insecticidas en general.

Los insecticidas son una herramienta muy útil dentro de un manejo de plagas, pero deben ser siempre el último recurso que debemos aprovechar luego de agotar todas las medidas anteriormente anotadas.

La formulación de un agroquímico es una característica que recibe poca atención por parte de los técnicos cuando toman la decisión de aplicación. Por esta razón es importante anotar que las formulaciones más comunes en nuestro medio son las acuosas tipo concentrado soluble y las tipo concentrado emulsionable.

Las formulaciones tipo concentrado soluble tienen la ventaja de ser menos corrosivas, conservan más las capas lipofílicas de las hojas, lo cual es una característica de la resistencia natural de las plantas. Presentan la desventaja de reaccionar con aguas duras y su baja compatibilidad con la cutícula de los insectos.

También es importante conocer el modo de acción de un insecticida el cual está relacionado con las características de condiciones de movilidad o localización que definen cuándo un insecticida es sistémico y cuándo es de contacto o ingestión.

Pero más importante aún es conocer su mecanismo de acción el cual está relacionado con el tipo de interferencia biológica. La mayoría de los insecticidas son neurotóxicos que llevan a cabo su efecto a través del sistema nervioso de los insectos.

Los agroquímicos usualmente empleados para el control de trips deben ser siempre evaluados de acuerdo al tipo de cultivo, tipo de invernadero, condiciones climáticas, dosificaciones, etc. antes de decidir hacer aplicaciones generalizadas.

Los productos químicos actualmente usados para el control de trips en el cultivo de rosa y que pueden servir como referencia para otros cultivos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Insecticidas recomendados para el control de *Frankliniella occidentalis*

Producto	Toxicidad oral (mg/kg) LD ₅₀	Grupo de ingrediente activo	Formulación	Dosis i.a./ha
methiocarb	130	carbamato	W.P.	1838 gr.
diazinon	300	órgano fosforado	E.C.	900 cc
lambda- cyhalothrin	56	piretroide	E.C.	5 gr
diclorvos	56	órgano fosforado	E.C.	545 gr
metomyl	17	carbamato	L W.P.	1000 gr

Además del empleo de productos químicos los cuales tienen uso restringido sobre las flores comercializadas en el mercado internacional, se realizan actualmente ensayos con productos naturales a base de aceites vegetales y jabones compuestos de ácidos grasos y sales de potasio que presentan poder insecticida pero estos productos se encuentran actualmente en etapa de desarrollo.

El uso de productos naturales para el control de trips, así como también la posibilidad de utilizar algunos depredadores como especies de tisanópteros (genero *Aelothrips*) y especialmente ácaros de la familia Phytoseiidae (genero *Amblyseius*) forman el complemento racional para el manejo de poblaciones de *F. occidentalis*.

En todos los casos, debemos recordar que para desarrollar un manejo de trips es necesario interrelacionar los conocimientos sobre el insecto, la planta huésped y los factores ambientales que les rodean. Es necesario tener en cuenta que el uso de plaguicidas es importante si se maneja adecuadamente pero que puede ser contraproducente si no se tienen en cuenta los efectos negativos que se pueden derivar de su mal uso.

REFERENCIAS

- Arnold, F. 1985. Fertilizantes y Fertilización. Editorial Reverté S.A., España 1 - 439
- Asocolflores MSD Agvet. 1990. Memorias del Simposio Latinoamericano de Flores y Plantas Ornamentales. Sing V.O., Maldonado, M. y Pizano, M. (ed.). Bogotá. 211 pp.
- Cuadernos Phytoma. 1990. Primer Simposio Internacional sobre: *Frankliniella occidentalis* (Perg.) Phytoma. España. 72 pp.
- Powell C. C. and R. K. Lindquist. 1992. Ball Pest and Disease Manual, Ball Publishing 331 pp.
- Roses Incorporated. 1987. A Manual of Greenhouse Rose Production. Robert W. Langhans. Cornell University, Ithaca, New York. 372 pp.
- Thomson, W. T. 1992. Agricultural Chemicals Book. Insecticides. Thomson Publications. California. 302 pp.