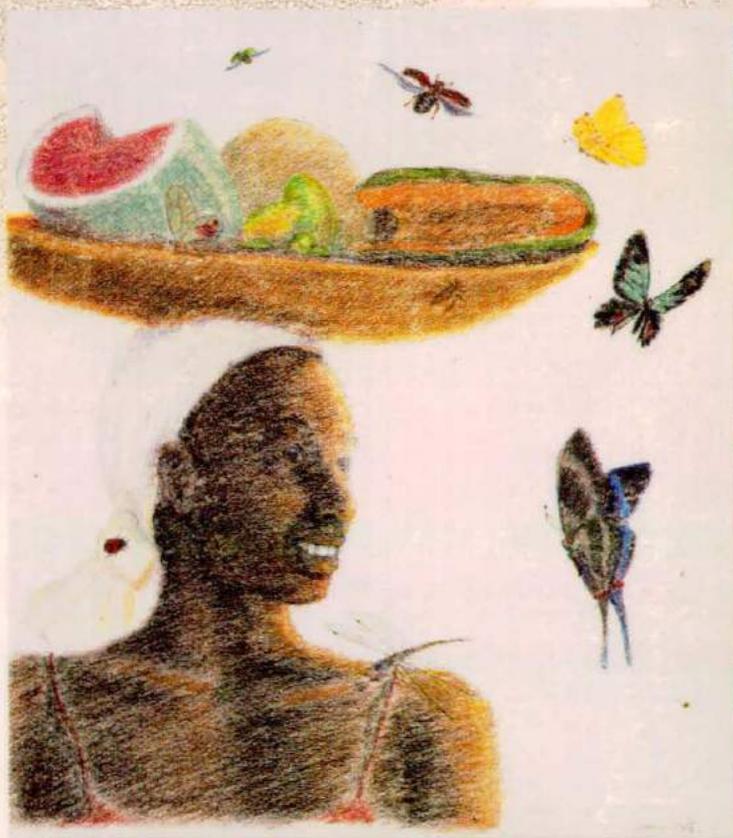


Memorias

XXIII Congreso

Cartagena de Indias

Julio 17, 18, 19/ 96



**SOCIEDAD
COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGIA**

**SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGIA
SOCOLEN**

**MEMORIAS
XXIII CONGRESO**
Cartagena de Indias
Julio 17 - 19 de 1996

95.7
:55
996
).1

011613

COMITE ORGANIZADOR DEL XXIII CONGRESO

Presidente	Valentín Lobatón
Secretaria	Nacira Palomo
Tesorero	Plinio Puche
Revisor Fiscal	Uriel Gómez

Coordinadores de Comisiones

Académica	Ana Luz Espitia
Financiera	Jorge Romero
Publicidad	Rogelio Rodríguez
Recursos Físicos	Edison Ortega
Eventos Sociales	Carlos López
Relaciones Internacionales	Nora Jiménez

JUNTA DIRECTIVA DE SOCOLEN

Presidente	Aristóbulo López
Vicepresidente	Alfredo Acosta
Secretaria	Judith Sarmiento
Tesorero	Alberto Caro
Revisor Fiscal	Jorge Enrique García

VOCALES

PRINCIPALES	SUPLENTES
Raúl Pardo	Hugo Calvache
Jesús Emilio Luque	José Ricardo Cure
Oscar Alonso Gil	Alvaro González

PRESENTACION

Conscientes de que una manera de actualizar los conocimientos en cualquier rama del saber humano en general y en nuestra disciplina en particular es aprovechando la experiencia de los más versados en ellas, en esta publicación y con el interés de que en el futuro estas experiencias estén disponibles en cualquier momento recopilamos el aporte tanto de los conferencistas magistrales como de los expositores de los diversos simposios.

Es interés de nuestra Sociedad que las experiencias aquí consignadas sirvan para mejorar el bagaje intelectual con el cual deberemos afrontar el resto del lema de nuestro congreso, esto es "Renace la esperanza en una agricultura limpia y rentable para todos" con la precisión de que el deseo verdadero que nos motiva es el de trascender a un "entorno limpio y rentable para todos".

En este orden de ideas, esta publicación recoge además del aporte de los entomólogos dedicados a resolver los problemas de los cultivos el de los entomólogos dedicados al manejo de las enfermedades de los humanos o de los animales en los cuales los artrópodos actúan como vectores.

A todos los participantes en el XXIII Congreso GRACIAS por haber creído en nosotros pues sin su ayuda hubiese sido imposible realizarlo.

SLOGAN DEL XXIII CONGRESO

**RENACE LA ESPERANZA EN UNA AGRICULTURA
LIMPIA Y RENTABLE PARA TODOS**

**EN LA CONMEMORACION DEL CENTENARIO DEL NATALICIO DE
LUIS MARIA MURILLO QUINCHE
PIONERO DE LA ENTOMOLOGIA EN COLOMBIA**

Los 23 años que nos separan del primer congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología no desvanecen aún de mi memoria el recuerdo del homenaje que conmovido recibió mi padre en aquel evento coincidente con su penúltimo cumpleaños. Y tan fresca como aquella evocación, guardo la memoria del trascendente reconocimiento que ocho años después perpetuó en Tibaitatá su nombre al bautizar con el suyo la Colección Taxonómica Nacional. Demostraciones de aprecio que hoy me traen a conmemorar con ustedes el primer centenario de su nacimiento, a recibir con afecto y en su nombre el cálido homenaje de quienes han guardado con celo su memoria, de quienes han engrandecido una profesión y multiplicado los conocimientos de una disciplina de la que mi padre fuera uno de sus pioneros.

Las primeras décadas del presente siglo representan para el país el inicio de la entomología con dos grandes abanderados, Francisco Luis Gallego en el campo educativo y Luis María Murillo en el de la ciencia aplicada. Su quehacer admirable en medio de las dificultades, marcó la senda que muchos insignes Colombianos émulos de su amor por la sabiduría y por el progreso de la patria han construido, asegurando un promisorio futuro a la disciplina que hace tan sólo sesenta años era excéntrica dedicación de empeñados idealistas. Por ello el abordar algunos sucesos históricos de la entomología en Colombia, desee, aunque no sin el temor de olvidos de quien ha abrazado al ejercicio de otra profesión, rendir como lo harían mi padre, reconocimiento a la memoria de esos quijotes colombianos y extranjeros que sembraron con fructíferos resultados la semilla de la entomología; como Adriano Cabal, Amadeo Lagoeyte, Belisario Losada, Joaquín Santamaría, Vicente Velasco Llanos, Alvaro Verano, Charles H. Ballou, entomólogo norteamericano vinculado en 1929 a la estación experimental de Medellín, Edward Chapin, del instituto Smithsonian de Washington y jefe del Museo Nacional de los Estados Unidos, el hermano Apolinar María, fundador de la Sociedad Científica de la Salle, antecesora de la Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales, Carlos Marín, hermano Osorno Mesa y Francisco José Otoya, excelentes investigadores de los institutos de Biología y ciencias naturales, Rene Paul Robat, entomólogo belga al servicio de la Federación Nacional de Cafeteros, un una generación más reciente, que antecede tal vez a la mayoría de los aquí reunidos, entre quienes podría mencionar no sin riesgo de equivocaciones, a Nelson Delgado, Iván Jiménez, Carl Knot, Rafael León García, a Hernán Alcaraz Vieco, presidente fundador de esta Sociedad, a Antonio Beltrán Rincón reconocido por sus aportes al conocimiento de las plagas del arroz y el algodón, a Luis Armando Bermúdez, Alex Bustillo, Lucrecio Lara, Lázaro Posada, Alfredo Saldarriaga y Raúl Vélez, abanderados de la entomología forestal, a Adalberto Figueroa, autor de "La ruptura de un equilibrio" y defensor del control biológico de las plagas, a Rafael González Mendoza, investigador de las moscas

de la fruta, a Miguel A. Ravelo, ganador en 1964 del premio Angel Escobar en 1964, y presidente de la Asociación Latinoamericana de Entomología, a Robert F. Ruppel científico de la asistencia técnica de la Fundación Rockefeller, a Isabel Sanabria de Arévalo, importante compiladora del "Catálogo de insectos de importancia económica en Colombia", a Germán O. Valenzuela, fundador con Hernán Alcaraz, Hugo Calvache, Teodoro Daza, Adalbert Figueroa, Darío Galindo, Benigno Lozano, Jorge Menocal, Alfredo Saldarriaga y Raúl Vélez, entre otros, de la Sociedad Colombiana de Entomología.

Y como no rendir también tributo a todos los entomólogos que hoy en diferentes campos trabajan en el país con vocación admirable. Hagámoslo, entonces, a través de la distinguida junta directiva de la sociedad que los representa, del doctor Aristóbulo López Avila su presidente, y de los doctores Alfredo Acosta, Judith Sarmiento, Hugo Calvache, Jorge García, Rubén Restrepo, Miguel Benavides, Emilio Luque, Iván Zuluaga, Dora Alba Rodríguez y Raúl Pardo.

De este presente promisorio, retornemos al pasado incierto, y reencontrémonos con el bachiller-entomólogo que era mi padre en 1928. Encarnaba entonces una ciencia en el país desconocida, que oficialmente sólo disponía de este entomólogo en ciernes, en un ministerio de industrias que contaba por todo presupuesto un millón y medio de pesos colombianos, cuando la entomología económica en Estados Unidos contaba con más de seiscientos entomólogos y varios millones de dólares al año. Acababa de nacer el 19 de octubre de 1927 la sección de Sanidad Vegetal bajo la dirección de Luis María Murillo, agrónomo ayudante (porque jamás fue nombrado un jefe) quien con sus propios recursos dotó la incipiente sección, dividiéndola en los departamentos de botánica, fitopatología y entomología. Se hizo cargo en este último y dejó en manos del agrónomo Antonio Miranda el de fisiopatología y a cargo del padre Enrique Pérez Arbelaez, cuyo centenario de nacimiento se ha conmemorado en el pasado mes de marzo, el de botánica.

Pero la entomología, término desconocida para la época, era para los pocos que alguna noción tenían del vocablo, una chifladura, cuando no un gravísimo desperdicio del presupuesto nacional. No comprendían que "esos bichos insignificantes podían destruir millones de dólares anuales de la economía". Hasta el Senado de la República llegó el juicio al joven entomólogo Murillo, pero sus jueces Carlos Uribe Echeverri y Emilio Robledo le dieron su confianza. "El bachiller entomólogo había sido pesado y hallado justo por la balanza de la democracia" diría en sus memorias el entonces encausado.

Los conocimientos entomológicos de otras latitudes, no aplicables a nuestro medio fueron estímulo decisivo a sus investigaciones. Y en medio de las precarias condiciones de la época recorrió el país entero aún a lomo de mula y por caminos polvorientos y en goletas hasta el archipiélago de San Andrés y Providencia, descubriendo plagas y describiendo sus hábitos, su relación con el ambiente, su distribución geográfica y nuevas formas para combatirlos, e inició una colección que llegaría a más de

100.000 insectos y que sometida a constantes y lamentables pérdidas, encontró en Tibaitatá morada definitiva.

Temeroso del daño de los ecosistemas por los insecticidas, centró sus investigaciones en la lucha biológica de las plagas, cuya primera aplicación conoció el país en 1913 cuando Federico Lleras Acosta y Luis Zea Uribe combatieron la langosta invasora con un cocobacilo. En la obra de Murillo encuentran los descubridores de la lucha biológica, Erasmo Darwin, Carlos de Geer, Alberto Koebele, René Antonio de Reaumur y Antonio Vallisnieri al primer gran abanderado de ella en nuestro medio. Sus cuatro décadas de servicios al estado iniciadas en el entonces Ministerio de Industrias fueron su lucha permanente contra el uso indiscriminado de los insecticidas y en favor de la represión de las plagas por sus predadores naturales, trabajos que le valieron su ingreso como miembro honorario a la Real Sociedad de Entomología de Bélgica y en Colombia el reconocimiento con la Cruz de Boyacá durante el gobierno de Alberto Lleras Camargo.

Utilizando la avispa *Aphelinus mali*, Luis María Murillo controlaría al *Eriosoma lanigerus* de los manzanos en Boyacá en 1929, se valdría del *Criptolaemus monstrousieri* contra la palomilla del café, reprimiría a la *Diatrea sacharalis*, gusano barrenador de la caña, mediante la *Trichogramma minutum*, introduciría un hematófago originario de las Filipinas, la Spalangidae, para combatir la *Lyperosia* en el Huila; haría objeto del más completo estudio al gusano rosado colombiano del algodón, *Sacadodes pyralis* y a la *Aphanteles turbariae*, avispa parásita de sus rosadas larvas, medio eficaz de reprimirlo y principal motivo de su obra "Sentido de una lucha biológica", y con Francisco José Otoya, Hernando Osorno y Carlos Marín, entonces sus colaboradores, en 1948 haría lo que calificaría como una espectacular lucha biológica, al erradicar la *Icerya purchasy*, plaga de las plantas ornamentales con la *Rodolia cardinalis*.

Pero aquellas fascinantes gesta, son hoy quehacer cotidiano de los entomólogos, y no pretendo embebido por el pasado cautivante prolongar estos deshilvanados retazos de historia. Deseo en cambio dedicar las palabras finales, a expresar a esta sociedad, en nombre de toda mi familia, la profunda gratitud con que recibimos este homenaje que devuelve al presente el nombre de mi padre. La dedicación ejemplar y el entusiasmo de sus miembros que trasluce de la organización de SOCOLEN y de la pulcritud de sus publicaciones, se convierten en certeza de que en medio del común desamparo de nuestras sociedades científicas por parte del Estado, la entomología se encuentra en las mejores manos y los frutos del mañana no serán menores que los que hoy apreciamos de sus adalides del pasado.

LUIS MARIA MURILLO SARMIENTO M.D.

CONTENIDO

CONFERENCIAS MAGISTRALES

Biología y manejo de la polilla de la papa <i>Tecia solanivora</i> en Venezuela Francia Torres Wills	2
El minador de las hojas de los cítricos (<i>Phyllocnistis citrella</i>, Stainton) Oscar Castaño P.	9
Avances sobre la manipulación genética en el control de artrópodos de interés médico y veterinario Sergio Orduz Peralta	24
Impacto de <i>Bemisia tabaci</i> en Mesoamérica y opciones para su manejo Luko Hilje.	45
Estrategias para el control de cercópidos: problemas y perspectivas Stephen L. Lapointe, Dan Peck, Craig Yencho & José Raul Valerio.	52
Resistance of plants to herbivorous insects: Can this resistance fail? Roxanne M. Broadway.	55
La industria de protección de cultivos en Colombia Alfredo Ruiz G.	65

SIMPOSIO ENTOMOLOGIA MEDICA

Los simulidos (Diptera : Simuliidae) y su importancia sanitaria en Colombia

Paulina Muños de Hoyos

68

Significado de la variación del comportamiento de picadura de los vectores de malaria en Colombia

Ranulfo González & Marco F. Suárez.

84

Impacto del calentamiento global de la tierra en la transmisión de enfermedades transmitidas por mosquitos

Marco F. Suárez

94

SIMPOSIO OLEAGINOSAS PERENNES

Principales plagas de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en América tropical su manejo y control

A. Reyes & M. A. Cruz. 100

Manejo integrado de plagas en palma de aceite - Enfoque general

Ingeborg Zenner de Polanía. 144

Manejo integrado de plagas en palma de aceite - Casos especiales

Hugo Calvache Guerrero. 151

Diseminación del anillo rojo hoja corta en palma de aceite

Hugo Calvache Guerrero. 161

SIMPOSIO ALGODONERO

Monitoring system for the management of cotton crops during ontogeny

Juan A. Landivar. 167

Bioecología y manejo del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera : Curculionide)

Rainex Daxl. 192

Control biológico de plagas del algodón

Fulvia García Roa. 217

Origen y evolución del picudo del algodón y sus plantas hospederas silvestres : Implicaciones para su manejo

Robert W. Jones. 227

Fluctuación estacional y manejo de *Heliothis virescens* Fabricius y *Pectinophora gossypiella* Saunder en tres regiones del Valle del Cauca.

Hernando Pino. 228

El registro oficial de insecticida para uso en el algodón

Carlos A. Nieto Camero. 229

FORO BROCA DEL CAFETO

- ✓ **El desarrollo y uso de entomopatógenos en el control de la broca del café**
Alex E. Bustillo P. & Francisco J. Posada F. 232
- / **Avances en el desarrollo de *Beauveria bassiana* para el manejo de la broca del cafeto *Hypothenemus hampei* con hongos formulados**
Alberto Murillo L. 254
- Esquema de producción de Brocaril**
Irasema Cardozo Burgos & Carlos delgado. 257
- Manual para el registro de biopesticidas destinados al uso agrícola**
José R. Galindo Alvarez 258
- Experiencias en el uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals) para el manejo integrado de la broca del cafeto**
Carlos A. Saldías Barreneche. 263

**CONFERENCIAS
MAGISTRALES**

BIOLOGIA Y MANEJO DE LA POLILLA DE LA PAPA *Tecia solanivora* EN VENEZUELA

Francia Torres Wills
Ing.Agr°.M.Sc Entomología

INTRODUCCION

La polilla de la papa *Tecia solanivora* (Lep. Gelechiidae), es la plaga de mayor importancia económica en la Región Andina de Venezuela. Fue introducida a finales de 1983, a través de una importación de semilla no certificada proveniente de Costa Rica.

Para ese mismo año de su introducción, se inició el estudio de distribución geográfica mediante trampas con feromona sexual elaboradas en Inglaterra; confirmando la presencia y fácil adaptabilidad de la plaga en lugares con altitud desde 1200 - 3100 m.s.n.m. y con temperaturas por debajo de los 20°C. Hoy día las zonas más afectadas se encuentran preferiblemente desde los 2000-3400 msnm.

El daño económico lo causa la larva, la cual penetra en el tubérculo para alimentarse haciendo galerías primeramente superficiales para luego barrenar más profundamente, disminuyendo de ésta manera su calidad. El ataque puede ser tanto en campo como en almacén, reconociéndose hasta el momento que el tubérculo de papa es el único hospedero de la polilla.

A continuación se presenta una breve descripción de la plaga, ciclo de vida y los componentes generados para el avance del manejo integrado; así como los estudios adelantados sobre el control biológico de la polilla de la papa *T. solanivora*.

1. BREVE DESCRIPCION DE LAS FASES DE *Tecia solanivora*

Los huevos son puestos en el campo en las grietas del suelo cerca de la base del tallo de la planta, en forma individual o en grupo. Miden en promedio de 0.53 mm.

La larva es del tipo eruciforme, presentándose 4 instares durante su desarrollo. Recién emergidas son de color blanco cremoso midiendo en promedio 1.44 mm y al iniciar su último instar, la coloración es azul verdoso para luego tornarse rosada dorsalmente manteniendo ventralmente el color azul verdoso y midiendo en éste caso un promedio de 16.95 mm de longitud. La larva abandona el tubérculo, comienza a recorrer el lugar a fin de encontrar partículas de arena o tierra para formar la cámara pupal. En esta fase de prepupa, la larva cesa de alimentarse, reduce los movimientos y el tamaño. La pupa es del tipo obtecta de color marrón y casi negro antes de la emergencia del adulto, llegando a medir en promedio 8mm de longitud. La polilla empupa en el suelo en el campo, debajo de los huacales, en sacos de fique e incluso dentro del mismo tubérculo.

El adulto es una mariposa de color marrón con tres manchas o estigmas muy visibles. La hembra más clara y de mayor tamaño que el macho, presenta un patrón de líneas longitudinales desde el ápice del ala terminando en forma de manchas marginales. Los adultos son de actividad nocturna, permaneciendo escondidos entre las hojas de las plantas en el campo y entre los tubérculos, sacos y huacales en el

almacén.

Las hembras inician la oviposición aproximadamente 2 días después de la emergencia, durando en ésta fase 11.25 días en promedio, siendo los 7 primeros días los de mayor oviposición colocando en promedio 209.4 huevos durante su vida.

2. CICLO DE VIDA DE *Tecia solanivora* BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

Temperatura promedio de 15.53°C y Humedad relativa 65.58%. Ciclo de vida realizado por F. Torres, en Pueblo Hondo, Edo. Táchira Venezuela 1989.

3. DINAMICA POBLACIONAL

Desde el mismo año de su introducción al país en 1983, se registra el número de adultos machos capturados con trampas de agua y la feromona sexual sintética. Las trampas consisten en envases de plásticos de color amarillo con capacidad de 1.5 l. con tapa, a la cual se le sujeta el dedal de goma impregnado con la feromona. Al agua se le coloca unas gotas de jabón líquido, con el fin de romper la tensión superficial del agua y permitir que las mariposas capturadas se sumerjan en la solución, impidiendo de ésta manera que salgan y escapen. Actualmente se están utilizando otros envases de plástico ya desechados por los agricultores, como trampas.

Los estudios de Dinámica poblacional de adultos, realizados durante 12 años en campos de papa de la Región Andina de Venezuela, han mostrado cierto patrón de comportamiento especialmente cuando las aplicaciones de insecticidas son bajas. Sin embargo, cuando se exceden las dos aplicaciones, cuando las condiciones climatológicas especialmente la precipitación es alta o muy baja y cuando los residuos de cosecha se mantienen en el campo; la fluctuación de adultos machos es irregular. En la curva patrón del comportamiento de los adultos se observa, que las poblaciones de la polilla de *T. solanivora* se incrementan al inicio de la tuberización, luego se mantienen o declinan ligeramente para después aumentar en las tres o cinco semanas antes de la cosecha; siendo este último período el momento crítico para el control. En relación a la fluctuación de larvas en el campo, se observó que es posible el ataque al tubérculo semilla plantado; pero en menor proporción que en los tubérculos hijos. La población de larvas aparecen justo cuando se inicia la tuberización de la planta de papa y va incrementando conforme avanza el peso del tubérculo. Se apreció que la especie coloniza el cultivo especialmente por la borduras.

4. AVANCE PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA *T. solanivora*

4.1. CONTROL CULTURAL

4.1.1. Preparación de suelos: Debe realizarse por lo menos 15 días antes de la siembra, ya que con el

arado se exponen huevos y pupas a las condiciones ambientales, a insectos y otros depredadores. También se desentierran tubérculos de cosechas anteriores, los cuales deben ser recogidos y quemados. Terrenos mal preparados tienden a presentar terrones y grietas, lo cual favorece la oviposición de la polilla y por ende la infestación en el campo.

4.1.2. Manejo de semilla: Se recomienda preferiblemente semilla certificada, la cual debe seleccionarse y desinfectarse de manera de protegerla de ataques de polilla en el almacén.

De los insecticidas evaluados, el Curacron (profenofos) y Lorsban (chlorpyrifos) han sido los productos que mayor protección han brindado a la semilla de papa (alrededor de 5-6 semanas bajo las condiciones de Pueblo Hondo Edo. Táchira). La dosis utilizada es de 250 cc por 100 lt de agua, conjuntamente con el fungicida y el adherente, luego se debe sumergir la semilla durante 10 min. (en el caso que se pueda realizar la desinfección líquida o sea ausencia de bacteriosis). En el caso contrario se han evaluado insecticidas en polvo, de los cuales el dipterex (trichlorphon) en dosis de 200 gr. espolvoreado por 400 tubérculos, puede dar protección hasta mes y medio.

El almacén debe ser limpiado y asperjado con la solución señalada, cada vez que se deposite o se movilice semilla de otros lugares hacia el almacén.

La alternativa biológica que hoy día estamos ofreciendo, es la utilización del virus de la granulosis *Baculovirus phthorimaea*, en su formulación en polvo. Para la preparación del mismo, se pueden utilizar 15 larvas infectadas con el virus y maceradas por litro de agua, el cual se agrega al sustrato (preferiblemente kaolinita) se deja secar y posteriormente se muele. Se puede utilizar 5 kg. de ésta formulación para desinfectar aproximadamente 40 sacos de papa de 50 kg. La desinfección líquida se puede efectuar, sumergiendo la semilla en la solución con el virus en igual relación al anterior, 15 larvas más 3 cc de adherente/lt de agua. La duración del virus en la semilla de papa no ha sido cuantificada; sin embargo se ha observado la persistencia en el suelo hasta la siguiente cosecha.

4.1.3. Siembra: La siembra puede realizarse con la profundidad utilizada por el agricultor, sin embargo debe ser muy bien tapada, de modo de ofrecer una barrera entre las larvas del primer instar y la semilla. Se recomienda evitar la siembra en épocas secas y calulosas ya que éstas condiciones favorecen el ataque de la polilla; a menos que se cuente con el sistema de riego por aspersión.

4.1.4. Riego: La aplicación de una adecuada lámina de riego por aspersión está en función de la edad del cultivo, textura del suelo, la precipitación local, la velocidad y dirección del viento. En períodos de precipitación escasa o nula se recomienda regar durante media hora interdiaria en el primer mes de edad del cultivo, en el segundo mes 45 min. cada dos días, en el tercer mes se continuará regando cada dos días durante una hora y el resto del ciclo se regará cada tres días durante una hora. Al mantener los suelos a capacidad de campo, se disminuyen las grietas del suelo o se cubren de una lámina de agua, lo que impide

la oviposición de la polilla. El otro efecto del riego por aspersión, es el control de los adultos por acción mecánica de las gotas de agua. El agua al golpear las mariposas, las lleva al suelo llenándose de barro lo que les va a dificultar levantar el vuelo (Ramos, G.).

4.1.5. Descarte de plantas involuntarias: Una vez que se inicia la emergencia del cultivo de papa, se debe eliminar aquellas plantas provenientes de tubérculos semilla de cosechas anteriores, ya que esto también constituye focos de infestación.

4.1.6. Aporque: La altura de aporque recomendada es de 20-25 cm para la variedad granola (spp. tuberosum) y de 30-35 cm variedad andinita (spp. andigenum). Con el riego, el aporque tiende a disminuir entre 5-10 cm; sin embargo con este aporque se construye una barrera más para el desplazamiento de las larvas recién emergidas a los tubérculos en formación. Esta labor debe hacerse cuando se inicia el proceso de tuberización, para lo cual se recomienda hacer inspecciones previas y así determinar el momento preciso para tomar otras medidas de control como la aplicación del insecticida de acción ovicida o del virus *B. phthorimaea*.

4.1.7. Corte de follaje: Una vez que se observe el amarillamiento típico que indica la madurez fisiológica del cultivo, debe cortarse el follaje; ya que así se limita el refugio de los adultos en el campo de papa.

4.1.8. Cosecha: Debe realizarse cuando los tubérculos hayan fijado la piel, por lo general una semana después del corte del follaje. No se debe retrasar la cosecha y dejar los tubérculos en el campo en espera de mejores precios, ya que se corre el riesgo de nuevas infestaciones.

4.1.9. Recolección de residuos de cosecha: Una vez realizada la cosecha de papa, deben recogerse todos los tubérculos que quedan esparcidos en el campo, ya sea aquellos partidos, pequeños, dañados por enfermedades y/o insectos; los cuales podrían servir como focos de infestación. Estos residuos deben quemarse o enterrarse profundamente.

4.1.10. Rotación con otros cultivos: Alternar con otros cultivos contribuye a disminuir las poblaciones de la plaga, ya que se suspende temporalmente el suministro de alimento y por ende se rompe el ciclo del insecto. Podría alternarse con ajo, remolacha, repollo, arveja entre otros. (Este componente de rotación de cultivos falta por evaluar).

4.2 CONTROL ETOLOGICO

La utilización del comportamiento de los insectos para realizar el control, es uno de los grandes componentes en el manejo integrado de plagas. Es así que ha sido evaluada la densidad de trampas de agua cebadas con la feromona sexual sintética específica para *T. solanivora*. De acuerdo a estudios se ha determinado que las densidades entre 10-20 trampas/ha muestran mayor eficiencia, lo cual va a depender de las poblaciones de la polilla y del desarrollo del cultivo. Resulta práctico utilizar 10 trampas al inicio del

cultivo, luego a medida que este crece y se incrementa la plaga podemos ir aumentando el número de trampas o colocar las 20 trampas recomendadas. No se debe exceder el número de trampas, ya que las capturas disminuyen posiblemente a la confusión de machos en el campo (Alvarado, J.).

4.3. CONTROL QUIMICO

Los insecticidas constituyen un elemento útil y en algunos casos necesarios dentro del manejo integrado de plagas. Sin embargo deben ser aplicados correctamente y utilizados solo cuando los umbrales económicos de la plaga nos lo indique. Para el caso de polilla se realizaron estudios sobre la prueba de eficacia de insecticidas líquidos y granulados, de los cuales: Curacron (profenofos) y Lorsban (chlorpyrifos) fueron lo que mejor control demostraron sobre adultos cuando el cultivo se encuentra en plena fase de tuberización. Estos productos o uno de ellos, puede ser aplicado a la parte interna del follaje, después del insecticida de acción ovicida. El Larvín (thiodicarb) o Metomyl presentan esta característica de ser ovicidas, por lo que se recomienda aplicarlo al inicio del proceso de tuberización del cultivo y dirigido al cuello de la planta (antes del aporque). El plan de aplicación va a depender de las poblaciones de adultos capturados con la trampa de feromona y de ser posible, del muestreo de larvas en los tubérculos. Cuando las poblaciones de adultos capturados están cercanas a 100, puede iniciarse el control aplicando el insecticida de acción ovicida al inicio de tuberización; luego si se siguen incrementando las poblaciones (alrededor de 200) se puede realizar una segunda aplicación 15 días después de la primera con Curacron o Lorsban. Hay que observar si las poblaciones aumentan a las 5-4 semanas antes de la cosecha, si es así debe realizarse la última aplicación con un insecticida de acción ovicida como Larvín, para proteger la papa en el almacén. Los insecticidas granulados no son eficientes para el control de la polilla.

4.4. CONTROL BIOLÓGICO

T. solanivora en su condición de plaga introducida, ha estado exenta de la acción de enemigos naturales; causa que conjuntamente con las condiciones ambientales, le han resultado favorable para desarrollarse con facilidad. Es necesario restituir la interacción entre la plaga y los controladores biológicos, para ello se han introducido dos enemigos naturales reportados para *Phthorimaea operculella*; El virus de la granulosis *Baculovirus phthorimaea* y el parasitoide *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae).

El virus fue introducido en 1991 a Venezuela a través de larvas infectadas y liofilizadas de *P. operculella* provenientes del CIP, para ser probadas en *T. solanivora*. Este patógeno pertenece a la familia Baculoviridae del tipo granuloso, presenta forma oval alargado o capsular y mide aproximadamente 486 nanómetros de longitud por 233 de ancho (CIP 1992). Actúa como insecticida estomacal al ser ingerido con el alimento. Al probarse en *T. solanivora*, éstas presentaron una coloración en la parte ventral blanco lechoso y rosado claro en la parte dorsal, mostrando las líneas intersegmentales bastantes marcadas. Los movimientos de la larva son lentos y mueren antes de empupar, presentando en este caso una coloración negra y aspecto seco. Una vez que se pueda suministrar a los agricultores éste bioinsecticida, puede hacerse aplicaciones

del virus (utilizando 15 larvas infectadas/litro de agua) a las plantas en el campo y dirigidas a la base del tallo de la planta. La semilla de papa puede ser espolvoreada con la formulación en polvo ya mencionada.

El parasitoide *Copidosoma koehleri* es una microavispa que llega a medir aproximadamente 1.8 mm de largo; tienen color negro con coloraciones violáceas y alas transparentes (CIP;1992). Las hembras poseen ovipositor proyectado, con el cual parasita los huevos de *Tecia solanivora*. Es una especie poliembriónica, es decir que por cada embrión se pueden desarrollar de 22-75 individuos del mismo sexo en *T. solanivora* y en una relación de 1:2.3 hembras por machos. Se puede presentar superparasitismo en un porcentaje muy bajo; sin embargo en éste caso el número de hembras por momia es un poco mayor. La duración desde la eclosión del huevo de la polilla hasta la obtención de la larva momificada (es decir ya se han formado las pupas del parasitoide en el cuerpo de la larva), es de 32 días aproximadamente bajo las condiciones de 18°C y de 75% de humedad. La longevidad promedio del adulto ha sido de 27 días con una desviación estándar de 7.66 días. El ciclo varía considerablemente, de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa. Fue introducido a Venezuela en 1994, del CIP Perú y del IBTA Bolivia. Actualmente se iniciaron los estudios a nivel de campo de estos dos controladores, luego de una prolongada cuarentena y de los rigurosos estudios a nivel de laboratorio. En 1995 se iniciaron las evaluaciones preliminares de éstos dos controladores a nivel de campo, encontrándose un 29.35% de larvas infectadas por el virus, 1.15% de larvas parasitadas y 69.5% de larvas sanas. Para ello se utilizó un total de 52.000 microavispas liberadas en forma inoculativa y 3.600 larvas infectadas maceradas en solución y dirigidas al cuello de la planta, aplicadas también en cuatro oportunidades respectivamente. La desinfección de la semilla se realizó con el Baculovirus en la formulación en polvo.

A pesar del bajo porcentaje observado, hemos comprobado que es posible el ataque a la polilla a nivel de campo, por lo cual se debe continuar con las evaluaciones y con la liberación masiva de la avispa y del virus, de manera de asegurar la adaptación de estos controladores biológicos al nuevo ambiente y al hospedador *Tecia solanivora*; con el fin de incorporarlos prontamente al Programa de Manejo integrado de la polilla como un componente importante de control.

Con lo obtenido hasta el momento, podemos ver la potencialidad de estos controladores los cuales podrían sustituir en un futuro muy cercano los insecticidas en un alto porcentaje, obteniéndose así cosechas más sanas y un ambiente más saludable.

BIBLIOGRAFIA

ALVARADO, Jesús, 1989. Evaluación de la densidad de trampas de feromonas en la captura de la polilla centroamericana de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) Revista Latinoamericana de la papa. 5/6 (1): 77-88.

RAMOS, GLAGYS. 1994. Determinación de los requerimientos de riego en el cultivo de la papa y su efecto sobre el ataque de polillas a nivel de tubérculos en Bailadores, Estado Mérida, Venezuela. Mimeografiado

En Informe PRACIPA Polilla Venezuela, Fase III Cochabamba Bolivia.

SALAZAR ,J Y TORRES, F.1.986 Adaptabilidad Y distribución de la polilla guatemalteca de la papa, *Scrobipalopsis solanivora* Povolny en el Estado Táchira Venezuela. *Agronomía Tropical*, 36 (4-6) : 137-146.

TORRES W, F. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de la polilla de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolny 1973 (Lepidoptera: Gelechiidae) en el Estado Táchira Venezuela. Tesis para optar al título de maestría en Entomología, Universidad Central de Veneauela, Maracay .P.80.

TORRES W, F., L. de Gualdrón, S. Fernández, G. Ramos,J. Alvarado, F.Montero 1.995. Avance para el manejo integrado de la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Lep. Gelechiidae) en Venezuela. En memorias XVII Reunión ALAP de la Asociación Latinoamericana de la papa. Del 09 al 15 julio , Mérida Venezuela.

TORRES W, F. Y M,Antolinez,1995. Evaluación del parasitoide *Copidosoma koehleri* (Hym: Encyrtidae) en la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Lep: Gelechiidae) Táchira, Venezuela. En Memorias XVII Reunión ALAP de la Asociación Latinoamericana de la papa. Del 09 al 15 de julio, Mérida Venezuela.

EL MINADOR DE LAS HOJAS DE LOS CITRICOS (*Phyllocnistis citrella*, Stainton)

Oscar Castaño P.

Ingeniero Agrónomo - Profesor Titular

Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias

A.A. 275 Manizales

INTRODUCCION

En el mes de marzo de 1995 fué reportada por primera vez, la presencia del minador de las hojas de los cítricos en la zona central cafetera colombiana, por técnicos de la Universidad de Caldas y Asocítricos; en los meses siguientes se realizaron muestreos en viveros y plantaciones de cítricos de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Norte del Valle del Cauca y Sur de Antioquia, confirmando la presencia de la plaga en estas áreas; posteriormente se recibieron informes de detección del problema en los departamentos de Córdoba, Cauca y Meta.

Se conformó un comité Nacional de Plan de Acción para el Manejo del Minador con representantes de diferentes entidades como Asocítricos, Universidad de Caldas, Comités de Cafeteros, ICA, Corpoica y Cordicafé y se iniciaron una serie de estudios preliminares que comprendieron el reconocimiento de la plaga y sus daños, áreas de incidencia, análisis de la problemática, tipo de daño, reconocimiento de enemigos naturales y medidas de manejo preliminares para evitar el uso inadecuado de algunos sistemas de control. Como resultado de esta primera etapa se encontró que la plaga tenía una capacidad de diseminación sorprendente y por eso se detectó aún en áreas aisladas donde existen muy pocos cítricos alrededor.

Se emitió un boletín informativo donde se dió a conocer el problema para los citricultores de la zona y se hacía énfasis en la forma de muestreo y manejo de la plaga, midiendo parámetros como distribución de la plaga en el árbol, número de minas activas, número de minas por hoja, número de huevos, número de larvas, número de pupas etc; este muestreo no describe adecuadamente ni la incidencia ni la intensidad del problema. Por ello se hizo menester solicitar la asesoría del Dr. Jorge E. Peña, Profesor Asociado de la Universidad de la Florida y especialista en manejo integrado de plagas en cítricos y amplio conocedor e investigador de la problemática del minador. El propósito de su visita se centró en:

- a) Reconfirmar la identidad taxonómica de la plaga y verificación del grado de incidencia y área geográfica más afectada.
- b) Determinar los agentes de control biológico nativos y definir la factibilidad de aplicar un control biológico en Colombia.

- c) Definir una propuesta de manejo del minador.
- d) Transferir la propuesta de manejo a los técnicos involucrados en trabajos de campo en cítricos a través de actividades de capacitación.

Como resultado de esta segunda etapa se obtuvo lo siguiente:

1) Se colectaron especímenes y se obtuvieron adultos en laboratorio y se enviaron al Dr. Peña; la identificación fué ratificada como *Phyllocnistis citrella* (Lepidóptera, Gracillariidae) por los Dres Don Davis (Smithsonian Institution, USA) y John Heppner (Florida, Department of Agriculture and Consumer Services). La evaluación inicial realizada por el comité permitió conocer el área de incidencia pero se requiere ampliar esa área, sin embargo se logró establecer un sistema de monitoreo para la plaga y determinación del número de muestras a tomar por hectárea, encontrando que se deben evaluar 10 árboles al azar y un brote por árbol/Ha.

2) Se inició en abril de 1995 un reconocimiento de enemigos naturales del minador encontrándose que existen más predadores que parasitoides, lo que significa que éstos apenas están «descubriendo» el nuevo hospedero; ejemplares de estos controladores se envían periódicamente al Dr. Peña para su identificación.

La factibilidad de aplicar un control biológico en Colombia depende de los resultados de los estudios que sobre grado de incidencia e intensidad de la plaga, dinámica poblacional y determinación de factores de mortalidad se realicen; sin embargo, el mejor logro obtenido hasta hoy indica que existen entre parasitoides y predadores al menos 30 especies nativas que hacen pensar que por el momento no se requiere control biológico aplicado, sino un manejo ecológicamente orientado de la plaga.

3) Con base en lo mencionado atrás se formularon propuestas de manejo de la plaga teniendo en cuenta la edad del cultivo (vivero, plantas jóvenes o adultas), variedades y otros factores, así como se diseñaron propuestas a corto, mediano y largo plazo.

4) Transferencia de tecnología: se han emitido dos boletines informativos por parte de Asocítricos, y está en imprenta un tercero; así mismo, con el Dr. Peña se realizaron dos seminarios técnicos y una práctica de campo sobre manejo integrado, monitoreo y medidas de manejo entre otras.

1. ORIGEN Y DISTRIBUCION

El minador de la hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton), tiene su lugar de origen en el Asia Suroriental; fue descrita por primera vez en Calcuta, India en 1856 por H.T. Stainton. De allí se extendió al norte de Hong Kong y China en 1915, Filipinas 1915, Australia 1918, Japón 1927; en Africa oriental se presenta en 1967, Africa occidental 1970, y ha colonizado varios países como Costa de Marfil, Sudán, Niger, Congo y Camerún.

Se reportaron los primeros daños de minador en España en septiembre de 1993 en las provincias de Cádiz y Málaga; en el continente americano aparece en mayo de 1993 en Florida desde donde se extiende por todo el condado de Dade en menos de 6 meses; este mismo año se reporta en Bahamas, Cuba, Belize y Costa Rica. En 1994 se reconocen infestaciones de minador en Puerto Rico, República Dominicana, Nicaragua, Guatemala, Honduras (febrero) y Salvador, así como en México y en los estados Alabama, Louisiana y Texas en E.U; para el año de 1995 se informa de la plaga en Jamaica y en marzo del mismo año en Colombia. En 1996 se reporta en Ecuador y Brasil. La invasión y posterior diseminación de la plaga al continente americano tiene varias teorías:

- a) el huracán Andrew pudo traer algunos ejemplares, en 1992 a Florida desde África occidental.
- b) Los vientos alisios (corrientes de aire) provenientes del sureste de África también pudieron traer la plaga.
- c) Por introducción de material vegetativo infestado; esta última teoría es la más aceptada, puesto que se desconoce el poder de migración de la plaga, aunque se sabe que su diseminación terrestre es rápida. Dentro del país, casi en forma simultánea se reporta en marzo de 1995 en Caldas y Quindío y seguidamente en Risaralda, Norte del Valle y Sur de Antioquia; ultimamente fueron enviadas muestras para identificación desde el departamento de Córdoba, confirmando dicha identificación, así como de Santander; de los Llanos Orientales ya hay información confiable de su presencia, reportada por el Dr. Guillermo León.

2. IMPORTANCIA ECONOMICA

El minador de los cítricos es considerado actualmente como uno de los problemas fitosanitarios más limitantes en la producción de cítricos en el mundo. Esta afirmación se basa en varias consideraciones:

- 1) La gran velocidad de dispersión de la plaga, encontrándose aún en zonas aisladas de centros de producción de cítricos.
- 2) Altos niveles de infestación, favorecidos por:
 - a) Rangos óptimos de temperatura y humedad para el desarrollo de la plaga
 - b) Distribución de huertos, plantas y plantaciones comerciales en todo el territorio nacional
 - c) Brotación periódica que asegura alimento a la plaga
 - d) Por ser plaga exótica recién introducida, presenta pocos enemigos naturales
 - e) Manejo inadecuado de la plaga que favorece el desarrollo de la misma por eliminación de factores de mortalidad natural.
 - f) Difícil control de las poblaciones de larvas del minador por su localización dentro de la hoja, por la permanente presencia de brotes foliares y abuso de agroquímicos que eliminan enemigos naturales. Se han encontrado infestaciones por minador tan elevadas que bien puede decirse que pueden llegar al 90 y 95% de hojas minadas especialmente en viveros y en plantaciones recién establecidas. En China se reportan reducciones de hasta 50% de la producción y una reducción del peso del fruto de 120 a 70 g;

los mismos estudios demuestran que si el minador destruye el 30% del área foliar, la producción se reduce un año más tarde de haber ocurrido la infestación.

En Honduras calculan que con las infestaciones presentadas en 1994 se esperan pérdidas del 30-40% de los rendimientos en los huertos.

Cálculos realizados en diferentes países, estiman que se requieren de 5-8 aplicaciones de insecticidas por año para obtener un control eficiente de la plaga con unos costos muy elevados.

Por último se menciona que *Phyllocnistis citrella* puede transmitir el cáncer de los cítricos causado por *Xanthomonas citri* bacteria no presente en Colombia y que causaría serios problemas a la citricultura nacional si se presentara; igualmente en Colombia se ha encontrado alguna relación entre la infestación de minador y la presencia de *Alternaria* sp en tangelo mineola; así mismo se observa que después de la emergencia del adulto de *Phyllocnistis*, otros artrópodos como *Aphis* sp, *Toxoptera* spp y ácaros invaden el área atacada por minador y continúan allí su alimentación.

3. LOCALIZACION DE LA PLAGA

Huevos: Son colocados en forma individual tanto en el haz como en el envés de hojas tiernas, apenas empezando a expandirse; son puestos generalmente cerca a la nervadura central, aunque pueden encontrarse en cualquier parte del folíolo.

Larvas: normalmente atacan en el envés de la hoja pero eventualmente se hallan también en el haz; en ataques severos se les encuentra en tallos tiernos y esporádicamente en frutos.

Pupas: Se forma dentro de una cámara pupal realizada por la larva o prepupa en el borde o margen de la hoja o en un pliegue o doblez de ésta.

Adulto: Se posan durante el día en el envés de la hoja, en el tronco o en áreas sombreadas; son muy activos en las horas del crepúsculo, noche, hasta las primeras horas de la mañana.

4. HOSPEDEROS

Se tiene una información muy amplia sobre hospederos del minador de los cítricos; se consideran hospederos primarios las especies e híbridos del género *Citrus* así como algunas especies relacionadas de la familia Rutacea. Dentro de ésta familia prefiere: *Citrus paradisi* (pomelo o grape fruit), *C. grandis* (toronja), *C. sinensis* (naranja dulce); *C. aurantium* (naranja agria) *C. reticulata* (mandarina) y *C. latifolia* (limón tahiti), así como tangelo (*C. reticulata* x *C. paradisi*). En Colombia se ha observado que ataca con mayor énfasis naranja valencia, lima tahiti y tangelo y en menor grado mandarinas.

Otras plantas atacadas corresponden a los géneros *Severinia*, *Murraya*, *Poncirus*, *Limonia*, *Fortunella*; en Panamá se encontró atacando *Schefflera* y en Colombia esporádicamente en *Loranthus* (suelda o mata-palo) y en una planta o bejuco no identificado aún.

J. Peña menciona a algunas plantas leguminosas atacadas por este minador pero siempre y cuando el follaje de éstas, esté entremezclado con el follaje de los cítricos.

En cuanto a plantas ornamentales se describe la plaga atacando *Jasminum* spp (jazmín), *Philadelphus* sp y *Dalbergia* spp.

5. FACTORES QUE FAVORECEN LA PLAGA

Por observaciones de campo se ha llegado a concluir que el minador se ve favorecido por la abundancia de cultivares que tienen diferente época de brotación, por variedades y clones cultivados a diferentes alturas sobre el nivel del mar, por los sistemas de riego y fertilización escalonados en cada zona que inducen brotaciones periódicas, así como prácticas de podas y cortes de ramas que generan nuevos brotes; la aplicación de insecticidas de amplio espectro que afectan la fauna benéfica es otro factor que permite que la plaga continúe su desarrollo, como también lo son las condiciones climáticas tan poco estables en nuestro país.

6. BIOLOGIA Y ECOLOGIA

La biología y ecología del minador de los cítricos es característica de lepidópteros minadores de hoja. En Colombia tanto en la zona cafetera como en la zona plana cálida se presentan condiciones de temperatura y humedad que favorecen el desarrollo del minador; aunque hasta ahora se estudia el ciclo de vida de la plaga, si utilizamos parámetros similares, el ciclo puede fluctuar entre 14 y 18 días en zona cálida y entre 30 y 40 días en zona montañosa; la hembra deposita sus huevos en la noche uno a uno en las hojas más tiernas; observaciones de campo indican que un 70% de estos huevos son colocados en el envés de la hoja, pero cuando existen poblaciones altas del insecto, los coloca en el haz, en tallos tiernos y aún en frutos. El huevo eclosiona por su parte inferior y la larva empieza inmediatamente a construir su mina.

Huevo: es de forma convexa de 2-3 mm de diámetro, translucido recién puesto cambiando a un color crema brillante cerca a la eclosión, que ocurre entre 2 y 10 días según condiciones de la zona. Este huevo se observa como una gota diminuta de rocío; si existe presencia de áfidos o pulgones en las hojas, es difícil encontrar las posturas de minador. Una hembra puede ovipositar entre 20 y 70 huevos durante su vida.

Larva: Pasa por 4 instares o estadios; el primer estadio tiene 0.8-2 mm de longitud de color verde claro

transparente, con la cápsula cefálica más ancha que el cuerpo que es aplanado en el tórax y elíptico en los segmentos abdominales. En el segundo y tercer estadio la larva toma una coloración amarilla con patas y pseudopatas muy pequeñas y una longitud de 2 a 4 mm. En el cuarto estadio la larva se dirige hacia el margen de la hoja, deja de alimentarse, toma una forma cilíndrica y un color amarillo o verdoso y empieza a tejer la cámara pupal. El estado larval tiene una duración de 5-20 días.

Pupa: Se forma dentro de la cámara pupal formada por una seda de color blanquecino y luego color naranja: Esta pupa tiene forma de huso de color amarillo-pardo y se va tornando oscura con el tiempo, de 2,6-3 mm de longitud; en ella se destacan sus ojos y la proboscis. Tiene una duración de 6-22 días.

Adulto: Es una polilla pequeña de 2-4 mm de longitud por 4-4,5 mm de expansión alar, alas anteriores de color blanco con escamas plateadas iridiscentes, con bandas de color oscuro y gris y una mancha o punto negro en el extremo; las alas posteriores son blanquecinas con borde plumoso; tórax y abdomen de color blanco o crema. La relación sexual es 1:1, no existiendo diferencia en cuanto a tamaño entre macho y hembra; el macho tiene 10 segmentos abdominales; en la hembra los segmentos 9 y 10 se modifican para formar la genitalia y el ovipositor.

7. DAÑOS Y SINTOMAS

La plaga infesta básicamente los brotes tiernos de la planta, con una edad no superior a 4-6 semanas posteriores al despliegue de la hoja; esporádicamente se observan daños en tallos tiernos suculentos y rara vez en frutos.

El huevo eclosiona por su parte inferior y la larva empieza a romper inmediatamente la epidermis foliar; la larva de primer instar hace una galería o mina paralela a la nervadura central, a veces imperceptible; a medida que se desarrolla la larva, las galerías se van alejando de la nervadura y se hacen sinuosas o en serpentina o zig-zag dando giros hacia el extremo de la hoja; estas minas toman un color plateado característico por la separación entre la epidermis del parénquima de empalizada del haz y el parénquima esponjoso del envés; en la parte central de la galería se observa una línea que no es más que excrementos acumulados los que primero son de color gris claro y luego se oscurecen. Se pueden encontrar entre 1 y 6 minas por hoja, las que a veces confluyen formando una mina o vejiga grande; como consecuencia de este daño se presenta principalmente distorsión de la lámina foliar con una drástica reducción del área foliar por el enrollamiento causado y consecuentemente reducción de la tasa fotosintética; en Colombia no es común observar desprendimiento del follaje como se reporta en otras regiones del mundo, debido muy probablemente a las buenas condiciones de humedad ambiental. Esta pérdida de área foliar y de menor tasa de fotosíntesis ocasiona una reducción de los rendimientos reflejados en menor cantidad de frutos y menor peso de ellos y en la calidad de la fruta en cuanto a contenido de ácidos, azúcares y cantidad de jugo. Indirectamente el daño del minador, es aprovechado por otros organismos (áfidos, ácaros, patógenos) para atacar, causando un daño mayor.

8. ENEMIGOS NATURALES

Se mencionan como factores de mortalidad natural a más de parásitos predadores y entomopatógenos, algunos factores abióticos como el clima, y otros referentes a la planta como caída de hojas, estructura y disposición de las nervaduras de las hojas, edad de la planta y algunas sustancias químicas presentes en la planta.

Se conoce mucha información sobre enemigos naturales de *Phyllocnistis citrella* en todo el mundo. Se citan casos de hasta 80% de mortalidad efectuada por parasitoides, pero promediando datos ésta puede variar desde 6 hasta 45%.

A continuación se resume en una lista los enemigos naturales más encontrados así:

En la India: *Amatellon* sp, *Elasmus* sp, *Tetrastichus* sp, *Scotolinx quadristiata*, *Cirrospiloidus phyllocnistoides*.

En Filipinas: *Ageniaspis* sp, *Elasmus zehnteri*, *Cirrospilus ingenuus* y *Bracon* sp.

En China: *Tetrastichus phyllocnistoides*, *Tetrastichus* sp, *Chrysonotomya* sp, *Apleutoropis* sp como parásitos de larvas y *Cirrospilus quadristriatus* como parásito de pupas; como predadores, en China se mencionan genéricamente a las hormigas y los leones de áfidos como *Chrysopa boninensis* y *Ancylopteryx octopunctata* alimentándose de huevos, larvas y pupas.

En Taiwan se reportan *Tetrastichus* spp, *Cirrospilus ingenuus*, *Ageniaspis citricola*.

De la provincia de Málaga (España) se reporta la presencia de 4 parasitoides: *Cirrospilus vittatus*, *C. pictus*, *Sympiesis saudanis* y *Pnigalio* sp.

En América se describen en las Bahamas los parásitos *Zagrammosoma* sp, *Closterocerus* sp, *Elasmus* sp y *Pnigalio* sp.

En Florida estudios recientes informan sobre la identificación de los siguientes parásitos: *Pnigalio proximus*, *Zagrammosoma multilineatum*, *Closterocerus* sp, *Cirrospilus* spp., *Elasmus tischeriae* y *Pnigalio maculipes*.

De Costa Rica, por comunicación de J. Peña se mencionan: *Elasmus* sp, *Cirrospilus* sp, *Horismenus sardus* y *Cirrospilus ingenuus*.

Como puede apreciarse en la información anterior, en todos los países afectados por el minador predominan los parásitos sobre los predadores.

Por reconocimientos realizados por el autor de éste escrito, en Colombia hasta la fecha se han identificado más de 30 controladores biológicos de *Phyllocnistis citrella*. Se ha encontrado que el parasitismo aún es bajo fluctuando entre 0 y 20%, con algunas excepciones donde se ha observado hasta 80%; estos porcentajes están relacionados según la región evaluada, la edad del cultivo y la frecuencia de aplicación de insecticidas; esto indica que la fauna nativa de parasitoides apenas está «descubriendo» el minador; por el contrario, la proporción de depredadores es muy elevada comparada con los parásitos, y los que están contribuyendo en un gran porcentaje en el control de la plaga.

Las especies que se relacionan a continuación fueron identificados por el autor en parte, por el Dr. Peña en su visita a Colombia y otras en la Universidad de Florida de muestras que periódicamente se les envían a nuestro consultor.

PREDADORES DE *Phyllocnistis citrella* RECONOCIDOS EN COLOMBIA.

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Chrysopa</i> sp | (Neuroptera, Chrysopidae) |
| 2. <i>Hemerobius</i> sp | (Neuroptera, Hemerobiidae) |
| 3. <i>Hiperaspis</i> sp | (Coleoptera, Coccinellidae) |
| 4. <i>Azia luteipes</i> | (Coleoptera, Coccinellidae) |
| 5. <i>Cycloneda sanguinea</i> | (Coleoptera, Coccinellidae) |
| 6. <i>Scymnus</i> spp | (Coleoptera, Coccinellidae) |
| 7. <i>Polistes</i> sp | (Hymenoptera, Vespidae) |
| 8. <i>Polybia nigra</i> | (Hymenoptera, Vespidae) |
| 9. <i>Polybia occidentalis</i> | (Hymenoptera, Vespidae) |
| 10. <i>Solenopsis</i> sp | (Hymenoptera, Formicidae) |
| 11. <i>Pheidole</i> sp | (Hymenoptera, Formicidae) |
| 12. <i>Typhlodromalus</i> sp | (Acari, Phytoseiidae) |
| 13. <i>Lorrya</i> sp | (Acari, Tydeidae) |
| 14. <i>Araneus</i> sp | (Araneae, Araneidae) |
| 15. <i>Cyrtophora</i> sp | (Araneae, Araneidae) |
| 16. <i>Zygiella</i> sp | (Araneae, Araneidae) |
| 17. <i>Neoscona</i> sp | (Araneae, Araneidae) |
| 18. <i>Leucauge venusta</i> | (Araneae, araneidae) |
| 19. <i>Chiracanthium</i> sp | (Araneae, Clubionidae) |
| 20. <i>Plexippus</i> sp | (Araneae, Salticidae) |
| 21. <i>Misumenops pos asperatus</i> | (Araneae, Thomisidae) |

PARASITOIDES DE *Phyllocnistis citrella* RECONOCIDOS EN COLOMBIA.

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. <i>Closterocerus cinctipennis</i> | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 2. <i>Horismenus fraternus</i> | (Hymenoptera, Eulophidae) |

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 3. <i>Pnigalio minio</i> | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 4. <i>P. sarasolai</i> | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 5. <i>Zagrammosoma multilineatum</i> | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 6. <i>Especie no identificada</i> | (Hymenoptera, Pteromalidae) |
| 7. <i>Chrysocharis</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 8. <i>Aprostocetus</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 9. <i>Galeopsomya</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae)* *Este género no está reconocido en Florida como parásito de minador |
| 10. <i>Elasmus</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 11. <i>Cirrospilus</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae) |
| 12. <i>Aprostocetus</i> sp | (Hymenoptera, Eulophidae) |

Según el Dr. Jorge Peña no es recomendable la introducción de *Cirrospilus quadristriatus* como parasitoide de minador pues se ha demostrado que actúa como hiperparásito de *Ageniaspis citricola*.

Es importante destacar acá que ni en la literatura consultada ni en los reconocimientos realizados hasta hoy en Colombia se ha encontrado algún entomopatógeno actuando contra *Phyllocnistis*; únicamente se encuentran referencias de aplicaciones de productos a base de *Bacillus thuringiensis*

9. MONITOREO

En un plan de manejo integrado del minador de los cítricos, y en general de cualquier plaga, es básico establecer un sistema de monitoreo que permita entre otros aspectos conocer la magnitud del problema (daño), presencia y efectividad de enemigos naturales, para poder formular actividades de manejo en forma oportuna.

El monitoreo se debe realizar semanalmente durante los períodos de brotación y en viveros, y mensualmente en períodos de poca brotación. Se ha diseñado un cuadro que permite tomar la información en el campo en forma rápida y confiable.

Se ha determinado que por hectárea se deben tomar al azar 10 árboles y en cada árbol 1 brote de la parte mediana del árbol y se cuenta en cada hoja número de huevos, número de larvas (vivas, muertas o parasitadas), número de pupas, minas activas e inactivas y % de daño .

Como en nuestro país aún no se han establecido los niveles de daño económico, se ha sugerido adoptar temporalmente el propuesto en Florida en donde se encontró que más de 20% de daño trae como consecuencia una disminución en el peso de los frutos.

En Florida, se ha determinado que el % de daño para minas pequeñas (larvas de primer ínstar es: % de daño = $-30 + 1,78x$, siendo x el número de minas pequeñas; para minas grandes el % de daño = $3,27 + 7,14x$; y cuando se encuentran minas grandes y pequeñas en la misma hoja la ecuación es: % daño = $-4,97 + 12,17x$

Así mismo se hace necesario calcular el porcentaje de parasitismo encontrado en el campo así:

$$\%p = \frac{\text{\# estados biológicos del parásito}}{\text{\# estados biológicos (Parásito + plaga)}} \times 100$$

Para aplicar en la práctica estos conceptos, se ha establecido que para huertos entre 1 y 4 años, si se halla más de 10% de daño y menos del 20% de parasitismo o mortalidad, es necesario hacer control químico; en huertos de más de 4 años hasta hoy se considera que no se deben aplicar tratamientos foliares.

10. MEDIDAS DE MANEJO

Se presenta un recuento de los sistemas de manejo que se han ensayado contra *Phyllocnistis citrella* y se comentan los resultados:

Control Físico: El uso de trampas de luz durante la noche no ha dado ningún resultado positivo; al utilizar trampas de colores tampoco se encontró ninguna atracción; sin embargo el consultor Dr. Jorge Peña asegura que trampas de plástico transparente han sido efectivas para la captura de adultos del minador.

Control Mecánico: En regiones subtropicales se recomienda poda de brotes en otoño y primavera que se forman a destiempo; ésta práctica no es recomendable en zonas tropicales porque la brotación es continua; otra medida sería la poda, recolección y destrucción de hojas afectadas, la cual es aplicable sólo en viveros para permitir el traslado de plantas no infestadas a sitios donde no existe la plaga.

Control Cultural: Fertilización y riego programados en forma periódica para propiciar una brotación uniforme; realizar un manejo selectivo de malezas permitiendo que haya una cobertura del suelo con plantas de porte bajo y que florezcan, lo que brindará protección y alimentación a enemigos naturales. Uso racional de insecticidas evitando la aplicación generalizada en los huertos o la utilización de productos de amplio espectro que afectaría la fauna benéfica.

No se tienen datos sobre plantas o variedades de cítricos resistentes al minador; se menciona que la susceptibilidad al ataque depende del grosor de las paredes celulares en la parénquima y el grosor de la cutícula, así que la plaga prefiere aquellas variedades de hojas suculentas y cutícula delgada.

Control Fisiológico: La literatura reporta el uso de la feromona sexual (7z-11z)7,11 hexadecadienal con resultados poco halagadores hasta hoy.

Se han utilizado con éxito los inhibidores de síntesis de quitina como el Fenoxicarb, Diflubenzuron, Lufenuron y otros; también se tienen referencias de uso exitoso de extractos de Neem actuando como antialimentador y como regulador del crecimiento de insectos.

Control Biológico: La utilización de controladores biológicos para el manejo de minador se ha considerado como una alternativa importante en varios países: Australia introdujo con éxito los parásitos *Ageniaspis citricola* (Encyrtidae) y los Eulophidae *Citrostichus phyllocnistoides* y *Cirrospilus quadristiatus*. Así mismo en E.U en Florida importaron desde Australia *A. citricola* pues se tiene información de controles por este parásito de hasta 80 y 90%.

En comunicación reciente, Peña reporta que en China fué introducida la especie *Citrostichus phyllocnistoides* con parasitismos hasta del 80%.

Si se llegara a considerar necesaria la introducción de algunos controladores biológicos a nuestro país, la recomendación del consultor contratado por Asocítricos es la importación de *Ageniaspis citricola* y/o *Citrostichus phyllocnistoides*; no recomienda a *Cirrospilus quadristiatus* para ser introducido puesto que por trabajos conducidos por H. Browning en la Universidad de Florida se ha comportado como hiperparásito de *Ageniaspis citricola*. En cuanto a predadores y de acuerdo a los resultados que se obtengan más adelante en la evaluación de enemigos naturales, se analizaría la posibilidad de crías masivas de *Chrysopa* sp y la colonización en varias regiones de *Polybia* spp.

En referencia a entomopatógenos la literatura solo reporta experiencias con aplicaciones de productos a base de *Bacillus thuringiensis* en China donde se obtuvo una mortalidad por encima de 90%.

Ensayos preliminares realizados en Colombia en viveros y plantaciones jóvenes dieron buen resultado las aplicaciones de productos a base de *B. thuringiensis* en mezcla con un aceite agrícola con una residualidad o persistencia de 10-15 días.

Control Químico: La información escrita sobre el tema indica que se han ensayado varios sistemas de aplicación y un alto número de insecticidas; es así como se habla de aplicaciones foliares, aplicaciones al suelo, en «drench» y directamente en el tronco de los árboles.

Se relaciona una lista de productos que con mayor frecuencia reporta la literatura, incluyendo nuevamente los I.S.Q.

Abamectina, Malathion, Imidacloprid, Fenvalerato, Dimetoato, Cipermetrina, Deltametrina, Fosfamidón,

Monocrotofos, Acefato, Diazinón, Oxidemeton-metil, Pirimifos-metil, Cartap y Thyocyclam- Hidrogeno-oxalato.

Los resultados de diferentes ensayos muestran que la mayoría de estos productos brindan una protección de 10-15 días; sin embargo aplicaciones al suelo y en «drench» de Imidacloprid dió un control efectivo por 12 semanas, y aplicado al tronco, por 15 semanas; los I.S.Q que registra la literatura como efectivos son: Diflubenzuron, Hexaflumuron, Flufenoxuron, Lufenuron, Fenoxicarb.

Las recomendaciones más importantes para la aplicación de estos productos serían:

- Mezclar siempre el producto con un aceite agrícola.
- Rotar grupos de insecticidas y limitar el uso del mismo producto a 3 veces/año.
- Limitar la aplicación a viveros o huertos de menos de 4 años y aplicar únicamente en áreas muy infestadas.
- Sólo aplicar cuando haya brotaciones principales.
- Dirigir los tratamientos a la parte exterior del árbol.
- Tener presente que aplicaciones de productos no selectivos pueden causar un desequilibrio en el medio.
- Los productos probados como de mayor eficacia deben reservarse para casos de ataques severos.

En consideración a la problemática presentada en Colombia con el minador, es importante destacar que un buen número de citricultores acogieron las recomendaciones emanadas del Comité del Plan de Acción para el manejo del minador con resultados muy satisfactorios puesto que la presión de la plaga ha disminuido notoriamente y se ha incrementado en alto grado la población de enemigos naturales; tan diciente es la situación actual que los niveles de daño y población del minador son tan bajos que no han permitido la evaluación de un grupo de productos químicos y biológicos indicados para su manejo.

Se resumen entonces las recomendaciones del Comité discutidas además con el Dr. Jorge Peña consultor internacional para el manejo del minador:

A. Medidas a corto plazo:

1. Viveros:

- Monitoreo semanal de la plaga
- Si se considera necesario de acuerdo a la evaluación aplicar: Abamectina o *Bacillus thuringiensis* más aceite, aplicación de aceites minerales o vegetales solos, o extracto de Neem, o Cartap + aceite.
- Poda de las plantas que se van a retirar del vivero para eliminar hojas o brotes que puedan llevar la plaga.

2. Arboles recién transplantados y hasta de 4 años de edad:

- Monitoreo semanal en época de brotación.
- Si los niveles de la plaga lo ameritan (más de 10% de daño y menos de 20% de parasitismo) acudir a

aplicación de los productos mencionados en 1b, considerando además el uso de inhibidores de síntesis de quitina (I.S.Q).

- Mantener niveles adecuados de fertilización y riego.
- Manejo de malezas permitiendo una cobertura con malezas de porte bajo y que florezcan.

3. Árboles de más de 4 años:

- Monitoreo en época de brotación.
- Evitar aplicaciones innecesarias teniendo presente que árboles de esta edad tienen abundante follaje.
- Fertilización y riego adecuados.
- En caso de poblaciones altas de la plaga, seguir instrucciones del asistente técnico.

B. Medidas a largo plazo:

1. Estudio de la biología y dinámica poblacional del minador.
2. Establecer o reevaluar técnicas de monitoreo que comprendan distribución de la plaga en el huerto, parámetros de dispersión, número de muestras/ha.
3. Estudiar o establecer niveles de daño económico.
4. Control químico.
5. Control biológico.
6. Divulgación

BIBLIOGRAFIA

ADAMS J.T. Knapp discusses citrus leafminer control. In: Citrus Industry (1993)

ASOCITRICOS. El minador de la hoja de los cítricos. Circular. Pereira: Asocítricos, 1995.

BADAWY A. The morphology and biology of *Phyllocnistis citrella* Stainton, a citrus leafminer in the Sudan: In: Bull Soc. Ent. Egypte. N°95 (1967).

BENFATTO.D.N. La minatrice serpentina degli agrumi: Un nuovo fitofago presente in Italia. In: L. Informatore Agrario (Abr. 1995).

BROWNING H. and J.E. PEÑA. Biological control of the citrus leafminer by its native parasitoids and predators. In: Citrus Industry (Apr. 1995).

CASTAÑO P.N. et al. El minador de los cítricos. En: Boletín informativo, Asociación nacional de productores de cítricos. Pereira. N°2, (1995).

CASTAÑO P.O. Manejo de problemas entomológicos en cultivo de cítricos. Manizales: Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1993.

_____ Controladores biológicos asociados al minador de las hojas de los cítricos *Phyllocnistis citrella*, Lepidoptera, Gracillariidae. Manizales: Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1996.

CARTAS DE JORGE PEÑA. Profesor Asociado, Universidad de Florida. Tropical Research and Education Center. Homestead, Florida. Enero 1995- Mayo 1996.

ESPADAS A.L. Jornadas técnicas sobre el minador de las hojas de los cítricos. En: Phytoma. N°68 (Abr. 1995).

ESPADAS A.L. El minador de las hojas de los cítricos *Phyllocnistis citrella*, Stainton. Estrategias para un control eficaz. En: Phytoma, N°68 (Abr. 1995)

ESQUIVEL E. *Schefflera* sp (Araliaceae) nuevo hospedante del minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera. Gracillariidae) en Panamá. En: Agrociencia (1995).

EVANS G.A. Description of the male *Ageniaspis citricola* Logvimoskaya, (Hymenoptera, Encyrtidae), parasitoid of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera, Gracillariidae). Florida, Estados Unidos: Entomology and Nematology Department. 199-

GARCIA G.E. Metodología para el control del minador de los brotes de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. En: Phytoma. N°68 (Abr. 1995)

HEPPNER J.B. Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Gracillariidae: Phyllocnistinae). Fla dept Agric. and com. In: Sev. DPI Entomol. N°359 (1993)

HOY M.A. and R. Nguyen. Current status of *Ageniaspis citricola*, a parasite of the citrus leafminer in Florida. In: Citrus Industry (Dec. 1995).

HOY M.A and R. Nguyen. Classical biological control of the citrus leafminer in Florida: A progress report. In: Citrus Industry (Jun. 1994).

KNAPP J.L. et al. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current status in Florida. Florida, Estados Unidos: Cooperative extensions service. 1995, 35 p.

KNAPP J. et al. Citrus leafminer, a new pest of citrus in Florida. In: Citrus Industry (Oct. 1993).

NEEM IN AGRICULTURE. Indian Agricultural Research Institute New Delhi: Parmar and Singh editors, 1993. 85 p.

OTERO R.O. et al. Manual de orientaciones para el manejo fitosanitario de las principales plagas y enfermedades de los cítricos, La Habana, Cuba: Instituto de investigaciones de cítricos, departamento de protección de plantas, 1994. 21 p.

PEÑA J.E. Control biológico del minador de los cítricos propuesta de importación y liberación de enemigos naturales exóticos en Colombia. Pereira: Asocítricos, 1995

PEÑA J.E. Informe de visita realizada a Colombia. Pereira: Asocítricos. 1995

PEÑA J.E and R. DUNCAN. control of citrus leafminer in south Florida. Proc. Fla State Hart Soc. 106. 1993

PEÑA J.E. et al. Propuesta de plan de acción sobre manejo del minador de los cítricos en Colombia. Pereira: Asocítricos, 1995.

QUAYLE H.J. Mayor insects that attack citrus I insects of citrus and other subtropical fruits New York: Comstock publishing company, 1938.

SHUI-CHEN CH. et al. Biological control of citrus pests in Taiwan, Taichung-Taiwan: The Taiwan Agricultural Research Institute, 1984.

SPONANGEL K.W. y F.J. DIAZ. El minador de las hojas de los cítricos *Phyllocnistis citrella*, un insecto plaga de importancia económica en la citricultura de Honduras. Tegucigalpa: La Lima, fundación hondureña de investigación agrícola, 1994

VERGARA R.R. Nueva plaga de los cítricos en Colombia: El minador de las hojas. Notas de sanidad vegetal. Resumen. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía. 199-1.

AVANCES SOBRE LA MANIPULACION GENETICA EN EL CONTROL DE ARTROPODOS DE INTERES MEDICO Y VETERINARIO

Sergio Orduz Peralta

Jefe, Unidad de Biotecnología y Control Biológico

Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB)

Apartado Aéreo 7378, Medellín Colombia - Fax 441-5514

Internet: cibucb@medellin.cetcol.net.co

INTRODUCCION

Desde el punto de vista de médico y veterinario, los mosquitos son los principales vectores de enfermedades debido a su capacidad de transmitir patógenos. Como vectores de enfermedades debilitantes y letales, representan una amenaza para cerca de 3000 millones de personas que habitan las zonas tropicales y subtropicales del planeta (Becker y Margalit, 1993). Hasta mediados de los años 80, los problemas causados por artrópodos vectores de enfermedades fueron controlados mediante la utilización de insecticidas químicos. Esta estrategia trajo como consecuencia una marcada reducción en la transmisión de las enfermedades, y una mejoría en nivel de vida de las poblaciones humanas expuestas a los vectores. Así mismo, la ganadería se vio beneficiada con el desarrollo de este tipo de productos, donde se logró disminuir las pérdidas causadas por moscas y garrapatas. Sin embargo, y al igual de lo que sucedió en el control de insectos en agricultura, los artrópodos de interés médico y veterinario empezaron a desarrollar estrategias evolutivas tendientes a resolver el problema que los insecticidas químicos estaban ocasionando en sus poblaciones, y como consecuencia de esto, apareció la resistencia a los productos usados. Esta resistencia es en sí un fenómeno genético, transmitido a las generaciones sucesivas. Vinieron entonces otra serie de compuestos no relacionados químicamente y que permitieron de nuevo ver una luz en el problema de control de insectos. Los compuestos fosforados y carbamatos también sufrieron la misma suerte, y finalmente aparecieron los piretoides que han sido utilizados desde entonces. Otra consecuencia derivada del uso de los insecticidas químicos fue la contaminación del medio ambiente y de los mismos productos de la agricultura. Los movimientos "verdes" conformados a partir de los años 80 en muchos países del mundo llamaron la atención sobre la importancia de hacer un alto en la utilización de los productos químicos altamente tóxicos y contaminantes y de mirar otras alternativas, como es el caso de los biopesticidas para el manejo de los problemas causados por los insectos. El desarrollo de la industria de insecticidas microbiales para el control de plagas en agricultura, permitió disponer de una serie de metodologías que fueron aplicables a la producción de bioinsecticidas para el control de vectores de enfermedades y de estrategias de manejo de artrópodos de importancia en el sector agropecuario.

Este nuevo interés se inició prácticamente con el descubrimiento de *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (B.t.i.) por Goldberg y Margalit en 1977, y fué continuado por el descubrimiento sucesivo de cepas muy activas de *B. sphaericus*, y de otras cepas de B.t. Por esta misma época y a nivel de política internacional, la Organización Mundial de la Salud decidió aumentar la financiación de los proyectos diseñados para realizar investigaciones sobre la búsqueda de nuevas cepas de bacterias para el control de mosquitos y dio apoyo a diversos laboratorios en el mundo que iniciaron el proceso de consolidación. Los resultados del trabajo de investigación de los diversos grupos de investigación del mundo incrementaron el conocimiento de estas bacterias entomopatógenas en varios campos, y se llegó al conocimiento molecular de los diversos genes de interés en el campo del control de mosquitos. A partir de ese momento la OMS consideró que se había cumplido un ciclo muy importante con amplio conocimiento generado, y decidió cambiar la estrategia de investigación en el control de insectos vectores de enfermedades en humanos y abrió nuevas líneas de investigación en el campo de la entomología molecular y la patogénesis, con el ánimo de desarrollar el conocimiento en las metodologías necesarias para modificar genéticamente los vectores y para entender a nivel molecular los mecanismos por los cuales un insecto es eficiente vector de enfermedades.

Aquí me referiré fundamentalmente a los procesos biotecnológicos aplicados al control de artrópodos de importancia médica y veterinaria; pero fundamentalmente a aquellas estrategias que tienen que ver con la aplicación de las técnicas modernas de la biología molecular.

1. BACTERIAS ENTOMOPATOGENAS.

Bacillus thuringiensis, (B.t.) una bacteria gram positiva formadora de esporas descubierta por Ishiwata en el Japón en 1901 y descrita formalmente por Berliner en Alemania (1911, 1915) es tal vez el insecticida microbiológico de más amplio uso para el control de plagas en el mundo. A la fecha se conocen 45 subespecies de acuerdo a su antígeno flagelar, con especímenes aislados de los cinco continentes. Su rango de acción está restringido a unos cuantos órdenes de la clase insecta, y recientemente se ha descrito actividad contra algunos nemátodos y ácaros (Bone, 1989, Feitelson et al, 1992).

En la década del 80, se estableció definitivamente la producción comercial y utilización mundial de las diversas cepas de B.t. de importancia en agricultura y salud pública. El mercado de B.t. en agricultura está controlado fundamentalmente por productos que utilizan la cepa HD-1 como ingrediente activo, básicamente para el control de insectos del orden Lepidóptera (Luthy et al., 1982), pero recientemente se ha incorporado B.t. subsp. *aizawai* en la lista de productos disponibles. En los países desarrollados, B.t. ha reemplazado parcialmente a utilización de insecticidas químicos en plantaciones forestales, y hacia la mitad de la década del 80 significó el 60% de las ventas mundiales (Burgues and Daoust, 1986), y en algunos países como Alemania, Francia y Estados Unidos, los larvicidas basados en B.t.i. han reemplazado casi en su totalidad

la utilización de larvicidas químicos. En la misma época se estima que las ventas mundiales fueron del orden de 50 millones de dólares, lo cual solamente representa el 1% del mercado mundial de insecticidas (Baldwin, 1987). La utilización de B.t. entró en una fase diferente a partir de la segunda mitad de los años 80, debido fundamentalmente a la restricción al uso de insecticidas químicos que varios países impusieron, a la elevada resistencia de los insectos a estos insecticidas, y al alto costo que conlleva el desarrollo de este tipo de productos agroquímicos.

Aunque *Bacillus sphaericus*, (Bs) otra bacteria gram positiva formadora de esporas ha sido extensamente estudiada, y es actualmente usada en programas operativos de control de larvas de mosquito, su uso no ha sido tan espectacular como el caso de B.t., fundamentalmente debido a su alta especificidad sobre larvas de mosquito, sin embargo, su utilidad es innegable, sobre todo para el control de mosquitos del género *Culex* que en algunos países es un vector muy importante de filariosis y algunas enfermedades virales. A esta especie también me referiré de nuevo en la parte correspondiente a microorganismos transgénicos.

De los restantes entomopatógenos, tal vez el más importante desde el punto de vista de las aplicaciones biotecnológicas es *Beauveria bassiana*, (B.b.) por su amplio uso en Colombia para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). En el caso específico de Colombia, B.b. ha sido estudiada en el contexto del control de *H. hampei*. Y se han realizado ensayos para la producción industrial de este hongo en la que cierto grado de capacitación está involucrado, estos resultados son aplicables a su utilización para el control de *Musca domestica* (Watson y col., 1995).

En la actualidad y en el futuro cercano la dirección de la investigación en el campo molecular estará dirigida fundamentalmente al mejor entendimiento del mecanismo de acción de las toxinas de B.t. y B.s., a la transferencia de los genes de estas toxinas a organismos que puedan mejorar características como la persistencia en los ambientes acuáticos y a mejorar la disponibilidad de las toxinas. Por estas razones, esta revisión estará fundamentalmente centrada en el mejoramiento genético de las proteínas de B.t.

2. TOXINAS, MECANISMO DE ACCION Y GENES DE *Bacillus thuringiensis*.

Toxinas. B.t. produce inclusiones cristalinas paraesporales (ICP) durante la fase de esporulación para lo que la célula vegetativa dedica un 30% de su energía metabólica. La diversidad de las proteínas del cristal de Bt mejor conocidas como d-endotoxinas ha resultado de el estudio de miles de aislamientos realizados en cerca de 50 países del mundo. Millones de dólares han sido dedicados a la búsqueda de nuevas cepas con actividades o con mayor potencia. Hasta el momento se conocen 45 serotipos de acuerdo a las características de su antígeno flagelar, y la mayoría de estas cepas producen más de una proteína en el cristal; y de alguna manera esta composición se refleja en la forma del cristal, y por lo tanto, la observación microscópica podría sugerir la clase de insectos que podrían ser afectados por una cepa en particular. En 1989, Hofte y Whitely propusieron una nueva clasificación basada en el grado de homología

de los genes que codifican para las proteínas del cristal (Cry). A la fecha, seis clases principales de genes cry (I a VI) y una citolicina (cyt) han sido descritos y su relación evolutiva puede ser observada en la figura 1. Así mismo la especificidad de las cepas varía con el tipo de gen (es) que contenga, como se aprecia en la tabla 1.

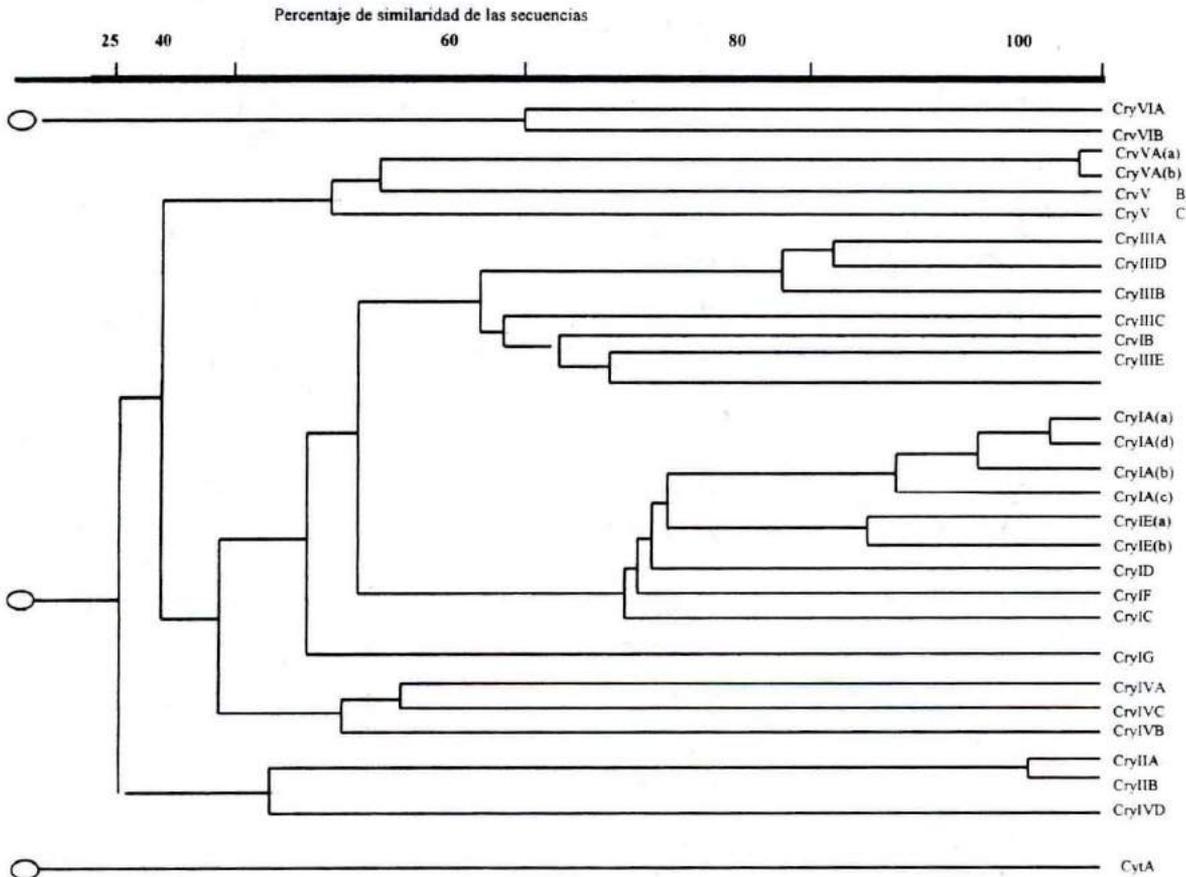


Figura 1. Posible relación evolutiva entre los genes de las δ -endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* predicha a través de la utilización del algoritmo de Fitch-Margolias.

Tabla 1. Genes insecticidas de *Bacillus thuringiensis*

Tipo de gen	Actividad ^a	Ocurrencia
<i>cryIA(a)</i>	L	kur, sot, aiz, ent, thu, ale
<i>cryIA(b)</i>	L	kur, aiz, thu, dar, tol, ent, ale
<i>cryIA(c)</i>	L	kur, ken,
<i>cryIB</i>	L	aiz, thu, ent
<i>cryIC</i>	L	aiz, ent
<i>cryID</i>	L	aiz, ent, gal, dar
<i>cryIE</i>	L	ken, dar, tol
<i>cryIF</i>	L	aiz
<i>cryIG</i>	L	gal
<i>cryIIA</i>	L/D	kur
<i>cryIIB</i>	L	kur
<i>cryIIC</i>		
<i>cryIIIA</i>	C	mor (ten, san)
<i>cryIIIB</i>	C	tol
<i>cryIIIB(b)</i>	C	kyu
<i>cryIVA</i>	D	isr, mor
<i>cryIVB</i>	D	isr, mor
<i>cryIVC</i>	D	isr, mor
<i>cryIVD</i>	D	isr, mor
<i>cryIV?</i>	D	jeg?, med?
<i>cryIV?</i>	D	med?
<i>cryVA</i>	L/C	NA
<i>cryVB</i>	L/C	NA
<i>cryVIA</i>	N	NA
<i>cryVIB</i>	N	NA
<i>cytA</i>	D/cytol.	isr, mor
<i>cytM</i>	D/cytol.	med
Sin clasificar		
<i>cryX1 (IIIC)</i>		
<i>cryX2 (IIID)</i>		
<i>cryX3</i>		
<i>CryX4</i>		

^a Especificidad del rango de huésped: L, Lepidoptera; C, Coleóptera; D, Díptera; N, Nematodos cytol., citolítico.

kur, *kurstaki*; thu, *thuringiensis*; sot, *sotto*; aiz, *aizawai*; ent, *entomocidus*; ale, *alesti*; dar, *darmstadiensis*; tol, *tolworthi*; ken, *kenya*; gal, *galleriae*; mor, *morrisoni*; ten, *tenebrionis*; san, *san diego*; isr, *israelensis*; jeg, *jegathesan*; med, *medellin*. NA. No disponible.

Las proteínas son mantenidas en el cristal presumiblemente debido a interacciones complejas como hidrofobicidad, enlaces disulfuro, puentes de hidrógeno, etc. Además de estas d-endotoxinas, algunas cepas de Bt producen otro tipo de toxinas que ha sido denominadas b-exotoxinas. Estos compuesto son análogos de nucleótidos y su actividad esta determinada por la inhibición de la ARN polimerasa por competencia con el ATP. Aunque estos compuestos no son tan específicos como las d-endotoxinas, pueden contribuir de alguna manera a la muerte del insecto.

Mecanismo de acción. Una vez el organismo susceptible ingiere los cristales, el pH del intestino, al igual que sus proteasas solubilizan las protoxinas y activan las toxinas. Las protoxinas estan divididas en dos fragmentos, uno activo y otro estructural (figura 2). En el fragmento tóxico existe una región amino terminal (aminoácidos 1 a 279), con regiones hidrofóbicas y en la que varias helices a se forman, además contiene secuencias en las que se puede predecir actividad transmembranal, una segunda región carboxilo terminal conservada (aminoácidos 461 a 695), y una región variable entre estas dos, que estan conformadas fundamentalmente por hojas b. Las proteínas del cristal conocidas con actividad tóxica, comparten una característica común entre las regiones hidrofóbicas conservadas indicando que esta región podría estar involucrada en la toxicidad. Por otro lado, la región variable central y la carboxilo terminal conservada podrían estar involucradas en el mantenimiento de la estructura tridimensional y en la unión de las toxinas al receptor de las células del intestino medio del organismo susceptible. La proteína CytA es producida y empacada en el cristal paraesporal de B.t. subsp. *israelensis* y contiene varias regiones hidrofóbicas distribuidas en helices paralelas y antiparalelas lo que facilita su inserción en la membrana de las células susceptibles. Estudios *in vivo* han demostrado que las d-endotoxinas se unen específicamente a las vesículas de la membrana de las células susceptibles de insectos, y existe una relación positiva entre la actividad biológica de las toxinas tipo Cry y su capacidad de unirse a las células del intestino. Estas d-endotoxinas requieren un receptor específico localizado en la membrana de las células epiteliales del intestino medio y su toxicidad parece estar más relacionada con el número de receptores que con la afinidad de las toxinas por el receptor y se piensa que el receptor es una proteína glicosilada. La clase de receptor depende en cada caso de la especie susceptible. En la figura 3 se muestra un modelo generalizado de de la interacción de las toxinas con el receptor y el modo de acción de las toxinas de Bt en insectos.

Las toxinas Cyt son producidas basicamente por las cepas de B.t. con actividad contra especies del orden Diptera, tiene además actividad citolítica en diversos tipos de células de eucariotes. Su acción sobre las membranas se inicia por unión de la toxina a fosfolípidos no saturados, y se ha demostrado que este tipo de toxinas no tiene efecto sobre los protoplastos bacterianos, quienes no contienen fosfatidilcolina, esfingomielina, o colesterol. La toxina se une inicialmente como un monómero y posteriormente como agregados en la membrana celular de aproximadamente 300 a 400 kDa, lo que indica que estaría compuesto de 16 moléculas aproximadamente. Por lo tanto la interacción de las toxinas Cry y Cyt con las células del intestino medio es particular para cada grupo de toxinas.

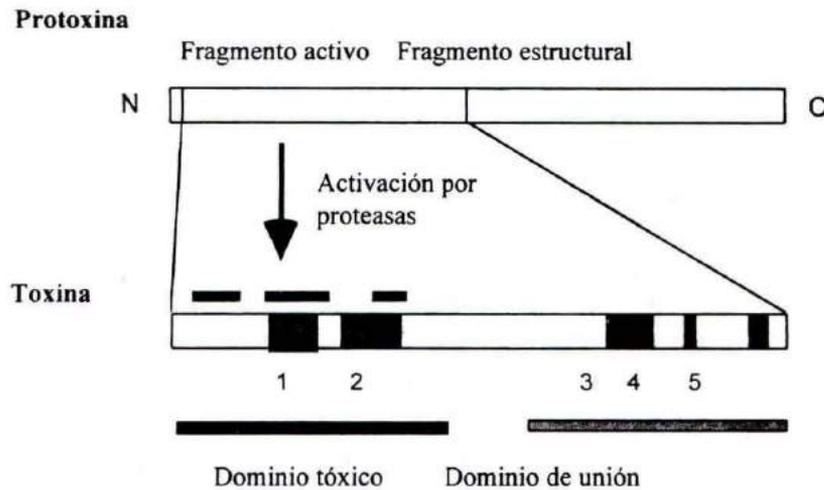


Figura 2. Ilustración de los dominios de una tóxina típica (CryIA(c)) de *Bacillus thuringiensis*. La proteína de 130 kDa es procesada por proteasas, resultando en la pérdida del fragmento estructural carboxi terminal. Se piensa que el fragmento resultante está compuesto de tres dominios, el tóxico, el de unión al receptor, y una región variable. Dentro de estos dominios se observan cinco regiones conservadas (áreas sombreadas), y contiene también regiones hidrofóbicas demarcadas por las barras sólidas.

Sinergismo. Debido a que la mayoría de las cepas de B.t. activas contra lepidópteros produce toxinas de un sólo peso molecular, es difícil predecir el efecto sinérgico en estas cepas. La mayoría de las subespecies de B.t. activas para dípteros produce más de una proteína en el cristal y con ellas el efecto sinérgico si se puede evaluar. En el caso de B.t. subesp. *israelensis*, la interacción de las diferentes proteínas del cristal resulta en un efecto sinérgico, y aunque el mecanismo concreto no ha sido dilucidado, lo mismo se sabe de las toxinas de B.t. subesp. *medellin*. En cada caso, aunque no se conoce con exactitud el mecanismo del efecto sinérgico, se piensa que puede resultar de la interacción de las porciones hidrofóbicas de las moléculas de las toxinas y de la membrana de las células del epitelio intestinal del insecto susceptible.

Bajo condiciones normales, el borde apical de la membrana de las células del intestino medio de las larvas de insectos transportan activamente iones K^+ , creando potenciales de membrana. El transporte de K^+ y los gradientes de potencial son mantenidos por una ATPasa electrogénica tipo V que envía H^+ al interior del intestino. Esta bomba de protones, localizada en la parte terminal de la cavidad de las células goblet realiza

también la función de absorción de nutrientes y la regulación del pH. Las toxinas activadas se unen a la membrana del intestino medio e incrementan la conductancia de las células columnares lo que lleva a la interrupción de los gradientes eléctricos y de pH.

Se han postulado tres hipótesis para explicar el modo de acción de las toxinas de Bt. El primero postula que las toxinas de B.t. inhiben directamente la ATPasa de la membrana plasmática; la segunda propone que las toxinas de Bt incrementan la permeabilidad de K^+ de una manera selectiva; y la tercera sugiere que las toxinas forman poros no específicos. Después de analizar los elementos de juicio que sustentan cada una de ellas, se piensa que lo más probable es que las toxinas formen poros no selectivos, con un radio entre 0.6 a 1.0 nm, los cuales son más grandes que los iones K^+ , Na^+ , and NH_4^+ , como se ilustra en la figura 3, donde las moléculas de la toxina interactúan con la membrana para formar canales que la cruzan. Se piensa que las hélices alfa conformadas por la región hidrofóbica amino terminal podría ser la responsable de la formación de los poros. Es posible que los dos tipos de toxinas conocidas tengan el mismo mecanismo de acción, aunque el sitio de acción resida en distintos componentes de la membrana. Una vez la toxina se ha insertado en la membrana, se forman agregados y el tamaño del poro se aumenta a medida que el agua entra en la célula, dando lugar a la lisis celular y a la muerte del insecto.

Patología . A nivel de estructura microscópica, las células columnares del intestino medio pierden las involuciones basales, sufren hinchamiento de las microvellosidades, formación de vesículas en el retículo endoplásmico, pérdida de los ribosomas, hinchamiento de las mitocondrias, hinchamiento generalizado de las células y de los núcleos, con subsecuente ruptura de los organelos nucleares y la membrana plasmática. Otros signos microscópicos de la intoxicación incluyen un incremento en el tamaño y el número de los poros de la membrana nuclear, separación de las células entre sí y de la membrana basal, y casi completa destrucción de las células goblet, en general se observa que estos fenómenos progresan desde la región apical hasta la membrana basal.

Genes. De la gran variedad de genes que codifican para las proteínas del cristal descritas, se han clonado y secuenciado cerca de 40. El primer estudio de clasificación y nomenclatura de estos genes permitió disponer de un sistema basado en la secuencia de cada uno de ellos. El análisis de estos genes muestra que en algunos casos existe una buena correlación entre las similitudes estructurales y sus correspondientes actividades. Por ejemplo las proteínas CryI activas para Lepidóptera aparecen estrechamente relacionadas, con la excepción de CryIB y CryIG, probablemente todas tienen un ancestro común. Las proteínas CryIII y CryIB tienen una raíz común y comparten el 52% de la secuencia. Por otro lado las proteínas Cyt y las activas contra nemátodos tienen una homología más tenue. Estas últimas caen en dos grupos no relacionados. Esta nomenclatura fue válida hasta hace poco tiempo y fue recientemente revisada por Dean (comunicación personal).

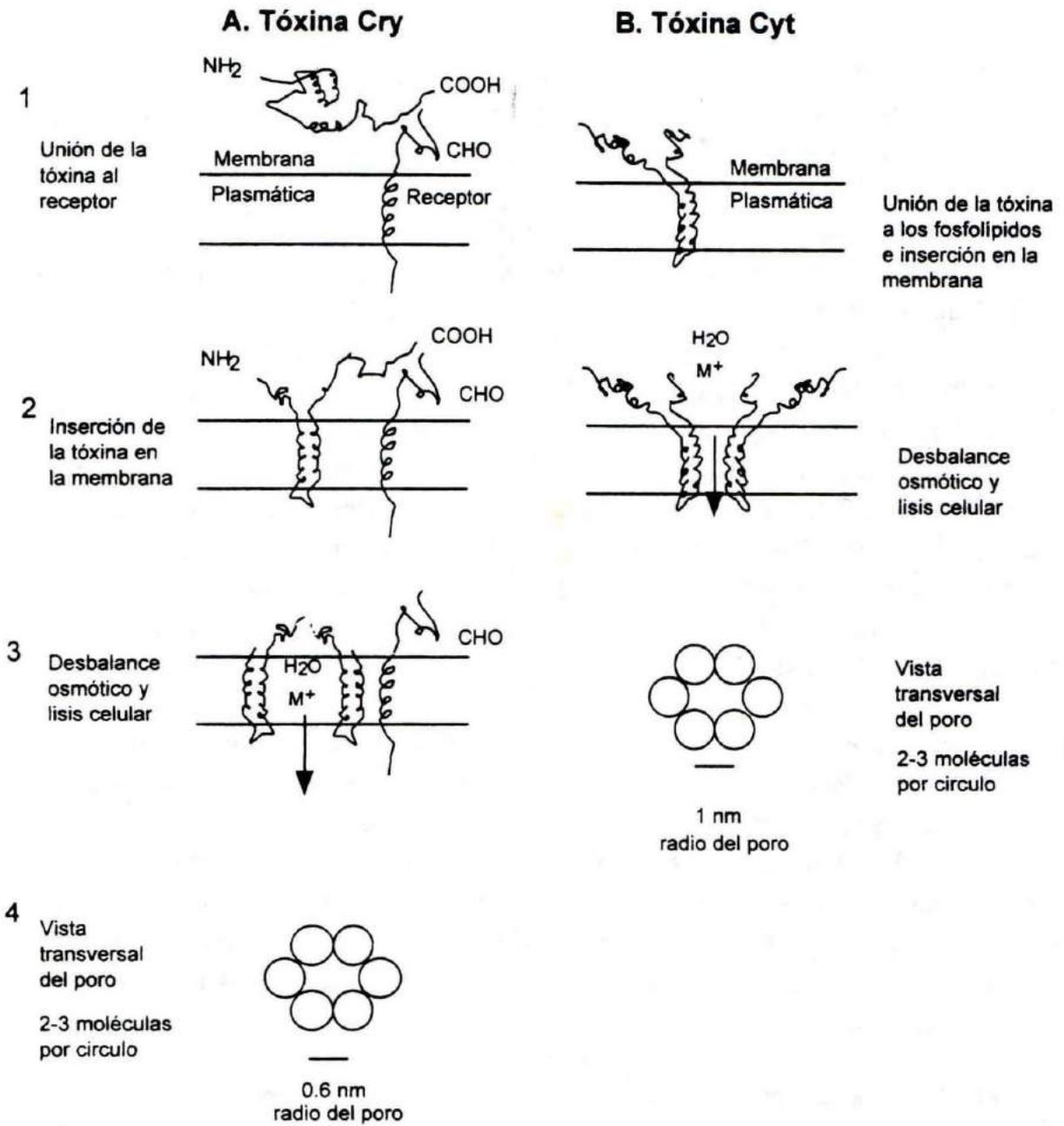


Figura 3. Modelo propuesto para la formación de poros de las toxinas de *Bacillus thuringiensis*, Cry (A) y Cyt (B) en las células del intestino medio de insectos.

Nuevos genes. Aparte de los genes descritos de B.t. i. y B.s., se ha descrito el gen de la proteína de 80 kDa de B.t. subsp. *jegathesan*, quien ha mostrado una mayor actividad tóxica contra larvas de *Aedes aegypti* que la cepa silvestre cuando fué clonado en una cepa acristalífera de B.t. (Delecluse y col., 1995). Así mismo en 1996, Ragni y col. han descrito 2 cepas de B.t. de las subespecies *thompsoni*, *malaysiensis* y dos cepas de B.t. autoagultinantes con alta actividad tóxica contra larvas de mosquitos de las especies *A. aegypti*, *Culex pipiens* y *Anopheles stephensi*. Las proteínas producidas por estas cepas son un poco diferentes a las de B.t. i. y a las de B.t. subsp. *medellin*. De las cepas recientemente descritas, es decir en los último 4 años, solamente se ha reportado la secuencia del gen de la proteína de 80 kDa de B.t. subsp *jegathesan*. Nuestro laboratorio se encuentra en la actualidad terminando la secuencia de las proteínas de 94 y 30 kDa de B.t. subsp. *medellin*, en los que se ha encontrado una homología interesante con las proteínas Cry11A y 11B y con la CytA respectivamente.

En el caso de B.s. se ha reportado recientemente una nueva proteína de 35.8 kDa tóxica para larvas de *C. quiquefasciatus*. Su gen ha sido descrito (Liu y col., 1996) y contiene una alta homología con la toxina e de *Clostridium perfringens*, y la citotoxina de *Pseudomonas aeruginosa*; sin embargo su potencia contra larvas de mosquito no ha sido reportada, por lo tanto hasta el momento se desconoce su valor en el control de estos insectos. En 1990, de Barjac y col. describieron la actividad tóxica de una cepa de *C. bifementans* subsp. *malaysia*. El gen denominado *cbm71* que codifica para una proteína de 71 kDa ha sido recientemente clonado (Barloy y col., 1996), y su actividad tóxica contra larvas de mosquito muestra estar en el orden de 129 a 185 ug/ml (LC50), siendo más potente contra *A. stephensi*.

Evaluación de cepas por PCR. La evaluación de centenares o miles de cepas de B.t. dentro de un programa de búsqueda de nuevas cepas tiene un inconveniente fundamental que es el costo de evaluación por bioensayo directo de todas las cepas que se han colectado o que se desean evaluar. Para tratar de disminuir los costos de evaluación, se ha empleado la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Esta metodología ha sido empleada para evaluar centenares de cepas y predecir la posible actividad que puedan tener, sin embargo, y al igual que otras técnicas empleadas para predecir la posible actividad de las cepas de B.t., como es la electroforésis de las proteínas del cristal, el Western blot o el Elisa, estas solamente dan información sobre una posible actividad, y quien en últimas determina la actividad tóxica de una cepas es el bioensayo. Al contrario que estas últimas técnicas, el PCR no solamente permite conocer la posible actividad tóxica, sino que también permite conocer que tipo de genes contiene una cepa determinada. En nuestro laboratorio, al igual que en otros en Colombia y en el mundo, se está empleando esta técnica con gran acierto para predecir la posible actividad tóxica de las cepas de B.t., e inferir la posible presencia de nuevos genes con actividad desconocida (Arango, datos sin publicar).

La búsqueda mundial de nuevas cepas de B.t. ha sido muy exitosa y de ella se ha logrado obtener cepas con mayor potencia y un mayor rango de acción, y aunque se han logrado identificar nuevos genes, se hace cada día mas evidente que no será tan fácil obtener cepas nuevas con actividad contra insectos recalcitrantes. Por lo tanto, existe hoy día una intensa actividad científica encaminada hacia en diseño e ingeniería de

proteínas con el propósito de obtener toxinas mejoradas. La clave para el desarrollo de tales toxinas está en el mejor entendimiento de la relación estructura-función en la molécula de la toxina, para generar toxinas modificadas en el laboratorio que tengan actividades no descritas hasta el momento. Al momento no disponemos de conocimiento suficiente para determinar cuáles cambios introducirían cual respuesta por lo tanto, uno de los mecanismos más adecuados para alcanzar este punto de el uso de la mutagenesis al azar, pero dirigida a puntos claves en la estructura de la toxina como son las vueltas de las hojas b 2 y 3 del dominio de unión al receptor del insecto. Aunque con esta metodología ya se ha tenido éxito y se ha logrado incrementar la actividad de una toxina, los mayores esfuerzos se han dedicado a dilucidar, a nivel molecular, el mecanismo de acción de las toxinas. Intentaré describir los resultados más sobresalientes de la ingeniería de proteínas y las razones que se han argumentado para desarrollar tales actividades.

Genes híbridos de las proteínas del cristal. La ingeniería genética ha sido clave en el incremento del espectro de actividad de las toxinas de B.t. Honeé y col. (1991) produjeron una proteína quimérica al fusionar las regiones tóxicas de la proteína Cry1Ab de B.t. *aizawai* y de Cry1C de B.t. *entomocidus*. La proteína de fusión resultante demostró las características tóxicas de cada una de las toxinas parentales. Y se ha postulado que al igual que una protoxina, las condiciones del intestino del insecto rompen la proteína de fusión liberando los fragmentos activos, de tal suerte que el insecto blanco es atacado por la toxina correspondiente. Este avance es muy importante pues permite el producir un biopesticida con dos actividades con la energía necesaria para la producción de solamente uno de ellos.

Mutaciones específicas. Al realizar analogías de la secuencia de la proteína Cry3A, con la proteína Cry1Ac se ha logrado establecer una similitud de sus estructuras tridimensionales y con esta información se ha logrado introducir mutaciones puntuales en regiones conservadas del gen *cry1Ac* con el objeto de establecer el papel de estas regiones en la toxicidad. Algunos cambios introducidos en esta secuencia han dado como resultado una disminución muy marcada de la actividad tóxica. Otros cambios en determinadas regiones de proteínas activas contra insectos lepidópteros han dado como resultado un incremento de la actividad insecticida. Aunque este trabajo no se ha realizado en proteínas de interés para insectos de importancia médica, esta abierta esta posibilidad no solamente para tratar de entender el mecanismo molecular de acción de estas toxinas, sino también el lograr algunas proteínas con mayor actividad.

Transferencia de genes. Como ya se ha discutido anteriormente, el mejoramiento genético de las cepas de B.t. puede llegar a representar una novedosa estrategia para el combate de insectos. Este mejoramiento se ha realizado básicamente por medio de la transferencia de genes silvestres o de genes modificados genéticamente. Vamos a presentar lo que se ha logrado en términos generales con la transferencia de genes. En primer lugar se ha logrado transferir genes de las toxinas de B.t. a una cepa de B.t. no homóloga con lo cual se espera lograr efectos aditivos o sinérgicos y de esta manera ampliar el rango de acción a una bacteria no homóloga, y como resultado se espera mejorar la disponibilidad de las toxinas y 2. Transferir los genes de las toxinas de B.t. a un huésped no homólogo con lo que se espera mejorar algunas de las desventajas de B.t. En el primero de los casos, Crickmore et al. (1990), usando electroporación, introdujeron

el gen *cry2A* de *B.t.* subesp. *morrisoni*, patotipo *tenebrionis* en *B.t.* subesp. *israelensis*, y la bacteria transgénica resultante mostró toxicidad como era de esperar en larvas de dípteros y coleópteros, sin embargo también encontraron actividad contra lepidóptera. De la misma manera introdujeron el gen *cry1Ab* en una cepa con actividad para coleóptera, y encontraron actividad no solamente contra lepidóptera y coleóptera, como era de esperar, sino que también demostró actividad contra mosquitos. Introduciendo de esta manera el nuevo concepto de que las proteínas de *B.t.* interactúan de manera sinérgica para aumentar el rango de acción. Otra serie de recombinaciones genéticas puede ser observada en la tabla 2.

Tabla 2. Cepas de *Bacillus thuringiensis* mejoradas por recombinación genética

Gen	Vector	Ventajas
<i>cryIIIa</i> (<i>tenebrionis</i>)	<i>B.t. israelensis</i>	Incrementa rango de huésped sinérgico
<i>cryIA(b)</i> (<i>aizawai</i>)	<i>B.t. tenebrionis</i>	Incrementa rango de huésped sinérgico
<i>cryIIIa</i> (<i>tenebrionis</i>)	<i>B.t. kurstaki</i>	barrenadores de maíz y papa actividad contra crisomélidos
<i>cryIA(b)</i> (<i>aizawai</i>)	<i>Autographa californica</i> NPV	Incrementa rango de huésped actividad en larvas grandes
<i>cryIA(c)</i> (<i>kurstaki</i>)	<i>Autographa californica</i> NPV	Incrementa rango de huésped actividad en larvas grandes

Mejoramiento de la disponibilidad en ambientes acuáticos. Desde su descubrimiento en 1978 por Golberg y Margalit, *B.t.i.* ha sido usado en muchas partes del mundo para el control de culicidos y simúlidos. Sin embargo, este bioinsecticida también presenta limitaciones derivadas de su baja residualidad y adsorción a materiales orgánicos lo cual disminuye su eficacia bajo condiciones naturales. Con el propósito de mejorar estas limitaciones se ha intentado transformar varias especies de bacterias acuáticas que viven normalmente en los criaderos de larvas de mosquito y se mantienen en la zona de alimentación. De esta manera las toxinas activas contra larvas de mosquito se mantienen durante períodos prolongados en los habitats naturales y aumentan su número a concentraciones que hacen posible el control de los mosquitos. El gen *cryIVB* ha sido usado para transformar las cianobacterias *Agmenellun quadruplicatum* (Angsuthansombat y Panyim,

1989), *Synechocystis* PCC6803, (Chungjatupornchai, 1990), en ellas se observó expresión de la toxina y mortalidad en larvas de *Aedes aegypti*, sin embargo los niveles de expresión fueron bajos, posiblemente debido a la falta de un promotor muy fuerte, un sitio más adecuado de unión al ribosoma, o a diferencias en la interpretación del código genético.

La expresión de los genes de la toxina binaria de *B. sphaericus* ha sido ensayado en varias especies de *Bacillus*. Algunas cepas no tóxicas o poco tóxicas de B.s. han desarrollado toxicidad al nivel de la cepa donadora de los genes. *B. subtilis* DB104 transformada con los genes de la toxina binaria produce inclusiones amorfas y se ha demostrado que su toxicidad es tres veces mayor que la cepa donadora de los genes (Baumann et al., 1985, 1991, Broadwell et al., 1990a, 1990b). Los genes de la toxina binaria también se han logrado expresar en un mutante acristalífero de B.t.i. 4Q2-81 (Bourgouin et al., 1990). Se encontró que los cristales de la toxina binaria fueron depositados con las esporas y se observó que fué igualmente tóxica para *Anopheles stephensi* y *A. aegypti* que la cepa nativa de B.t.i. pero 25 veces más potente que la cepa de B.s. donadora de los genes (Bourgouin et al., 1990).

Otras especies de bacterias acuáticas se han usado como huéspedes de las toxinas de B.t. y B.s. Las especies del género *Caulobacter* son habitantes normales de las charcas donde se crían las larvas de los mosquitos y en algunas etapas predominan en la zona de alimentación de las larvas (Merritt et al., 1992, Pointdexter, 1981). Thanabalu et al. (1992) han clonado de manera separada los genes de la toxina binaria de B.s. 2297, el gen de la proteína de 100-kDa de B.s. SSII-I, el gen de la proteína de 128 kDa *cry*/VB de B.t.i. en la bacteria *C. crescentus*. Todos los recombinantes demostraron algún grado de actividad contra larvas de mosquito pero en general la actividad fué baja con respecto a las cepas donantes de los genes, excepción de la cepas de B.s. SSII-1 (Thanabalu et al., 1991, Thanabalu et al., 1992). las células de *Caulobacter* que expresaron la toxina de 100 kDa o la de 128 kDa de B.t.i. fueron débilmente tóxicas para larvas de *C. quinquefasciatus* y *A. aegypti*, respectivamente (Thanabalu et al., 1992).

Otras especies de cianobacterias han sido estudiadas como vehículos para aumentar la eficacia de estas toxinas mosquitocidas en la zona de alimentación de las larvas de mosquitos (Angsuthanasombat y Panyim, 1989, Chungjatupornchai, 1990, de Marsac et al., 1987, Murphy y Stephens, 1992). Al igual que *C. crescentus*, las especies de cianobacterias son ubicuas, viven en las inmediaciones de la zona de alimentación de las larvas y toleran diferentes rangos de salinidad y temperatura, además siendo fotoautótrofas tienen requerimientos nutricionales limitados (Rippka et al., 1979). Los genes de las toxinas de B.t.i. y B.s. han sido clonados en las cianobacterias *Agmenelum quadruplicatum* (*Synechococcus* sp. cepa PCC 7002), *Synechococcus* sp. strain PCC 6803, *A. quadruplicatum* PR-6, *Anacystis nidulans* R2, también denominada *Synechococcus* sp. cepa R2, *Anabaena* sp. PCC 7120, sin embargo en todo los casos los niveles de expresión han sido bajos (Angsuthanasombat y Panyim, 1989, Chungjatupornchai, 1990, de Marsac et al., 1987, Murphy y Stephens, 1992, Xudong et al., 1993). Un resumen de los resultados de estas investigaciones puede observarse en la tabla 3.

Tabla 3. Bacterias acuáticas recombinantes con los genes mosquitocidas de *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* y *Bacillus sphaericus*.

Especies bacterianas	Genes de toxina	Toxicidad
<i>Caulobacter crescentus</i>	binaria 100 kDa <i>cryIVB</i>	Baja en <i>C. quinquefasciatus</i> Baja en <i>C. quinquefasciatus</i> Baja en <i>A. aegypti</i>
<i>Agmenelum quadruplicatum</i>	<i>cryIVA</i> <i>cryIVD</i>	Baja en <i>A. aegypti</i> Baja en <i>C. pipiens</i>
<i>Anabaena</i> sp.	binaria	Baja en <i>C. pipiens</i>
<i>Anacystis nidulans</i>	binaria	Baja en <i>A. sinensis</i>
<i>Synechococcus</i> sp.	<i>cryIVB</i>	Baja en <i>C. pipiens</i>

Mosquitos transgénicos. La posibilidad de utilizar la resistencia natural e inducida a los insectos hematófagos, ha venido tomando mayor fuerza a raíz de los recientes desarrollos de la biología molecular. El conocimiento de la proteínas inducibles de acción antibacteriana y antiparasitaria en los insectos ha permitido explorar posibilidades su utilización (Azambuja et al., 1989, Boman et al., 1989, Gwadz et al., 1989, Wade et al., 1990). Así mismo el desarrollo que se ha logrado obtener en la introducción de material genético extraño en mosquitos (Monroe y col., 1992, Miller y col., 1987, Kumar y Rai, 1991) permite pensar en la posibilidad de introducir genes de proteínas antibacterianas y antiparasitarias que posibilite la transferencia de genes a la población de vectores características tales como la refractabilidad a la infección por *Plasmodium* u otros agentes infecciosos.

Hoy día se conocen varias proteínas inducibles que por el grado de homología que tienen se pueden clasificar en 6 familias, cecropinas, atacinas, defensinas lisozimas, abaecinas y apidaecinas, estas dos últimas recientemente descubiertas en *Apis mellifera* (Kimbrell, 1991). Se ha sugerido la posibilidad de introducir algún gen de estas proteínas para las que se ha demostrado actividad contra *Plasmodium* bajo el control del gen promotor de vitelogenina, una proteína normalmente depositada en los huevos después de que la hembras del mosquito toman comida de sangre. De esta manera, cada vez que el mosquito tome su comida de sangre se disparará la producción de esta sustancia que matará al *Plasmodium* dentro del mosquito (Marshall, 1990).

Al presente, existen varias herramientas de la biología molecular que permiten la posibilidad de introducir genes en los mosquitos en los que se utilizan métodos modernos. La reciente aparición en el mercado de un aparato para introducir micropartículas cubiertas con ADN, ha permitido la posibilidad de introducir genes en organismos enteros. Mejorando de esta manera la eficiencia y el rendimiento que tenía la microinyección del material genético. Recientemente se ha propuesto la utilización del endosimbionte *Wolbachia*, como mecanismo para introducir genes en los mosquitos. De esta manera, Beard et al. (1992) lograron introducir material genético en un simbiote extracelular de *Rhodnius prolixus*. Sin embargo de los resultados de estabilidad y de permanencia de los genes extraños en el simbiote depende el éxito de estas nuevas aproximaciones al control de insectos vectores.

3. VACUNAS CONTRA INSECTOS HEMATOFAGOS Y CAUSANTES DE MIASIS

Anticuerpos antimosquito. Los primeros ensayos para determinar el efecto de la inmunidad del huésped contra los mosquitos se publicaron en 1972 por Alger y Cabrera. Recientemente se ha empezado a trabajar de nuevo en esta idea, y se ha demostrado que anticuerpos dirigidos contra el intestino medio de *A. aegypti*, cuando son ingeridos concomitantemente con sangre infectada con arbovirus, reducen la posibilidad del establecimiento de la infección viral en el mosquito. (Ramasamy y col., 1990) Lal y col., (1994) han demostrado que mosquitos de la especie *A. stephensi* alimentados con ratones infectados con *P. berghei* e inmunizados contra el intestino de *A. stephensi*, desarrollaron una menor cantidad de ooquistes que aquellos mosquitos en el grupo control, con un porcentaje de bloqueo de la infección que alcanzó 95.2%, situación que había sido demostrada, pero a diferencia de estos últimos, no pudieron encontrar diferencia significativa de mortalidad en los mosquitos. Estos hallazgos muestran claramente la posibilidad de desarrollar por métodos de biología molecular una vacuna recombinante, una vez se hayan caracterizado el(los) antígeno(s) mayores del intestino de mosquito que son los responsables de inducción de la respuesta inmune en los huéspedes. Para 1994 y años subsiguientes, la Organización Mundial de la Salud ha dedicado la mayoría de sus esfuerzos a financiar investigaciones tendientes a conocer mejor la genética molecular de los insectos vectores y los parásitos que causan las enfermedades transmitidas por los mosquitos más importantes. En 1987 y 1992, Miller y col., y Monroe y col., lograron por diversos métodos introducir material genético extraño dentro del genoma de *A. gambiae* y *A. albopictus* respectivamente. Estos hechos significan la posibilidad de desarrollar insectos transgénicos resistentes a la infección y a un mayor conocimiento molecular de la relación huésped-parásito. Sin embargo y como es lógico suponer, esta aproximación al problema de la transmisión de enfermedades tiene que tener en mente la diversidad de especies vectores, al menos en el caso de los vectores de malaria, donde posiblemente los antígenos determinantes de la respuesta inmune podrían ser particulares a cada una de las especies, y por lo tanto de utilidad en regiones muy particulares.

Anticuerpos antigarrapatas. Las garrapatas representan un factor muy importante dentro de la problemática de la producción pecuaria, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, fundamentalmente debido a las enfermedades que transmiten y el costo que representa su control. Las pérdidas causadas por las

garrapatas se han calculado en 7000 millones de dólares al año (de Castro y Newson, 1993). El control convencional con uso de acaricidas tiene serios problemas como son su alto costo, el desarrollo frecuente de resistencia y el peligro de contaminación residual en la carne y la leche (de Castro y Newson, 1993). Desde hace varios años se ha empezado a estudiar la resistencia natural de cierta razas de ganado a la infestación por garrapatas. En 1986, Kemp et al. inmunizaron ganado usando extractos derivados de hembras de la garrapata *Boophilus microplus* y lograron encontrar mortalidad de las garrapatas en algunos casos, mientras que en otros se encontró daño en el tejido epitelial del intestino y de estas muchas murieron antes de poner huevos. Willadsen et al. (1993) lograron aislar el gen de la proteína más importante desde el punto de vista inmunogénico designado como Bm86. Su producción en *Escherichia coli* y Baculovirus recombinantes se ha obtenido, y en algunos casos se ha logrado que su efectividad sea muy comparable a la del antígeno nativo. Actualmente se encuentra en estudio una vacuna experimental contra *B. microplus* a la que el gobierno de Australia le ha concedido una licencia provisional.

Anticuerpos antipulgas. El trabajo desarrollado en los últimos años en el diseño de vacunas contra las garrapatas y los más recientes que han demostrado actividad de los anticuerpos del huésped contra mosquitos, ha llevado a Opdebeeck y Slacek (1993) a intentar producir una respuesta inmune en gatos hacia la pulga *Ctenocephalides felis felis*. Sin embargo la inmunización de los animales con extractos de intestino de pulga no produjo la respuesta necesaria en las pulgas que se usaron en los gatos inmunizados, a pesar de que se pudo demostrar la presencia de anticuerpos específicos para el intestino de la pulga. Es muy posible que la falta de respuesta haya estado determinada por el hecho de que ciertas partes del intestino de la pulga permanecen escondidas, y que en ellas este localizados los antígenos mayores del intestino (Opdebeeck y Slacek, 1993).

Anticuerpos contra moscas. De la misma manera, East et al. (1993) han trabajado con la mosca *Lucilia cuprina*, una plaga de los rebaños de ovejas en varias regiones del mundo. Solamente en Australia esta mosca causa pérdidas que sobrepasan los 100 millones de dólares anuales, y allí la resistencia a los insecticidas es el mayor problema. Ovejas inmunizadas con extractos de intestino medio de las larvas de *L. cuprina* ha dado como resultado una reducción del 50% del peso de las larvas. El fraccionamiento del extracto de intestino de *L. cuprina* mostró que la fracción más inmunogénica se encontró cuando se utilizó urea a una concentración de 4 M. Aunque la reducción de peso es muy significativa, no se encontraron cambios morfológicos en el intestino de las larvas tratadas. La posibilidad de aplicar los mismos principios ha sido brillantemente demostrada en el caso de la mosca del estomago de la oveja, *Haemonchus contortus*, donde la protección se logró utilizando extractos de intestino de *H. contortus* enriquecidos con la proteína contortina, una estructura debilmente asociada con la cara luminal de la membrana plasmática del epitelio intestinal del parásito (Willadsen et al., 1993).

Con este resumen solamente espero dar una idea general de las últimas tendencias que se conocen en el mundo científico para el control de los insectos que son plagas en los ecosistemas agroindustriales, así como de aquellos que son importantes vectores de enfermedades para humanos y para los animales de

importancia industrial. Al mismo tiempo, espero que sirva de motivación para los investigadores jóvenes y que se interesen en alguna de las áreas modernizadas por el amplio conocimiento de la biología molecular, que abre nuevas avenidas para enfrentar los problemas que siempre se nos han presentado al industrializar algunos procesos biológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Alger, N.E., and E.J. Cabrera. 1972. An increase in dath rate of *Anopheles stephensi* fed on rabbits immunized with mosquito antigen. J. Econ. Entomol. 65:165-168.

Angsuthansombat, C., and S. Panyim, 1989. Biosynthesis of 130-kilodalton mosquito larvicide in the cyanobacterium *Agmenellum quadriplicatum* PR-6. Appl. Environm. Microbiol. 55:2428-2430.

Azambuja, P. de, Mello, C.B., and E.S. Garcia. 1989, Immunity of *Rhodnius prolixus*: Inducible peptides active against bacteria and trypanosomes. In: Ed. D. Borovsky and A. Spielman. Host regulated developmental mechanisms in vector arthropods. p 270-276. University of Florida, IFAS, Vero Beach.

Barloy, F., Delecluse, A., Nicolas, L., and M.M. Lecadet. 1996. Cloning and expression of the first anaerobic toxic gene from *Clostridium bifermentans* subsp. *malaysia*, encoding an new mosquitocidal protein with homologies to *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxins. J. Bacteriol. 178:3099-3105.

Baumann, P., M. A. Clark, L. Baumann, and A. H. Broadwell. 1991. *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxin. Microbiol. Rev. 55:425-436.

Baumann, P., B. M. Unterman, L. Baumann, A. H. Broadwell, S. J. Abbene and R. D. Bowditch. 1985. Purification of the larvicidal toxin of *Bacillus sphaericus* and evidence for highmolecular-weight precursors. J. Bacteriol. 163:738-747.

Beard, C.B., Mason, P.W., Aksoy, S., Tesh, R.B. and F.F. Richards. 1992. Transformation of an insect symbiont and expression of a foreign gene in the Chagas' disease vector *Rhodnius prolixus*. Amer. J. Trop. Med. Hyg. 46:195--200.

Becker, N. And J. Margalit. 1993. Use of *Bacillus thuringiensis israelensis* against mosquitoes and blackflies. P 147-170. En Pf Entwistle, JS Cory, MJ bailey, S. Higgs (eds) *Bacillus thuringiensis* and evironmental pesticide. John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom.

Berliner, E. 1911. Uber die schafffsucht der mehlmottentaupe. Z. Gesamte Getreidewes 3:63-70.

Berliner, E. 1915. Uber die schafffsucht der mehlmottentaupe. Z. angew. Ent. 2:29-56.

Boman, H.G., Wade, D., Boman, I.A., Wahlin, B., and R.B. Merrifield. 1989. Antibacterial and antimalarial properties of peptides that are cecropin-mellitin hybrids. *FEBS* 259:103-106.

Bone, L.W., 1989. Activity of commercial *Bacillus thuringiensis* preparations against *Trichostrongylus colubriformis* and *Nippostrongylus brasiliensis*. *J. Invertebr. Pathol.* 53:276-277.

Bourgouin, C., A. Delécluse, F. de la Torre, and J. Szulmajster. 1990. Transfer of the toxin protein genes of *Bacillus sphaericus* into *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and their expression. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:340-344.

Burgues, H.D. and R.A. Daoust. 1986. Current status of the use of bacteria as biocontrol agents. In: *Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology* (Eds. R.A. Samson, J.M. Vlcek and D. Peters) pp. 514-517, Soc. Invertebr. Pathol. Wageningen.

Chungjatupornchai, W. 1990. Expression of the mosquitocidal protein genes of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and the herbicide resistance gene *bar* in *Synechocystis* PCC6803. *Curr. Microbiol.* 21:283-288.

Crickmore, N., C. Nicholls, D.J. Earp, T.C. Hodgman, and D.J. Ellar. 1990. The construction of *Bacillus thuringiensis* strains expressing novel entomocidal delta-endotoxin combinations. *Biochem. J.* 270:133-136.

De Castro, J.J., and R.M. Newson. 1993. Host resistance in cattle tick control. *Parasitol. Today* 9:13-17.

De Barjac, H., Sebald, M., Charles, J-F., Cheong, W.H., and H.H. Lee. 1990. *Clostridium bifermentans* serovar *malaysia*, une nouvelle bactérie anaérobie pathogène des larves de moustiques et de simules. *C.R. Acad. Sci. Sér. III* 310:383-387.

Delécluse, A., Rosso, M.-L., Ragni, A. 1995. Cloning and expression of a novel toxin gene from *Bacillus thuringiensis* subsp. *jegathesan* encoding a highly mosquitocidal protein. *Appl Environm Microbiol* 61:4230-4235.

De Marsac, N. T., F. de la Torre, and J. Szulmajster. 1987. Expression of the larvicidal gene of *Bacillus sphaericus* 1593M in the cyanobacterium *Anacystis nidulans* R2. *Mol. Gen. Genet.* 209:396-398.

East, I.J., Fitzgerald, C.J., Pearson, R.D., Donaldson, R.A., Vuocolo, T., Cadogan, L.C., Tellam, R.L., and C.H. Eisemann. 1993. *Lucilia cuprina*: inhibition of larval growth induced by immunization of host sheep with extracts of larval peritrophic membrane. *Int. J. parasitol.* 23:221-229.

- Feitelson, J.S., Payne, J., and L. Kim. 1992. *Bacillus thuringiensis*: Insects and beyond. *Bio/Technology* 10:271-276.
- Goldberg, L., and J. Margalit. 1978. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sargentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti*, and *Culex pipiens*. *Mosq. News*, 37:355-358.
- Gwadz, R.W., Kaslow, D., Lee, J.Y., Maloy, W.L., Zasloff, M. and L.H. Millr. 1989. Effect of magainins and cecropins on the sporogonic development of malaria parasites in mosquitoes. *Infect. Immun.* 57:2628-2633.
- Ishiwata, S. 1901. On a kind of severe flacherie (sotto disease). *Dainihon Sanshi Kaiho* 114:1-5.
- Kemp, D.H., Agbede, R.I.S., Johnson, L.A.Y., and J.M. Gough. 1986. Immunization of cattle against *Boophilus microplus* using extracts derived from adult female ticks: Feeding and survival of the parasite on vaccinated cattle. *Int. J. Parasitol.* 16:115-120.
- Hofte, H., and H.R. Whiteley. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiol. Rev.* 53:242-255.
- Kimbrell, D.A. 1991. Insect antibacterial proteins: Not just for insect and against bacteria. *BioEssays* 13:657-663.
- Kumar, A., and K.S. Rai. 1991. Chromosomal localization and genomic organization of cloned repetitive DNA fragments in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J. Genet.* 70:189-202.
- Lal, A.A., Schriefer, M.E., Sacci, J.B., Goldman, I.F., Louis-Wileman, V., Collins, W.E., and A.F. Azad. 1994. Inhibition of malaria parasite development in mosquitoes by anti-mosquito-midgut antibodies. *Infect. Immun.* 62:316-318.
- Liu, J-W. Porter, A.G., Wee, B.Y., and T. Thanabalu. 1996. New gene from nine *Bacillus sphaericus* strains encoding highly conserved 35.8 kilodalton mosquitocidal toxins. *Appl. Environm. Microbiol.* 62:2174-2176.
- Luthy, P., Cordier, J.L., and H.M. Fisher. 1982. *Bacillus thuringiensis* as a bacterial insecticide: basic considerations and applications. In *Microbial and Viral Pesticides* (Ed. E. Kurstak) pp. 35-74. Marcel Dekker, New York.
- Marshall, E. 1990. Malaria research What next. *Science* 247:399-402.
- Merritt, R. W., R. H. Dadd, and E. D. Walker. 1992. Feeding behaviour, natural food, and nutritional relation-

ships of larval mosquitoes. *Annu. Rev. Entomol.* 37:349-376.

Miller, L.H., Sakai, R.K., Romans, P., Gwadz, R.W., Kantoff, P., and H.C. Coon. 1987. Stable integration and expression of a bacterial gene in the mosquito *Anopheles gambiae*. *Science* 237:779-781.

Monroe, T.J., Muhlman-Diaz, M.C., Kovach, M.J., Carlson, J.O., Bedford, J.S., and B.J. Beaty. 1992. Stable transformation of a mosquito cell line results in extraordinarily high copy numbers of the plasmid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 89:5725-5729.

Murphy, R. C., and S. E. Stephens, Jr. 1992. Cloning and expression of the *cryIVD* gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the cyanobacterium *Agmenelum quadruplicatum* PR-6 and its resulting larvicidal activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:1650-1655.

Opdebeeck, J.P., and B. Slacek. 1993. An attempt to protect cats against infestation with *Ctenocephalides felis felis* using gut membrane antigens as a vaccine. *Int. J. Parasitol.* 23:1063-1067.

Poindexter, J. S. 1981. The caulobacters: ubiquitous unusual bacteria. *Microbiol. Rev.* 45:123-179.

Ragni, A., Thiery, I., and A. Delecluse. 1996. Characterization of six highly mosquitocidal *Bacillus thuringiensis* strains that do not belong to H-14 serotype. *Curr. Microbiol.* 32:48-54.

Ramasamy, M.S.S., Sands, M., Kay, B.H., Fanning, I.D., Lawrence, G.W., and R. Ramasamy. 1990. Anti-mosquito antibodies reduce the susceptibility of *Aedes aegypti* to arbovirus infection. *Med. vet. Entomol.* 4:49-55.

Rippka, R., J. Deruelles, J. B. Waterbury, M. Herman, and R. Y. Stanier. 1979. Genetic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.* 111:1-61

Thanabalu, T., J. Hindley, S. Brenner, C. Oei, and C. Berry. 1992. Expression of the mosquitocidal toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* by recombinant *Caulobacter crescentus* a vehicle for biological control of aquatic insect larvae. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:905-910.

Thanabalu, T., J. Hindley, J. Jackson-Yap, and C. Berry. 1991. Cloning, sequencing, and expression of a gene encoding a 100-kilodalton mosquitocidal toxin from *Bacillus sphaericus* SSII-1. *J. Bacteriol.* 173:2776-2785.

Wade, D., Boman, A., Wahlin, B., Drain, C.M., Andreu, D., Boman, H.G., and R.B. Merrifield. 1990. All D amino acid containing channel-forming antibiotic peptides. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87:4761-4765.

Watson, D.W., Geden, C.J., Long, S.J. and D.A. Rutz. 1995. Efficacy of *Beauveria bassiana* for controlling the house fly and stable fly (Diptera: Muscidae) Biological Control 5:405-411.

Willadsen, P., Eiseman, C.H., and R.L. Tellam. 1993. Concealed antigens: Expanding the range of immunological targets. Parasitol. Today 9:132-135.

Xudong, X., Renqiu, K., and H. Yuxiang. 1993. High larvicidal activity of intact recombinant cyanobacteria, *Anabaena* sp PCC 7120 expressing gene 51 and gene 42 of *Bacillus sphaerius* sp. 2297. FEMS Microbiol. Lett. 107:247-250.

IMPACTO DE *Bemisia tabaci* EN MESOAMERICA Y OPCIONES PARA SU MANEJO

Dr. Luko Hilje
Unidad de Fitoprotección, CATIE
Turrialba, Costa Rica

INTRODUCCION

En Mesoamérica hay unas 30 especies de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae), de las casi 1200 especies descritas. Las más comunes e importantes son *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Esta lo es sobre todo en invernaderos de plantas ornamentales, así como en tierras altas, donde causa daños directos (extracción de savia y debilitamiento de las plantas) e indirectos (fumaginas). *B. tabaci*, además de estos daños, es vector de geminivirus, especialmente en frijol y tomate.

El origen de *B. tabaci* como plaga en Mesoamérica es incierto, y posiblemente sea de naturaleza múltiple. Imputar el problema exclusivamente al uso excesivo de insecticidas es simplista. Tal vez esa fue su causa principal a inicios del decenio de los sesenta, cuando alcanzó poblaciones devastadoras sobre todo en el algodón, en la costa Pacífica de El Salvador, Honduras, Guatemala y Nicaragua.

Pero actualmente existen evidencias parciales sobre la introducción del biotipo B, así como de otros factores, que ayudan a explicar la *simultaneidad* con que se ha expresado el problema, entre 1986-1991, en Mesoamérica y el Caribe. Ello coincide bastante con la situación en el sur de los EE.UU., donde desde 1991 se presentó la situación más grave, y la de varios países latinoamericanos, como México y Ecuador. Actualmente *B. tabaci* es un problema, como plaga directa o vector, desde el sur de los EE.UU. hasta Argentina y en todos los países del Caribe. Mundialmente, lo es además en varios países africanos, europeos, asiáticos y en Australia. Se puede decir que *B. tabaci* en hoy la principal plaga mundial.

1. BASES BIOECOLOGICAS DEL PROBLEMA

El problema originado por *B. tabaci* radica especialmente en los siguientes factores bioecológicos:

Gran plasticidad genética. El insecto tiene muchas razas o biotipos, de los cuales siete están en América Central y el Caribe. El biotipo B contrasta con el biotipo "original" (A) en los siguientes aspectos: tiene mayor fecundidad, completa su desarrollo en el cultivo de tomate, ataca un mayor número de cultivos, incluyendo crucíferas, lechuga, cítricos y papaya, e induce alteraciones fitotóxicas (que serán discutidas posteriormente) en cucurbitáceas, tomate, brócoli y lechuga. Algunos autores consideran a este biotipo como una nueva especie, *Bemisia argentifolii*, pero sobre ello hay mucho debate. Además, tal plasticidad

permite al insecto desarrollar resistencia a los insecticidas rápidamente y adaptarse fácilmente a colonizar nuevas zonas geográficas, sobre todo en latitudes y altitudes más frías.

Amplio ámbito de hospedantes. Es un insecto muy polífago. Mundialmente, se le ha hallado en al menos 500 hospedantes. En Mesoamérica ataca al menos 70 especies. De éstas, 16 son cultivos (cuadro 1) y 54 son plantas silvestres, pertenecientes a 39 familias. En países donde ya está el biotipo B se le halla en crucíferas, pero aún no hay registros para lechuga, cítricos y papaya. Destacan las familias Compositae (17 especies), Solanaceae (10), Cucurbitaceae (8), Malvaceae (7), Euphorbiaceae (5) y Leguminosae (4).

Cuadro 1. Cultivos hospedantes de *B. tabaci* en Mesoamérica y áreas vecinas

CONVOLVULACEAE: *Ipomoea batatas* (Camote, batata)

CUCURBITACEAE: *Citrullus lanatus* (Sandía), *Cucumis melo* (Melón), *C. sativus* (Pepino), *Cucurbita maxima* (Zapallo, moranga), *C. mixta* (Pipián, tamalayote), *C. moschata* (Ayote, calabaza, auyama)

LEGUMINOSAE: *Glycine max* (Soya), *Phaseolus vulgaris* (Frijol, habichuela, caraota)

MALVACEAE: *Gossypium hirsutum* (Algodón), *Hibiscus esculentus* (Okra, molondrón)

SOLANACEAE: *Capsicum annuum* (Chile dulce, chiltoma, pimentón), *Lycopersicon esculentum* (Tomate), *Nicotiana tabacum* (Tabaco), *Solanum melongena* (Berenjena), *S. tuberosum* (Papa)

Fuentes: Arnal *et al.* (1993), Hilje y Arboleda (1993)

Asociación con geminivirus. El insecto puede transmitir virus pertenecientes a varios grupos (carlavirus, luteovirus, nepovirus, potyvirus y closterovirus), pero sobresale por hacerlo ampliamente con los geminivirus. De éstos, transmite al menos 43, mundialmente.

Los geminivirus, por reproducirse en el floema, se diseminan rápidamente en la planta, resultando muy dañinos. No se reproducen dentro del vector (*transmisión persistente-circulativa*). En Mesoamérica se les ha detectado en melón, pepino, calabaza, sandía, algodón, okra, leguminosas, chile y tomate. No obstante, la situación es más compleja aún, pues existen varios tipos de los virus causantes del mosaico dorado del frijol y del mosaico amarillo del tomate, que a veces incluso aperecen mezclados en la misma planta.

Poblaciones desmesuradas. Durante la estación seca, las poblaciones del insecto generalmente son muy altas, lo que favorece la diseminación de los geminivirus. Las densidades altas dependen del *potencial reproductivo*, que a su vez depende de la fecundidad, el tiempo generacional y la proporción de sexos. La fecundidad de *B. tabaci* es cercana a 200 huevos/hembra; el tiempo generacional (intervalo entre dos generaciones sucesivas) es de unos 40 días; la proporción de sexos es muy variable, pero es llamativo que las hembras puedan reproducirse sin fertilización, originando solo machos (*partenogénesis arrenotóquica*).

Por tanto, no es extraño que un insecto con tantos biotipos, gran capacidad para desarrollar resistencia a los insecticidas, tantos hospedantes silvestres, poblaciones tan altas y su asociación con geminivirus, haya causado una crisis de tales proporciones, mundialmente.

2. DAÑO E IMPACTO ECONOMICO

En casi todos los cultivos citados, *B. tabaci* puede causar daño directo severo, pero sobresalen la soya, algodón, varias cucurbitáceas, chile dulce y, en algunos países, el tomate. Sin embargo, los problemas más graves se presentan con la transmisión de geminivirus. En el melón, pepino, calabaza, sandía, algodón, okra y chile, no se presentan epidemias serias aún, como las observadas en frijol y tomate.

Es difícil cuantificar el impacto del complejo *B. tabaci*-geminivirus sobre la producción. No obstante, algunas cifras parciales aportan una idea de la magnitud de su daño. Por ejemplo, en Comayagua (Honduras), en 1992, 500 productores de tomate perdieron cerca de \$ 4.600.000. En Boaco (Nicaragua), la producción de frijol decreció de 3,15 a 0,7 t/ha. En el Valle Central (Costa Rica), el rendimiento promedio de tomate ha disminuido de 35 a 21 t/ha. Es común que los campos aparezcan totalmente infectados y que, en varios casos, las pérdidas sean totales. En la República Dominicana hubo pérdidas de 80% durante la zafra de 1993-1994, especialmente con la introducción del virus del rizado amarillo de la hoja de tomate (TYLCV).

A las pérdidas propiamente dichas debe sumarse el aumento en los costos de producción, debidos sobre todo a los insecticidas. La crisis ha hecho que éstos se utilicen masivamente, con aplicaciones cada 2-3 días y, en algunos casos, diariamente. Esto, además, causa riesgos de residuos en los alimentos y agua, intoxicaciones laborales, disminución de enemigos naturales y resistencia, cuyo valor es prácticamente imposible de medir.

Finalmente, con la aparición del biotipo B, se han documentado cuatro *síndromes* o alteraciones fitotóxicas, de las cuales dos se han observado en Mesoamérica, en cucurbitáceas y tomate.

El síndrome de la *hoja plateada* se presenta en *Cucurbita* spp. Inicialmente, las nervaduras se tornan blanquecinas o brillantes, y la hoja paulatinamente adquiere una apariencia reticulada en el haz, hasta quedar totalmente plateada; su efecto en el rendimiento es serio. El de la *maduración irregular* hace que el

fruto de tomate muestre bandas amarillentas longitudinalmente y que los tejidos internos permanezcan blanquecinos, sin llenar completamente. El *palidecimiento del tallo* en brócoli y el *amarillamiento del follaje* en lechuga causan también arrugamiento y severas pérdidas en el peso del follaje. Los cuatro síndromes son causados por una toxina presente en la saliva de las ninfas. Al eliminar éstas experimentalmente, las plantas se recuperan de los síntomas.

3. OPCIONES DE MANEJO

Aquí se utilizará como ejemplo el cultivo de tomate, en el que los daños por geminivirus son más severos en Mesoamérica, y el autor tiene mayor experiencia. No obstante, algunos de los enfoques y hallazgos podrían ser utilizados en otros cultivos.

En nuestras labores, nos guiamos por la noción del manejo integrado de plagas, que se sustenta en tres principios: convivencia, prevención y sostenibilidad. En la búsqueda de opciones para el manejo integrado del complejo *B. tabaci*-geminivirus en el tomate, los enfoques predominantes y prioritarios deberían ser la *reducción de la presión del inóculo*, el desarrollo de *cultivares resistentes* y las *prácticas agrícolas*.

La primera enseñanza que hemos derivado es que debemos convivir con el vector. Así, aunque no podamos librarnos de éste, sí podríamos *retardar la infección* de las plantas, para obtener rendimientos satisfactorios.

La segunda enseñanza es la necesidad de prevenir. Las medidas profilácticas o curativas, como el uso unilateral y convencional de insecticidas ha demostrado ser poco o nada funcional. Por una parte, por su plasticidad genética, *B. tabaci* puede desarrollar niveles altísimos de resistencia, rápidamente, como sucedió en el algodón en Guatemala (Cuadro 2). Por otra parte, en el caso del tomate, bastan densidades muy bajas del vector (menores de dos adultos por planta, en promedio), para que haya infección de todas las plantas en una parcela, y a veces las pérdidas pueden ser totales.

Por tanto, desde el punto de vista preventivo, lo clave es *reducir la presión de inóculo y su acceso al cultivo*. Para ello son importantes la eliminación de rastrojos, el establecimiento de períodos de veda o de fechas de siembra para ciertos cultivos, la destrucción de plantas silvestres hospedantes del insecto o de virus, y el combate directo del vector en aquellos cultivos donde se reproduce masivamente. Asimismo, el desarrollo de cultivares resistentes (al virus o al vector), pues aún no se cuenta con materiales comerciales de tomate que sean resistentes o tolerantes a los geminivirus nativos de la región.

Por su parte, las prácticas agrícolas, en las que el autor está trabajando actualmente, deberían orientarse a *evitar el contacto entre el vector y la planta* durante el período crítico del tomate a los geminivirus. El cultivo es más susceptible a ellos durante los primeros 60 días desde la siembra. Vale decir, las medidas de manejo deberían concentrarse durante dicho período.

Cuadro 2. Factores de resistencia (valores FR) para adultos de *B. tabaci* en Tiquisate, Guatemala. 1985-1987.

Insecticidas	Estirpe susceptible (LC ₅₀ ppm)	Valores de FR en estirpes de campo		
		1985	1986	1987
Monocrotofós	6,7	>500	>500	290
Dimetoato	12,2	>400	>330	>330
Quinalfós	1,3	>2000	---	---
Profenofós	4,9	183	>400	28
Dicrotofós	12,3	---	---	---
Clorfenvinfós	20,0	---	80	---
Metamidofós	5,9	560	>500	400
DDT	20,0	>280	>280	---
Cipermetrina	2,7	378	550	760
Deltametrina	0,2	870	2000	>2000
Fenpropatrina	3,5	---	320	300
Bifentrina	0,2	445	990	460
Cialotrina	0,8	980	550	470
Aldicarb	20,5	---	16	9
Endosulfán	1,6	2	17	14
Amitraz	100	20	20	5

FR= LC₅₀ estirpe campo/LC₅₀ estirpe susceptible

Tomado de Dittrich *et al.* (1990)

Actualmente, en Costa Rica el CATIE desarrolla investigación sobre algunas prácticas agrícolas, para buscar tecnologías funcionales y baratas, que sean utilizables por pequeños y medianos agricultores. A continuación se presentan los principales logros:

Producción de plántulas sin virus. Para evitar la infección viral durante la primera mitad del período crítico, se ha desarrollado una tecnología de semilleros satisfactoria. Consiste en utilizar cartuchos o vasos de papel periódico, colocados dentro de túneles cubiertos con malla fina (Biorete 20/10) durante los primeros 30 días desde la siembra. Así se obtienen plántulas sin virus y de buenas características agronómicas (longitud, grosor del tallo y proporción entre las partes aérea y radical).

Coberturas al suelo. Son una buena opción para la segunda mitad del período crítico, por 30 días desde

el trasplante (ddt). Las mejores coberturas, al compararlas con el tomate sembrado en suelo desnudo, son un plástico plateado (Olefinas S.A., Guatemala) y varias plantas silvestres: maní forrajero (*Arachis pintoi*, Leguminosae), mucuna (*Stylobium deeringianum*, Leguminosae) y cinquillo (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae). Ellas disminuyen la abundancia de adultos de *B. tabaci*, así como la incidencia de virosis. Los mejores resultados se han obtenido con el plástico plateado. En parcelas de validación, sin aplicación de insecticidas, en la que tenía dicho plástico la incidencia de virosis fue de 16% al final de la temporada del cultivo, con rendimiento cercano a 22 t/ha (16 t/ha de 1a. calidad), mientras que en el testigo dichos valores correspondieron a 100% y 11 t/ha (8,5 t/ha de 1a. calidad), respectivamente.

Fertilización al suelo. En el invernadero, plántulas de tomate inoculadas con geminivirus a los 5 ddt, recibieron diferentes fracciones de N-P-K durante los primeros 60 ddt. Se compararon dos dosis de nitrógeno (400 y 1200 kg/ha), dos de fósforo (600 y 1800 kg/ha) y dos de potasio (300 y 900 kg/ha), en varias combinaciones, aplicadas según la curva de absorción del cultivo. Se demostró que mediante la fertilización alta en fósforo, es posible reducir la severidad del mosaico amarillo del tomate, causado por un geminivirus transmitido por *B. tabaci*. Sobresalieron los tratamientos de 400-1800-300 y 400-1800-900 (N-P-K), con 1123,81 y 1161,90 g/planta (24,7 y 25,5 t/ha, respectivamente). Esta información se validará en el campo en los próximos meses.

Finalmente, con estas prácticas se promueve la sostenibilidad. Desde el punto de vista ambiental, los semilleros con mallas y las coberturas al suelo evitan o reducen el uso de insecticidas. Las coberturas plásticas no son biodegradables, por lo que continuamos evaluando coberturas vivas promisorias. Desde el punto de vista económico, la opción de mallas y cartuchos es barata. Cuesta \$ 457/ha, mientras que el primer mes por siembra directa cuesta unos \$ 1200/ha; además de que las plántulas no portan virus, la malla es reutilizable por varias temporadas, lo que disminuye los costos. En cuanto al plástico plateado, los costos por hectárea (insumos y mano de obra) fueron de \$ 657 en el plástico y \$ 23,9 en el testigo, pero los beneficios brutos fueron \$ 23321 y \$ 12222, respectivamente. Por tanto, los beneficios netos fueron \$ 10681/ha mayores en el plástico.

En síntesis, la combinación de estas tácticas, dentro de la noción del manejo integrado del complejo *B. tabaci*-geminivirus, podría tener un efecto aditivo o sinérgico. Esto debe estudiarse, para posteriormente combinarlo con la aplicación oportuna en el cultivo, o en cultivos trampa, de algunos insecticidas. Estos podrían ser algunos micoinsecticidas existentes, o productos con modos de acción novedosos, como el imidacloprid (Gaucho o Confidor), que podrían ser eficaces a ciertas densidades del vector.

BIBLIOGRAFIA

ARNAL, E.; RUSSELL, L.M.; DEBROT, E.; RAMOS, F.; CERMELI, M.; MARCANO, R.; MONTAGNE, A. 1993. Lista de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus plantas hospederas en Venezuela. Florida Entomol. 76(2): 365-381.

- BROWN, J.K. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. *In* Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. CATIE. p. 1-9.
- BROWN, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Prot. Bull.* 42(1-2): 3-32.
- BYRNE, D.N.; BELLOWS, T.S., Jr. 1991. Whitefly biology. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 431-457.
- CABALLERO, R. 1993. Moscas blancas neotropicales (Homoptera: Aleyrodidae): hospedantes, distribución, enemigos naturales e importancia económica. *In* Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. CATIE. p. 10-15.
- COCK, M.J.W. (ed.). 1986. *Bemisia tabaci*- A literature survey. Silwood Park, UK. CAB Intl. Inst. Biol. Control. 121 p.
- DITTRICH, V.; UK, S.; ERNST, G.H. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). New Castle, UK. Atheneum Press. p. 263-285.
- GERLING, D. (ed.). 1990. Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). New Castle, UK. Atheneum Press. 348 p.
- HILJE, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo de integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 29: 53-60.
- HILJE, L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 35: 46-54.
- HILJE, L.; ARBOLEDA, O. 1993. Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Serie Técnica. Informe Técnico No.205. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 66 p.

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE CERCOPIDOS: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS

Stephen L. Lapointe¹

Dan Peck¹

and Craig Yencho¹

José Raul Valério²

1 Centro Internacional de Agricultura Tropical, A.A. 6713, Cali, Colombia

2 Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil

RESUMEN

Varios géneros y especies de insectos de la familia Cercopidae, vulgarmente conocidos como salivazo o mión de los pastos, son plagas limitantes en la utilización de pasturas introducidas, especialmente las del género *Brachiaria*. A pesar de la importancia de los cercopidos en América Latina, el grupo no ha sido estudiado suficientemente. Esfuerzos en diferentes países para identificar soluciones no han sido fructíferos o todavía están en vías de desarrollo. Esta presentación revisa la historia de la lucha en contra a los cercopidos, los fracasos y éxitos obtenidos, y las perspectivas para obtener un nivel de control adecuado que permitiría avances sostenibles en la producción pecuaria.

1. CONTROL BIOLÓGICO

Cercópidos tienen pocos enemigos naturales debido a su estrategia de alimentarse del xilema de las plantas. Como resultado, tienen un recurso abundante (agua del xilema) con que producen una espuma que protege las ninfas contra depredadores y patógenos.

Hongos entomopatógenos. La única forma de control biológico que se ha utilizado comercialmente consiste en la aplicación de hongos patógenos como *Metarhizium anisopliae*.

En Brasil, hubo un esfuerzo grande para controlar cercópidos en caña de azúcar y, a menor grado, en pasturas a través del uso de *Metarhizium*. A pesar de informes de incrementos significativos en el contenido de azúcar en la caña, la mortalidad atribuido al uso del hongo solo se estima en un 40% y la producción del hongo ha disminuido en los últimos años. No se ha documentado el impacto económico de las aplicaciones.

Estudios muestran como la espuma de los cercopidos dificulta la infección por *Metarhizium*

de las ninfas. Sin embargo, las ninfas del primer instar, recién eclosionadas, son más susceptibles a infección hasta que estén fijadas en las plantas y generen una masa de espuma. El período entre eclosión y fijación en la planta es una «ventana de oportunidad» durante la cual la aplicación de entomopatógenos puede tener resultado.

Nematodos. Representa un área de investigación prácticamente desconocida. Hemos observado ninfas infestadas con nematodos en nuestras colonias de *Aeneolamia*. Sin embargo, no se han hecho estudios en cuanto a su potencial para control.

Depredadores. El depredador diptero *Salpingogaster nigra* fue estudiado por W. W. Koller y J. R. Valério en Brasil. Especies de hormigas que depredan los huevos de cercopidos fueron identificadas en los llanos orientales de Colombia por Claudia Alejandra Medina. Sin embargo, estos estudios no tienen resultados prácticos.

2. CONTROL CULTURAL

Se han discutido mucho los efectos de sobre-pastoreo y descanso sobre las poblaciones de salivazo pero son pocos los estudios definitivos. El uso de pastoreo para controlar un insecto presenta varias dificultades prácticas. Se presentarán resultados de estudios conducidos por Dan Peck durante sus estudios en Costa Rica sobre diferentes sistemas de pastoreo y dinámica poblacional de cercopidos. También, el trabajo de J. R. Valério en Brasil sobre el efecto de la acumulación de materia orgánica («mulch») en la forma de hojas secas serán presentados.

3. CONTROL GENETICO

Genotipos de 5 especies del género *Brachiaria* constituyen las gramíneas más ampliamente usadas para pastoreo en América Latina. La historia de las *Brachiarias* en el mundo nuevo es de introducciones sucesivas de especies de la gramínea, seguidas por la adaptación de los cercopidos. En los años 1950, *B. decumbens* fue introducido y fue rápida y ampliamente diseminado debido a su excelente adaptación edáfica y resistencia a sequía. Sin embargo, el ataque de los cercopidos estimuló una búsqueda de otras alternativas.

B. ruziziensis fue introducida en 1965 pero su alta susceptibilidad a los cercopidos y su poca adaptación a suelos pobres limitan su importancia. Sin embargo, esta especie contiene el secreto para el futuro del mejoramiento del género - reproducción sexual.

Una accesión de *B. humidicola* fue introducida y en poco tiempo reemplazó *decumbens* en muchas áreas, especialmente en el Brasil. Infelizmente, *humidicola* es tolerante y suporta mas altas poblaciones de cercopidos comparado con *decumbens*. Despues de varios años, fue evidente que los cercopidos tambien causan grandes perdidas en pasturas de *humidicola*.

B. brizantha cv. *Marandú* fue identificado en Brasil como antibiótica y ha sido utilizado en varias areas con exito. No obstante, *Marandú* tiene otras limitaciones: poco adaptación edafica a suelos pobres y susceptibilidad a enfermedades.

En 1985, una exploración importante para germoplasma Africana resultó en la colección de 792 accesiones de *Brachiaria*. Desde entonces, el CIAT y programas nacionales han trabajado para seleccionar genotipos promisorios y en el mejoramiento genético. Resultados y el estado actual del programa de mejoramiento serán presentados.

Los mecanismos de resistencia en *B. humidicola* y *B. brizantha* cv. *Marandú* fueron identificados como tolerancia y antibiosis, respectivamente. Las técnicas de cria masiva y evaluación desarrolladas tambien permitieron la revisión del banco de germoplasma de *Brachiaria* spp. procedente de Africa. Varias accesiones resistentes han sido identificadas.

Es importante enfatizar que la solución, bien sea una parte de la solución, no se va a encontrar en una sola especie de gramínea, sino en varias. La variabilidad genética es una importante estrategia de control que no ha sido suficientemente reconocida en el caso de cercopidos. La tendencia en la ganadería es sembrar grandes extensiones de tierra con un solo genotipo apomictico donde las plantas no varian entre si y no varian tampoco en el tiempo por cuenta de su asexualidad, situación que es perfecta para maximizar la velocidad de adaptación de las plagas.

La liberación de nuevas variedades de *Brachiaria* a través de cruzamientos sexuales usando *B. ruziziensis* como fuente de sexualidad, representa una nueva época en la lucha para controlar los cercopidos plagas de pasturas. Sin embargo, se necesitan estudios básicos de ecología y biología de las diversas especies de cercopidos para maximizar la utilidad de los nuevos genotipos. Simultaneamente, nuevas iniciativas en el control biológico deberian ser consideradas. Finalmente, la organización política de los ganaderos para crear una demanda y hasta financiar la investigación es esencial.

Resistance of plants to herbivorous insects: Can this resistance fail?

Roxanne M. Broadway

Department of Entomology, New York State Agricultural Experiment Station,
Cornell University, Geneva, NY 14456

This paper is to be published in the Canadian Journal of Plant Pathology

ABSTRACT

Serine proteinase inhibitors (PIs) are common natural products in plants that have been extensively studied as phytochemical resistance factors against herbivorous insects. Recently we discovered that herbivorous insects can overcome the activity of these inhibitors by secreting "inhibitor-resistant" enzymes. The insect's midgut contains a number of different proteins with trypsin-like activity. Some of these trypsin(s) are susceptible to inhibition by the PI, while other trypsin(s) are not susceptible to inhibition. When "inhibitor-resistant" insects ingest PI, the level of activity of "inhibitor-resistant" trypsin(s) is enhanced in the midgut, thus allowing the insect to digest dietary protein in the presence of PI. This information suggests that a suite of PIs may be required to inhibit the majority of proteolytic activity in the midgut of the target organism, and thus reduce insect growth and/or development. Once these PIs have been identified, their genes can be transgenically inserted into plants to enhance phytochemical resistance against herbivorous insects.

There are numerous classes of naturally occurring phytochemicals that are thought to confer resistance to plants against herbivorous insects. These classes include lectins (Chrispeels & Raikhel 1991, Huesing et al. 1991a), waxes (Eigenbrode et al. 1991a, Eigenbrode et al. 1991b), phenolics (Summers & Felton 1994), amino acids (Rosenthal et al. 1989, Rosenthal & Dahlgren 1991), sugars (Juvik et al. 1994, Liedl et al. 1995), amylase inhibitors (Huesing et al. 1991b, Schroeder et al. 1995), and proteinase inhibitors (Oppert et al. 1993, Burgess et al. 1994, Orr et al. 1994, Wolfson & Murdock 1995). However, in many cases researchers have shown that insects have developed mechanisms to overcome these natural products in their host plant(s) (Rosenthal et al. 1978, Martin et al. 1987, Bleiler & Rosenthal 1988, Berge & Rosenthal 1991, Felton & Duffey 1992, Felton et al. 1992, Ishimoto & Kitamura 1992). One such class of common natural product, the serine proteinase inhibitors (PIs), has been extensively studied as a phytochemical resistance factor against herbivorous insects and plant pathogens (Ryan 1981, Foard et al. 1983, Lorito et al. 1994), but only recently have researchers examined the ability of herbivorous insects to overcome the activity of these inhibitors (Broadway 1995a, Broadway 1995b, Broadway & Villani 1995). The focus of this presenta-

tion will be on the physiological response of herbivorous insects to PIs from host and non-host plants.

Three approaches have been used to evaluate the biological activity of PIs. The most common, and usually the first procedure is to determine the ability of selected PIs to inhibit enzyme activity from the midgut of the test species. This involves removing the insect's midgut, mixing enzymes from the midgut with inhibitor(s), *in vitro*, then testing for enzyme activity. The results provide an indication of the class(es) of protease(s) in the midgut, and the strength of the interaction between the inhibitor and the enzyme. However, it is important to note that there are qualitative differences among plant PIs (Bode & Huber 1992), and among proteases from different species of insect (Casu et al. 1994, Peterson et al. 1994). As a result of these differences, a single trypsin inhibitor is not effective against all trypsin-like enzymes from insects, and a single species of insect is not susceptible to all trypsin inhibitors. Structural compatibility between the inhibitor and the protease determines, at least in part, the level of inhibitory activity against a specific protease (Laskowski 1985). The value of *in vitro* inhibition studies is that they directly evaluate the interaction between inhibitor and protease. However, the limitation of this type of study is that it does not allow for examination of the insect's physiological response to the treatment.

A second approach is to incorporate PIs into artificial diet, and evaluate the effect of this diet on the growth and/or development of test species. Numerous studies have used artificial diets to demonstrate that ingestion of PIs will reduce the growth and/or development of Diptera, Coleoptera and Lepidoptera (Birk & Applebaum 1960, Steffens et al. 1978, Spates 1979, Deloach & Spates 1980, Gatehouse & Boulter 1983, Shukle & Murdock 1983, Broadway & Duffey 1986, Shade et al. 1986, Burgess et al. 1991, Johnston et al. 1993, Oppert, et al. 1993, Burgess, et al. 1994). The value of this approach is that the treatment is well defined, while the limitation is that artificial diet is not equivalent to plant material. Previous work has demonstrated that the level of toxicity of a PI changes when ingested along with other phytochemicals (Broadway & Duffey 1988, Felton et al. 1989). In addition, the experiments often include concentrations of PI(s) that are higher than occur in plant tissue.

Given the inherent limitations of *in vitro* inhibition studies and ingestion of amended artificial diets, a better approach is to expose the insect to PIs *in planta*. Genetic engineering allows us to introduce PIs into plant tissue, without altering other aspects of the plant. The first transformation of a plant with a gene for PI was performed by Hilder et al. (1987). Tobacco was genetically transformed with the gene for cowpea trypsin inhibitor. These tobacco plants were significantly more resistant to tobacco budworm (*Heliothis virescens*) than plants without the gene for cowpea trypsin inhibitor. In addition, there was a significant decrease in survival of insects feeding on transformed plants. Since this report, there have been a number of successful transgenic insertions of PIs into agricultural crops that have resulted in resistance to some species of herbivorous insects (Johnson et al. 1989, Hoffmann et al. 1992, Orozco-Cardenas et al. 1993, McManus et al. 1994).

All of these studies support the hypothesis that plant PIs significantly inhibit the growth and/or development of herbivorous insects. However, plant serine PIs do not significantly impact all species of herbivorous insects that use serine proteases to digest dietary protein (Shade, et al. 1986, Purcell et al. 1992, Fernandes et al. 1993, McManus, et al. 1994, Zhu et al. 1994), which is not too surprising since herbivorous insects feed and thrive on plant tissue that contains PIs. In an attempt to understand how insects overcome the effect of plant PIs, we examined the physiological response of herbivorous insects to PIs from host plants (Broadway 1995a).

Physiological effect of PIs on herbivorous insects

We initiated this study by examining the effect of cabbage serine PIs on six species of Lepidoptera: three species are crucifer specialists (*Pieris rapae*, *Pieris napi*, and *Plutella xylostella*), two species (*Helicoverpa zea*, and *Trichoplusia ni*) feed on crucifers in addition to other families of plants, and one species (*Lymantria dispar*) is not known to feed on crucifers. All six species of insect use serine proteases to digest dietary protein. *In vitro* analysis indicates that midguts from the larvae of the three species of insect that are crucifer specialists contain trypsin-like and chymotrypsin-like activity that are inhibited by $19\% \pm 9\%$ with cabbage PIs. In contrast, cabbage PIs inhibit the trypsin-like and chymotrypsin-like activity from *H. zea*, *T. ni*, and *L. dispar* by $65\% \pm 10\%$ (Broadway 1995a). These results suggest that the crucifer specialists are able to overcome the activity of PIs in their host plant by secreting trypsin(s) and chymotrypsin(s) that do not interact with the trypsin and chymotrypsin inhibitors in cabbage. Since cabbage PIs do not significantly inhibit trypsin and chymotrypsin activity from crucifer specialists, we would expect these PIs to have no effect on larval growth and/or development. In contrast, we would predict that ingestion of cabbage PIs would significantly reduce the growth and development of the three species of Lepidoptera that are not crucifer specialists, since these PIs significantly inhibit their trypsin- and chymotrypsin-like activity, *in vitro*.

These predictions were tested by providing larvae with artificial diet containing either 0% or 1% cabbage PIs, and monitoring larval growth and development (Broadway 1995a). Results indicate that ingestion of cabbage PIs does not significantly reduce the growth or development of the crucifer specialists, *Pieris rapae* and *Plutella xylostella*, as predicted by *in vitro* analyses. In addition, there is significant reduction of growth and development of the feeding generalist *Trichoplusia ni*, as predicted. However, surprisingly results of *in vitro* inhibition studies do not predict the biological activity of cabbage PIs against *Helicoverpa zea* or *Lymantria dispar*. Although cabbage PIs significantly reduce enzyme activity *in vitro*, ingestion of cabbage PIs does not significantly reduce larval growth or development.

We attempted to resolve this discrepancy between the *in vitro* inhibition study and the feeding study by

evaluating the trypsin-like activity in the midguts of larval *H. zea* following ingestion of PIs (Broadway 1995a). *T. ni* was used for comparison. Larvae of both species were allowed to feed on diet containing either 0% or 1% PI. Then the midgut contents were analyzed, *in vitro*, for tryptic activity, and the ability to reduce that activity with PI. The results were quite unexpected.

Table 1. *In vitro* inhibition of trypsin-like activity from larval *Helicoverpa zea* and *Trichoplusia ni* following ingestion of proteinase inhibitor*

Species	Dietary Conc. PI	Total Trypsin-like Activity	Trypsin-like Activity Not Susceptible to Inhibition
<i>H. zea</i>	0% cabbage PI	94 ± 8	12 ± 1
	1% cabbage PI	60 ± 8	43 ± 6 ^a
	0% STI	66 ± 8	16 ± 1
	1% STI	118 ± 15	115 ± 15 ^a
<i>T. ni</i>	0% cabbage PI	76 ± 6	27 ± 2
	1% cabbage PI	36 ± 2	23 ± 2
	0% STI	25 ± 4	4 ± 0.8
	0.1% STI	20 ± 1	12 ± 0.8 ^a

* Data are presented as mean ± SE for 30 individuals. Data recalculated from Broadway 1995a

^a Significant increase in trypsin-like activity that is not inhibited by the PI

Ingestion of cabbage PIs by larval *H. zea* enhanced the level of trypsin-like activity that was not susceptible to inhibition, *in vitro*, by cabbage PIs. In contrast, for larval *T. ni* there was no increase in the level of trypsin-like activity that was not susceptible to inhibition, *in vitro*, by cabbage PIs (Table 1). These findings suggest that resistance of insects to PIs is based, at least in part, on the ability to enhance the proportion of "inhibitor-resistant" enzymes in the midgut. However, both species of insect were able to significantly increase the trypsin-like activity that was not susceptible to inhibition following ingestion of Kunitz soybean trypsin inhibitor (STI) (Table 1). [Note: ingestion of STI has no significant effect on the growth or development of *T. ni*

and *H. zea*]. These results suggest that both *T. ni* and *H. zea* have the ability to increase proteolytic activity in the midgut that enhances their resistance to STI, even though *T. ni* is not able to enhance the level of enzyme activity that is not susceptible to cabbage PIs.

Since this was the first report of such findings in insects, we confirmed this discovery by examining the electrophoretic mobility of digestive enzymes from the insect's midgut following ingestion of artificial diet containing either 0% or 1% STI. This study indicated that (1) insects have more than one protein with trypsin-like activity, (2) there is differential susceptibility of the trypsins in the insect midgut to dietary PIs, and (3) ingestion of PIs results in enhanced secretion of enzymes that do not interact with the inhibitor. In addition, this study suggests that the susceptibility of an insect to a PI is directly related to the proportion of proteolytic enzyme activity in the midgut that can be suppressed by that inhibitor.

This is the first report of the presence of "inhibitor-susceptible" and "inhibitor-resistant" proteases in the midgut of herbivorous insects, and the enhancement of the relative proportion of "inhibitor-resistant" enzymes following ingestion of those inhibitors. It appears that insects respond to dietary PIs by increasing the relative proportion of non-susceptible proteinase(s) that are secreted into the midgut, thereby circumventing the activity of ingested PI(s), and maximizing the insect's ability to digest dietary protein. Most of the insects used in this study normally encounter the test PIs. Based on evolutionary and ecological theory, it is not too surprising that insects have adapted to "toxins" in their host plants. However, we have data that suggests that insects also may be pre-adapted to PIs that occur in non-host plants (Broadway and Villani 1995).

Physiological effect of PIs from non-host plants on herbivorous insects

Kunitz STI was evaluated for biological activity against three species of Coleoptera (oriental beetle, *Exomala orientalis*, European chafer, *Rhizotrogus majalis*, and Japanese beetle, *Popillia japonica*), and one species of Lepidoptera (black cutworm, *Agrotis ipsilon*) that use serine proteases to digest dietary protein, and are not known to feed on soybean (Broadway and Villani 1995). *In vitro* studies indicate that total proteolytic activity in the midguts of all four species is inhibited by STI by $63\% \pm 2\%$, suggesting that ingestion of STI should significantly reduce larval growth and development. However, bioassays did not fully support this prediction. Although chronic ingestion of STI significantly reduced the growth, development, or survival of the larvae with more specialized feeding habits (e.g., black cutworm and Japanese beetle), there was no significant effect of ingestion of STI on development or survival of the more generalized herbivores (e.g., European chafer and oriental beetle). These results suggest that the generalists in this study are able to overcome a PI from a non-host plant. How did this occur?

Our current hypothesis is based on the fact that serine PIs can be grouped into at least 12 families, based on amino acid sequence and structural similarities (Laskowski 1985, Bode and Huber 1992). We suggest that resistance of a trypsin to a single trypsin inhibitor results in resistance to many trypsin inhibitors within that

family. Thus, prior exposure to a specific PI may not be required for an insect to be resistant to that inhibitor. The species of insects used for the above study feed on root tissue of host plants (e.g., Kentucky blue grass) that contain significant levels of trypsin inhibitory activity (Broadway and Villani 1995). We have no information about the structural characteristics of the PI(s) in Kentucky blue grass, but, based on biological data, these PIs probably are not in the Kunitz STI family. However, the species of insects with the more generalized feeding habits may encounter PIs in the Kunitz STI family in other host plants, and, as a result of evolutionary adaptation, they developed resistance to these inhibitors.

Although we don't have direct evidence to support this theory with data from Coleoptera, there is evidence for Lepidoptera. As demonstrated earlier, *P. rapae* is a crucifer specialist that is resistant to cabbage PIs. We recently discovered that cabbage PIs are in the same family as Kunitz STI (Williams et al. 1995). Although *P. rapae* does not feed of soybean, STI has no significant effect on *in vitro* proteolytic activity (only 18% inhibition) and larval growth, suggesting that *P. rapae* is resistant to Kunitz-STI.

Conclusion

It is possible that PIs limit the range of hosts that are suitable for a species of insect. However, this study suggests that (1) the insect's midgut contains a number of isozymes that differ in their susceptibility to a specific PI, (2) the level of activity of "inhibitor-resistant" enzyme(s) in the midgut is regulated, in some cases, by dietary PIs, and (3) insects may be pre-adapted to PIs from non-host plants. Therefore, if PIs are to be incorporated into an IPM strategy to manage populations of herbivorous insects, PIs must be carefully selected for each species of insect, and multiple inhibitors may be required for significant reduction of enzyme activity, *in situ*. Identification of natural products that can be used to control populations of herbivorous insects is an essential element in our strategy to develop varieties of plants that are resistant to herbivorous pests. However, this study demonstrates that we must also determine the site of action of these factors, and the ability of an insect to overcome these factors. This additional information may allow us to develop strategies to extend the utility of these natural products as resistance factors against herbivorous insects.

References

- Berge, M.A., and G.A. Rosenthal.** 1991. Metabolism of L canavanine and L canaline in the tobacco budworm *Heliothis virescens* Noctuidae. Chem. Res. Toxicol. 4:237-240
- Birk, Y., and S.W. Applebaum.** 1960. Effect of soybean trypsin inhibitors on the development and midgut proteolytic activity of *Tribolium castaneum* larvae. Enzymologia 22:318-326
- Bleiler, J.A., and G.A. Rosenthal.** 1988. Biochemical ecology of canavanine-eating seed predators. Ecology 69:427-433

- Bode, W., and R. Huber.** 1992. Natural protein proteinase inhibitors and their interaction with proteinases. *Eur. J. Biochem.* 204:433-451
- Broadway, R.M.** 1995a. Are insects resistant to plant proteinase inhibitors? *J. Insect Physiol.* 41:107-116
- Broadway, R.M.** 1995b. Dietary proteinase inhibitors alter complement of midgut proteases. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* (accepted)
- Broadway, R.M., and S.S. Duffey.** 1986. Plant proteinase inhibitors: Mechanism of action and effect on the growth and digestive physiology of larval *Heliothis zea* and *Spodoptera exigua*. *J. Insect Physiol.* 32:827-833
- Broadway, R.M., and S.S. Duffey.** 1988. The effect of plant protein quality on insect digestive physiology and the toxicity of plant proteinase inhibitors. *J. Insect Physiol.* 34:1111-1117
- Broadway, R.M., and M.G. Villani.** 1995. Does host range influence susceptibility of herbivorous insects to novel plant proteinase inhibitors? *Entomol. exp. appl.* (in press)
- Burgess, E.P.J., C.A. Main, P.S. Stevens, J.T. Christeller, A.M.R. Gatehouse, and W.A. Laing.** 1994. Effects of protease inhibitor concentration and combinations on the survival, growth and gut enzyme activities of the black field cricket, *Teleogryllus commodus*. *J. Insect Physiol.* 40:803-811
- Burgess, E.P.J., P.S. Stevens, G.K. Keen, W.A. Laing, and J.T. Christeller.** 1991. Effects of protease inhibitors and dietary protein level on the black field cricket *Teleogryllus commodus*. *Entomol. exp. appl.* 61:123-130
- Casu, R.E., J.M. Jarmey, C.M. Elvin, and C.H. Eisemann.** 1994. Isolation of a trypsin-like serine protease gene family from the sheep blowfly *Lucilia cuprina*. *Insect Molec. Biol.* 3:159-170
- Chrispeels, M.J., and N.V. Raikhel.** 1991. Lectins, lectin genes, and their role in plant defense. *Plant Cell* 3:1-9
- Deloach, J.R., and G.E. Spates.** 1980. Effect of soybean trypsin inhibitor-loaded erythrocytes on fecundity and midgut protease and hemolysis activity of stable flies. *J. Econ. Entomol.* 73:590-594
- Eigenbrode, S.D., K.E. Espelie, and A.M. Shelton.** 1991a. Behavior of neonate diamondback moth larvae (*Plutella xylostella* (L.)) on leaves and on extracted leaf waxes of resistant and susceptible cabbages. *J. Chem. Ecol.* 17:1691-1704
- Eigenbrode, S.D., K.A. Stoner, A.M. Shelton, and W.C. Kain.** 1991b. Characteristics of glossy leaf waxes associated with resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea*. *J. Econ. Entomol.* 84:1609-1618

- Felton, G.W., R.M. Broadway, and S.S. Duffey.** 1989. Inactivation of proteinase inhibitor activity by plant-derived quinones: Complications for host-plant resistance against noctuid herbivores. *J. Insect Physiol.* 35:981-990
- Felton, G.W., and S.S. Duffey.** 1992. Ascorbate oxidation reduction in *Helicoverpa zea* as a scavenging system against dietary oxidants. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 19:27-37
- Felton, G.W., J. Workman, and S.S. Duffey.** 1992. Avoidance of antinutritive plant defense: role of midgut pH in Colorado potato beetle. *J. Chem. Ecol.* 18:571-583
- Fernandes, K.V.S., P.A. Sabelli, D.H.P. Barratt, M. Richardson, J. Xavier-Filho, and P.R. Shewry.** 1993. The resistance of cowpea seeds to bruchid beetles is not related to levels of cysteine proteinase inhibitors. *Plant Molec. Biol.* 23:215-219
- Foard, D.E., L.L. Murdock, and P.E. Dunn.** 1983. Engineering of crop plants with resistance to herbivores and pathogens: an approach using primary gene products. *Plant Molec. Biol.* 2:223-233
- Gatehouse, A.M.R., and D. Boulter.** 1983. Assessment of the antimetabolic effects of trypsin inhibitors from cowpea (*Vigna unguiculata*) and other legumes on development of the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*. *J. Sci. Food Agric.* 34:345-350
- Hilder, V.A., A.M.R. Gatehouse, S.E. Sheerman, R.F. Barker, and D. Boulter.** 1987. A novel mechanism of insect resistance engineered into tobacco. *Nature* 330:160-163
- Hoffmann, M.P., F.G. Zalom, L.T. Wilson, J.M. Smilanick, L.D. Malyj, J. Kiser, V.A. Hilder, and W.M. Barnes.** 1992. Field evaluation of transgenic tobacco containing genes encoding *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin or cowpea trypsin inhibitor: efficacy against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 85:2516-2522
- Huesing, J.E., L.L. Murdock, and R.E. Shade.** 1991a. Effect of wheat germ isolectins on development of cowpea weevil. *Phytochemistry* 30:785-788
- Huesing, J.E., R.E. Shade, M.J. Chrispeels, and L.L. Murdock.** 1991b. Alpha-amylase inhibitor, not phytohemagglutinin, explains resistance of common bean seeds to cowpea weevil. *Plant Physiol.* 96:993-996
- Ishimoto, M., and K. Kitamura.** 1992. Tolerance to the seed alpha-amylase inhibitor by the two insect pests of the common bean, *Zabrotes subfaciatus* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Appl. Entomol. Zool.* 27:243-251

Johnson, R., J. Narvaez, G. An, and C. Ryan. 1989. Expression of proteinase inhibitors I and II in transgenic tobacco plants: Effects on natural defense against *Manduca sexta* larvae. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86:9871-9875

Johnston, K.A., J.A. Gatehouse, and J.H. Anstee. 1993. Effects of soybean protease inhibitors on the growth and development of larval *Helicoverpa armigera*. J. Insect Physiol. 39:657-664

Juvik, J.A., J.A. Shapiro, T.E. Young, and M.A. Mutschler. 1994. Acylglucosides from wild tomatoes alter behavior and reduce growth and survival of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 87:482-492

Laskowski, M. 1985. Protein inhibitors of serine proteinases - Mechanism and classification. 1-17 1-17 in M. Friedman, ed., Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods. Vol. Plenum Press, New York.

Liedl, B.E., D.M. Lawson, K.K. White, J.A. Shapiro, D.E. Cohen, W.G. Carson, J.T. Trumble, and M.A. Mutschler. 1995. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyroididae). J. Econ. Entomol. 88:742-748

Lorito, M., R.M. Broadway, C.K. Hayes, S.L. Woo, C. Noviello, D.L. Williams, and G.E. Harman. 1994. Proteinase inhibitors from plants as a novel class of fungicide. Molec. Plant-Microbe Interact. 7:525-527

Martin, J.S., M.M. Martin, and E.A. Bernays. 1987. Failure of tannic acid to inhibit digestion or reduce digestibility of plant protein in gut fluids of insect herbivores: Implications for theories of plant defense. J. Chem. Ecol. 13:605-621

McManus, M.T., D.W.R. White, and P.G. McGregor. 1994. Accumulation of a chymotrypsin inhibitor in transgenic tobacco can affect the growth of insect pests. Transgen. Res. 3:50-58

Oppert, B., T.D. Morgan, C. Culbertson, and K.J. Kramer. 1993. Dietary mixtures of cysteine and serine proteinase inhibitors exhibit synergistic toxicity toward the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. Comp. Biochem. Physiol. 105C:379-385

Orozco-Cardenas, M., B. McGurl, and C.A. Ryan. 1993. Expression of an antisense prosystemin gene in tomato plants reduces resistance toward *Manduca sexta* larvae. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90:8273-8276

Orr, G.L., J.A. Strickland, and T.A. Walsh. 1994. Inhibition of *Diabrotica* larval growth by a multicystatin from potato tubers. J. Insect Physiol. 40:893-900

- Peterson, A.M., C.V. Barillas-Mury, and M.A. Wells.** 1994. Sequence of three cDNAs encoding an alkaline midgut trypsin from *Manduca sexta*. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 24:463-471
- Purcell, J.P., J.T. Greenplate, and R.D. Sammons.** 1992. Examination of midgut luminal proteinase activities in six economically important insects. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 22:41-47
- Rosenthal, G.A., and D.L. Dahlman.** 1991. Incorporation of L canavanine into proteins and the expression of its antimetabolic effects. *J. Agric. Food Chem.* 39:987-990
- Rosenthal, G.A., D.L. Dahlman, and D.H. Janzen.** 1978. L-Canaline detoxification: A seed predator's biochemical mechanism. *Science* 202:528-529
- Rosenthal, G.A., J.M. Reichhart, and J.A. Hoffmann.** 1989. L canavanine incorporation into vitellogenin and macromolecular conformation. *J. Biol. Chem.* 264:13693-13696
- Ryan, C.A.** 1981. *Proteinase Inhibitors*. Academic Press, New York. 351-370 pp.
- Schroeder, H.E., S. Gollasch, A. Moore, L.M. Tabe, S. Craig, D.C. Hardie, M.J. Chrispeels, D. Spencer, and T.J.V. Higgins.** 1995. Bean alpha-amylase inhibitor confers resistance to the pea weevil (*Bruchus pisorum*) in transgenic peas (*Pisum sativum* L.). *Plant Physiol.* 107:1233-1239
- Shade, R.E., L.L. Murdock, D.E. Foard, and M.A. Pomeroy.** 1986. Artificial seed system for bioassay of cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae) growth and development. *Environ. Entomol.* 15:1286-1291
- Shukle, R.H., and L.L. Murdock.** 1983. Lipoxigenase, trypsin inhibitor, and lectin from soybeans: Effects on larval growth of *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae). *Environ. Entomol.* 12:787-791
- Spates, G.** 1979. Fecundity of the stable fly: effect of soybean trypsin inhibitor and phospholipase A inhibitor on the fecundity. *Annals Entomol. Soc. Amer.* 72:845-849
- Steffens, R., F.R. Fox, and B. Kassell.** 1978. Effect of trypsin inhibitors on growth and metamorphosis of corn borer larvae *Ostrinia nubilalis* (Hubner). *J. Agric. Food Chem.* 26:170-174
- Summers, C.B., and G.W. Felton.** 1994. Prooxidant effects of phenolic acids on the generalist herbivore *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae): Potential mode of action for phenolic compounds in plant anti-herbivore chemistry. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 24:943-953
- Williams, D.L., W.C. Kain, and R.M. Broadway.** 1995. Isolation and characterization of a serine proteinase inhibitor cDNA from cabbage. *Plant Molec. Biol.* (in review)
- Wolfson, J.L., and L.L. Murdock.** 1995. Potential use of protease inhibitors for host plant resistance: A test case. *Environ. Entomol.* 24:52-57
- Zhu, K., J.E. Huesing, R.E. Shade, and L.L. Murdock.** 1994. Cowpea trypsin inhibitor and resistance to cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae) in cowpea variety TVu2027. *Environ. Entomol.* 23:987-991

LA INDUSTRIA DE PROTECCION DE CULTIVOS EN COLOMBIA

Alfredo Ruíz G.

Ingeniero Agrónomo

Presidente Cámara de la Industria de Protección de Cultivos - ANDI

La industria de protección de cultivos en Colombia se encuentra representada a través de su Cámara en la ANDI. En ella se reúnen 8 empresas nacionales, 12 multinacionales y las empresas de la industria de fertilizantes, estas empresas constituyen algo más del 90% del mercado nacional, el cual en 1995 alcanzó la suma de US\$350.000.000 en productos de protección de cultivos, lo cual representa aproximadamente un 1% del valor mundial de esta industria.

La Cámara estableció sus objetivos estratégicos en 1994 y definió que sus dos áreas más importantes de actividades son:

1. Trabajar por una regulación de la industria con normas serias, objetivas y aplicables. Con el objeto de alcanzar este fin la Cámara mantiene grupos de trabajo y comunicación abierta con el ministerio de agricultura, el ICA, Minambiente y Minsalud principalmente. Igualmente, debe interactuar con Mindesarrollo, Ministerio de Comercio Exterior, INCONTEC y otros organismos del estado.

Aquí quisiera anotar que la inversión mundial en investigaciones que garanticen que los productos que llegan al mercado son efectivos y seguros cuando son usados de acuerdo a la etiqueta, sobrepasa la suma de \$3000 millones de dólares al año. Esta inversión permite que las moléculas nuevas sean cada vez más específicas y tengan características de toxicología e impacto ambiental más benignas; también se invierten recursos en despejar dudas y preguntas sobre los productos existentes.

Igualmente, debemos recordar que una buena parte de esta inversión está en el área de Biotecnología buscando plantas que produzcan alimentos de mejor calidad o con menor susceptibilidad a plagas y enfermedades. Esta gran inversión de desarrollo científico y técnico alrededor de subproductos, hace que la industria considere que es deseable una regulación seria, estricta y técnicamente razonable. Lo grave es la sobregulación que duplica los esfuerzos crea trabas irrazonables, causando sobrecostos, ineficiencia y pérdida de competitividad.

2. La otra prioridad estratégica de la Cámara de la Industria de protección de Cultivos consiste en asegurarse que la sociedad conozca la seriedad,

responsabilidad, respecto por la salud y el medio ambiente que caracteriza esta industria.

Este es un desafío grande y con planes a corto, mediano y largo plazo, que buscan establecer una imagen de la industria que corresponda a sus realidades y no a perjuicios y preconceptos.

En esta área existe una gran actividad.

a. Cursos de uso correcto y seguro de los productos de protección de cultivos, trabajando directamente a través de contratatos con el Instituto Colombiano de Seguro Social y convenios con ICA, FEDECAFE, SENA y otras instituciones. Durante el año 1995 entrenamos 4.800 personas en este tema, incluyendo Ingenieros Agrónomos, Técnicos Agropecuarios, Estudiantes de Agronomía, Agricultores, profesionales de la salud y funcionarios de diversas entidades.

b. La cámara desarrollo y publico el código de ética de la industria, con el fin de establecer los principios que guían la comercialización de nuestros productos dentro de marcos que respeten los derechos de los usuarios.

En lo que contiene a su interacción con las profesiones del campo, hemos trabajado con la Federación de Ingenieros Agrónomos de Colombia (FIAC) y estamos cooperando con sus esfuerzos en busca de la creación de los colegios de la profesiones agrícolas y forestales, el desarrollo de un Código de ética y de un Reglamento profesional.

c. Tenemos programas para la prevención y manejo de accidentes y contaminaciones, tanto a nivel de fabricas como en el transporte, almacenamiento y uso de los productos. Entre los esfuerzos en esta dirección se destacan nuestra vinculación activa al proyecto de responsabilidad integral, el proyecto para manejo adecuado de envases vacíos; el sistema de respuesta a emergencias y otra serie de actividades destinadas a minimizar el riesgo, tanto para la salud, como para el medio ambiente y que buscan que el manejo integral de plagas y la agricultura sostenible se hagan realidades tangibles y practicas y no palabras vacías o utopías irrealizables.

Con esta breve revisión de quienes conforman la Cámara de la Industria de la Protección de Cultivos y sus actividades y compromisos ustedes pueden ver que se trata de un industria seria con inversiones cuantiosas en la economía del país, preocupada con el uso seguro y responsable de sus productos, con el objetivo de alcanzar mayor eficacia, competitividad y sostenibilidad de la Agricultura Colombiana.

**SIMPOSIO
ENTOMOLOGIA
MEDICA**

LOS SIMULIDOS (*DIPTERA:SIMULIIDAE*) Y SU IMPORTANCIA SANITARIA EN COLOMBIA

Paulina Muñoz de Hoyos
Instituto de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Colombia

GENERALIDADES

El nombre genérico de *Simulium* fue creado por Latreille (padre de la entomología francesa) en 1802. Los simúlidos, vulgarmente conocidos como jejenes, rodadores, borrachudos y/o moscos, son cosmopolitas, están presentes en lugares donde se encuentra agua corriente de alguna permanencia, la cual proporciona los requerimientos biológicos para los estados de desarrollo. Los simúlidos forman una familia pequeña, Simuliidae, y relativamente uniforme dentro de los insectos del orden Diptera.

Son holometábolos. El **huevo** mide entre 0.1 y 0.5 mm, no es empleado en taxonomía por no presentar variaciones, como si ocurre por ejemplo en los Culicidae. Se presume que las estructuras **larvales** se adaptaron a la vida lótica desde el Jurásico y esa estabilidad estructural, mantenida por tanto tiempo, indica una adaptación perfecta, tanto funcional como anatómica, al ambiente lótico. El sistema respiratorio de la larva es traqueal. Las larvas forman parte del llamado haptobentos (comunidad de organismos que viven en superficies sumergidas y ocasionalmente se dispersan en forma pasiva por arrastre de la corriente). El abanico cefálico utilizado en la alimentación sirve de trampa ya que intercepta materia orgánica e inorgánica finamente fragmentada que aparece en suspensión en el agua; por eso se les conoce como “los grandes organismos filtradores”. La larva necesita adherirse fuertemente al sustrato para no ser arrastrada por la corriente y poder alimentarse de las partículas en suspensión. El sustrato debe ser firme, fijo, no muy rugoso, limpio y ancho (no importa el color). La forma de la larva depende del habitat (el abdomen puede ser de forma elíptica cuando las larvas viven en quebradas lentas o terminar gradualmente cuando las larvas viven en cascadas). El tamaño de la larva depende de la alimentación y el parasitismo causado por microsporidios, nemátodos y hongos; su longitud puede ser entre 3.5 y 12 mm. El número de instares larvales parece que está influido por la temperatura del agua (varía entre 4, 6, 7, 8 o 9). La duración del desarrollo larval depende de varios factores ecológicos relacionados directa e indirectamente con el clima, tales como temperatura del agua, alimento y parasitismo. El desarrollo toma entre una semana y varios meses; en el trópico el desarrollo es más rápido (6-25 días) y se producen varias generaciones al año. La densidad larval cambia con la especie, la disponibilidad de sustrato, las condiciones apropiadas cerca al sustrato y la época; en promedio se pueden encontrar 20 larvas por cm². La microdistribución puede estar afectada por numerosos factores tales como alimento, sustrato, turbidez, velocidad de la corriente, temperatura, contenido de oxígeno, pH y conductividad. La **pupa** no se alimenta y no tiene flexibilidad. El tamaño depende de la especie; puede medir sin contar los filamentos respiratorios entre 2 y 7 mm. La forma del capullo es distinto entre las especies en cuanto al cubrimiento del cuerpo, forma, textura y color; la variación en forma y textura está determinada por un patrón de comportamiento diferente en la construcción;

básicamente hay dos tipos: en forma de chinela y en forma de zapato, cada uno con ciertas modificaciones. El **adulto** tiene que sufrir un cambio dramático cuando pasa del agua al aire, hay modificación de algunas estructuras y de ciertos sistemas de órganos [glándulas salivares, sistema digestivo por paso de dieta sólida a líquida (néctar y sangre) y músculos fuertes para el vuelo]. En el proceso de emergencia se aumenta la actividad respiratoria, el abdomen se mueve espasmódicamente y se produce una capa plateada de aire (burbuja de aire) entre las cutículas de la pupa y el adulto que le sirve de propulsión a la superficie (este proceso es único en dípteros). El tiempo entre pupa y emergencia del adulto se altera con la temperatura del agua y entre especies pero no pasa de 14 días. El tamaño puede estar entre 1.2 y 6.0 mm y la longitud del ala entre 1.4 y 6.0 mm, ésta es constante y es independiente de los estados fisiológicos. Generalmente son negros pero algunas especies son de color amarillo o naranja. La actividad de oviposición está adaptada a las estaciones, al tiempo del día, a las condiciones del clima, tipo de habitat, posición a lo largo de la quebrada (presencia de substratos buenos para poner los huevos). Es una actividad que consume mucha energía y requiere que la larva haya estado bien nutrida y que la hembra haya tomado néctar de las flores y/o sangre. El sitio de la oviposición puede ser cerca o lejos del borde de la corriente de agua, sobre substratos vegetales (hojas, pasto, semillas) de color verde brillante y textura suave. Los detalles completos de su historia natural se encuentran en Crosskey (1990).

El sistema de **clasificación** más aceptado es el de Crosskey (1987), quien divide a la familia Simuliidae en dos subfamilias, Parasimuliinae y Simuliinae. Esta última comprende dos tribus: Prosimulini con 20 géneros (10 neotropicales), 1 en Colombia: *Gigantodax* y Simuliini con 2 géneros: *Austrosimulium* y *Simulium*. A nivel subgenérico existe la clasificación propuesta por Coscarón (1987); según ella, *Simulium* cuenta, entre otros, con 14 subgéneros neotropicales (11 registrados en Colombia). La familia posee cerca de 350 especies neotropicales; en Colombia están registradas 49, 17 especies de *Gigantodax* y 52 de *Simulium* (Muñoz de Hoyos, 1994, 1995).

IMPORTANCIA

Sólo el 10% de las 1500 especies mundialmente conocidas pican al hombre y/o a los animales domésticos y de ellas, 50 son consideradas plagas o vectores. Son **plagas** por las reacciones alérgicas severas que causan por su picadura; ocasionan problemas económicos y sociales e inclusive en algunas regiones pueden molestar a los turistas. Son **vectores** de microfilarias al hombre y a los animales. De las 9 filarias transmitidas por simúlidos, *Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1892) es la que produce efectos patógenos al hombre.

- **Oncocercosis**

La oncocercosis, o ceguera de los ríos, enfermedad de Robles, erisipela de la costa, es una enfermedad endémica y parasítica, causada por la larva infectiva (conocida como L3) de *Onchocerca volvulus* la cual es inoculada al hombre por la picadura de una hembra infectada del género *Simulium*. No causa la muerte

pero si puede producir ceguera irreversible y es considerada como la segunda causa de ceguera en el mundo. Según los datos de la Organización Mundial de la Salud (1990) en Africa hay 80 millones de personas en riesgo, 17 millones infectadas y 350.000 ciegas. En el Mediterraneo oriental hay 500.000 positivas, 2 millones en riesgo y 8.000 ciegas y en América Latina 105.600 positivas, 5'200.000 en riesgo.

Ciclo. El simúlido pica a una persona infectada, se lleva consigo microfilarias que se encuentran dispersas en los tejidos subcutáneos del hombre, el desarrollo continua hasta convertirse en L3 entre 6 y 8 días. El paso a través del vector es un estado esencial para el esparcimiento de la oncocercosis. Las microfilarias son atrapadas por la membrana peritrófica, son digeridas y desaparecen, pero algunas migran hacia los músculos torácicos para desarrollarse pasando por 3 estados; el 3º es el llamado estado infectivo que encuentra su vía de salida por la proboscis de la hembra y cuando el simúlido vuelve a picar las inyecta nuevamente. Estas penetran en las capas superficiales de la piel pero no se sabe como llegan a las capas subcutáneas. Crecen dentro del hombre por espacio de 12-18 meses, para llegar a adultos (las hembras miden 20-50 cm de longitud y los machos 5 cm). Las filarias de ambos sexos se localizan, enrolladas, en nódulos fibrosos, bien vascularizados, que el individuo forma en defensa propia para aislar los parásitos; allí copulan y la hembra pone entre 500 y 1 millón de embriones de microfilarias cada año de su vida activa las cuales miden entre 220 y 300 um e invaden la dermis. Estas no sufren desarrollo posterior en el cuerpo humano y permanecen, entre 6 y 24 meses, en la piel hasta que mueren o alguna hembra del género *Simulium* se las lleva para repetir el ciclo (Duke, 1990).

Sintomatología. En áreas de transmisión baja la enfermedad no muestra signos a pesar de que se encuentren personas con microfilarias (mf) en la piel. Los síntomas empiezan cuando se encuentran grandes cantidades de mf en la piel a causa de una exposición repetida a las picadas de los simúlidos y la consecuente maduración de adultos en el cuerpo. Se producen diferentes tipos de lesión: **Piel:** Hay pérdida de elasticidad, rasquiña y depigmentación. Asociado con las reacciones de urticaria hay fiebre, dolor de cabeza y dolor muscular. **Nódulos:** Su localización está correlacionada con el sitio de entrada del mayor número de mf, que depende de donde pica el *Simulium*. En Africa por ejemplo, *Simulium damnosum* se alimenta en la parte inferior del cuerpo y los nódulos aparecen en las rodillas, pelvis y tronco. En Centro América, *S. ochraceum* pica arriba y los nódulos se localizan en la cabeza y los hombros. **Ojos:** Se producen cambios patológicos en los tejidos por la muerte de las mf, éstas pueden llegar a la cornea, iris, cuerpo ciliar, retina, coroides y nervio óptico. La pérdida gradual de la visión y ceguera total depende del número de microfilarias muertas. La ceguera es baja en Latinoamérica; por lo general ocurren opacidades de la córnea. Otras microfilarias van a los ganglios linfáticos causando inflamación y crecimiento de ellos; en infecciones agudas ellas entran a la sangre e invaden los órganos internos. En Ecuador se han reportado linfodemas de los órganos genitales externos.

Diagnosis. Por biopsia de piel.

Control. El control del parásito se hace por medio de la extracción de nódulos o con la droga Ivermectina

(Mectizan) la cual es microfilaricida, reduce las concentraciones de mf en el ojo y con ello disminuye las lesiones en la cámara anterior y se evita el daño del segmento posterior del ojo; además bloquea la salida de las microfilarias del útero de la filaria hembra adulta; por esto es necesario hacer un tratamiento continuado (a los 6 y 12 meses por espacio de 10 años) para suprimir la producción de microfilarias mientras vivan los adultos. El control del vector se lleva a cabo con insecticidas rápidamente biodegradables.

Distribución. La oncocercosis en América Latina se encuentra en México, Guatemala, Venezuela, Brasil, Ecuador y **Colombia**. Antes de 1965 no se conocía ningún caso de oncocercosis en Colombia, a pesar de que las condiciones ecológicas e históricas daban para suponer que podría estar presente en lugares ecológicamente propicios para la cría de simúlidos y habitados por personas de raza negra, descendientes de las poblaciones africanas traídos como esclavos para trabajar en las minas de oro. Fue así como en 1959 Garnham de la Escuela de Medicina Tropical de Londres examinó por biopsia de piel a residentes del Chocó, sin hallar casos de oncocercosis. Durante 1964-65, los doctores Giaquinto, Corredor, Osorno-Mesa y Giraldo examinaron poblaciones de la Guajira, Magdalena, Bolívar, Sucre y Antioquia y ninguna fue positiva. En 1965, Assis y Little detectaron un caso de oncocercosis con problemas de visión, correspondió a un señor de Buenaventura que había vivido en San Antonio, un caserío sobre el río Micay. En 1972 se conformó un equipo de trabajo integrado por los doctores Trápido, Lee, Barreto, López, D'Alessandro, Little, para estudiar la región y vieron 44 casos positivos entre 292 pacientes (15%), algunos con lesiones oculares y otros con nódulos en tórax y hombros y una densidad baja de mf en piel (López et al., 1972). Entre 1977 y 1978 se realizó otro estudio en la región y la prevalencia fue del 7.5% (Ewert, et al., 1979). En 1989, la Universidad del Valle y el Cideim dieron con una prevalencia del 4.1% entre 177 personas examinadas; los 7 individuos positivos vivían en San Antonio y Chuare. Recientemente personal del Programa de Eliminación de la Oncocercosis en las Américas (OEPA), de la Organización Panamericana de la Salud, del Ministerio de Salud, del Instituto Nacional de Salud y de la Universidad Nacional nos reunimos para elaborar una plan con el fin de reevaluar el foco de López de Micay y buscar posibles focos en la frontera Colombo-Ecuatoriana.

Revaluación del foco de López de Micay. Para esta tarea, realizada en abril de 1995, se constituyó un grupo de trabajo de 22 personas, 3 de ellas dedicadas al trabajo entomológico. Se examinaron 655 pacientes, los casos positivos provenían del caserío de Nacióná. Por esta razón un grupo se desplazó a este lugar y detectó una prevalencia de 40% (36 positivos de 91 personas examinadas por biopsia de piel en cresta iliaca y escápula, con un promedio de 10 mf por biopsia). Este caserío está situado en la desembocadura de la Quebrada Nacióná sobre el río Chuare, a 100 m alt., y a 4 horas en lancha de López, donde el 53% de la población se dedica a la minería. Las manifestaciones clínicas observadas fueron queratitis punctata 22%; nódulos 17%, sin manifestaciones 61%. En este viaje se colectaron formas inmaduras de simúlidos en los ríos Micay, Jolí, Chuare, El Playón y quebrada de Abajo, con el fin de inventariar las especies en la región. Las especies encontradas fueron: *Simulium exiguum*, *S. mexicanum*, *S. lewisi* y *S. bipunctatum*, especies también presentes en el foco de oncocercosis del Ecuador (Shelley et al., 1989). Se hicieron igualmente capturas de hembras en cebo humano y la única especie picando al hombre fue *S.*

exiguum. En Nacioná la densidad de picada de *S. exiguum* es 6 veces mayor que en los otros lugares y por lo general tiene gran predilección por alimentarse en los miembros inferiores. Por tratarse de un estudio preliminar, no se hicieron capturas en cebo humano con horario establecido porque no se conocían los casos positivos para *Onchocerca volvulus* y porque el desplazamiento de un caserío a otro era muy rápido (de un día para otro) (Corredor et al., 1995).

Búsqueda de posibles focos en la frontera Colombo-Ecuatoriana. Para esta labor, igualmente se organizó un equipo de trabajo de 19 personas, dos de ellas dedicadas al trabajo entomológico. La zona de estudio comprendió las localidades situadas entre el río Mira y el río Mataje, del municipio de Tumaco. Se examinaron 407 personas (73% de raza negra y 27% indígenas del grupo Awa) y ninguna de ellas fue positiva para *Onchocerca volvulus* (Corredor et al., 1995). En la época visitada (14-24 de agosto de 1995) no había hembras de simúlidos picando y por lo tanto las capturas se basaron solo en larvas y pupas de los ríos anteriormente mencionados. Es de señalar que en la región abundan animales domésticos como perros, ganado, porcinos, patos y gallinas los cuales sirven de fuente de alimento a los simúlidos sin tener que recurrir al hombre. Las especies de la región son : *Simulium gonzalezi*, *S. lewisi*, *S. quadrivittatum*, *S. bipunctatum*, *S. exiguum*, *S. mexicanum*, especies que también están en el foco de oncocercosis Ecuatoriano (Shelley et al., 1989). De ellas, las especies antropofílicas son *S. exiguum*, *S. quadrivittatum* y *S. gonzalezi*.

Vectores. Los simúlidos pueden ser vectores primarios o secundarios, en el primer caso es el único encontrado en el foco o si hay otros vectores, él solo puede mantener vivo el foco; en el segundo caso, el vector ayuda en la transmisión, pero él solo no puede mantener vivo el foco, es decir el foco desaparece si desaparece el vector primario.

Pais	Vector primario	Vector secundario
México	<i>S. ochraceum</i> s.l. *	<i>S. metallicum</i> s.l.*
Guatemala		<i>S. callidum</i> <i>S. hematopotum</i> <i>S. gonzalezi</i> s.l. * <i>S. veracruzatum</i>
Venezuela (N)	<i>S. metallicum</i> s.l. *	<i>S. exiguum</i> *
Venezuela / Brasil	<i>S. guianense</i> s.l.	<i>S. incrustatum</i>
Area alta e hiperendémica		
Area baja	<i>S. oyapockense</i> s.l.	

hipoendémica	<i>S. roraimense</i> <i>S. yarzabali</i>
Ecuador	Complejo <i>S. exiguum</i> forma Cayapa forma aguarico <i>S. quadrivittatum</i>
Colombia	<i>S. exiguum</i> forma no identificada

* = Complejo de especies.

Complejos de especies. La determinación de especies es difícil debido a que los simúlidos poseen una evolución silente, sin ruido fenotípico; por ello es necesario recurrir a estudios morfológicos de larvas, pupas y adultos. Por lo general cada morfoespecie es un complejo de especies; para su identificación se requieren estudios citogenéticos y moleculares. La identificación a nivel de citoespecie es importante para entender los ciclos de transmisión y escoger los programas de control porque cada citoespecie es única en su biología y en su susceptibilidad a cada especie de filaria. Se sospechó que había complejos de especies ya que mostraban diferencias en comportamiento, biología, capacidad vectorial, densidad de picada, grado de zoofilia, sitio de picada, duración de la picada), capacidad hospedera, dientes en el cibario, presencia o ausencia de barreras intrínsecas para el desarrollo sincrónico de las mf a L3, atrayentes de la saliva y rapidez de la formación de la membrana peritrófica.

Plan de trabajo. Conocida la ubicación del foco de oncocercosis se llevará a cabo la "evaluación entomológica rápida" en la región de Nacioná, aplicando los lineamientos y recomendaciones de Davies & Crosskey (1992). Adicionalmente se ubicarán los criaderos de *Simulium exiguum* con el fin de coleccionar larvas para caracterizar los cromosomas politénicos y compararlos con las citoespecies del Ecuador para saber cuales y cuantas citoespecies se encuentran en la región. Se aplicará PCR con el fin de estimar el potencial de transmisión anual, suministrar Ivermectina y posteriormente evaluar su efecto.

- Mansonellosis

Las filarias del género *Mansonella*, subgénero *Mansonella*, son parásitos del hombre, roedores y carnívoros. *M. ozzardi* (Manson, 1897) es una excepción ya que el hombre es su único hospedero. Las filarias adultas se encuentran en tejidos subcutáneos, en la cavidad peritoneal (Esslinger & Jiménez, 1968), en la musculatura y en el tejido conjuntivo retroperitoneal (Marinkelle & German, 1970) y las microfilarias en sangre periférica (Esslinger & Jiménez, 1968; Marinkelle & German, 1970). La redescrición más detallada tanto de la microfilaria como de los adultos (macho y hembra) de *M. ozzardi* se puede encontrar en el trabajo de Orihel y Eberhard (1982).

Las larvas infectivas de *Mansonella ozzardi* se diferencian de las de *Onchocerca volvulus* por poseer la cola más larga (45 a 59 um vs 29-35 um) y llevar 4 papilas caudales, no 3 como *O. volvulus*. Las longitudes del esófago, intestino y cola son el 71%, 21% y 8%, respectivamente, de la longitud total del cuerpo en *M. ozzardi*, en tanto que las de *O. volvulus* son el 59%, 35% y 6% (Tidwell et al., 1980).

Sintomatología. Hasta el momento no se encuentra una manifestación clínica definida que pueda atribuirse a *Mansonella ozzardi*. Su patogenicidad es dudosa (Shelley, 1988). En Colombia, Restrepo (1962) encontró eosinofilia en la población estudiada pero no la atribuyó a la filaria pues tenían además varios parásitos intestinales que bien podrían ocasionarla. Marinkelle y German (1970) demostraron que la mansonelosis produce eosinofilia, dolores articulares fuertes en brazos y piernas y disminución en la capacidad de trabajo. Igualmente, frecuentes dolores de cabeza, tos continua, fiebre y diarreas.

Diagnóstico. Se han empleado los métodos de gota gruesa y Knott.

Tratamiento. No existe un tratamiento propio para la mansonelosis quizá debido a su dudosa patogenicidad.

Distribución. La mansonelosis es endémica en varias regiones del Caribe, Centro y Sur América. Se ha encontrado en México, Puerto Rico, Isla San Vincent, Haití, Trinidad, Panamá, Venezuela, Colombia, Brasil, Guyana, Surinam, Argentina y región Amazónica del Perú. En Colombia, *Mansonella ozzardi* está ampliamente distribuida en zonas que tienen algunas características en común: altitudes menores de 500 m; asociadas con bosques no perturbados por el hombre; cercanas a los ríos y con habitantes indígenas. Puede considerarse como endémica en la región amazónica y todo parece indicar que la región Amazónica del Brasil y de Colombia hacen parte de un gran foco de Mansonelosis que se extiende hasta el Perú (Kozek et al., 1982).

Vectores. *Mansonella ozzardi* es transmitida exclusivamente por especies del género *Culicoides* en las Islas del Caribe y por especies del género *Simulium* en Panamá, Venezuela, Brasil, Colombia y Guyana. Cerqueira (1959) fue quien incriminó, por primera vez, a los simúlidos como vectores de esta filaria. Los vectores de *Mansonella ozzardi* son:

País	Vector	Referencia
Isla San Vincent	<i>Culicoides furens</i>	Buckley, 1934
Haití	<i>Culicoides furens</i>	Lowrie et al., 1978
	<i>Culicoides phlebotomus</i> vector secundario	Lowrie & Raccurt, 1981 Raccurt & Lowrie, 1981

Trinidad	<i>Culicoides phlebotomus</i>	Nelson & Davies, 1976 Nathan, 1978
México	<i>Culicoides furens</i>	Biagi et al., 1958
Panamá	<i>Simulium sanguineum</i>	Petersen et al., 1984
Venezuela (S)	<i>Simulium oyapockense</i> s.l. (sin. <i>S. sanchezi</i>)	Ramírez-Pérez, 1982 Yarzabal et al., 1985
Guyana (W)	<i>S. oyapockense</i> s.l.	Nathan et al., 1982
Surinam	<i>Culicoides guttatus</i>	Brujning, 1957
Argentina	<i>Culicoides</i> sp.	Romaña & Wygodzinsky, 1950
Brasil	<i>Simulium amazonicum</i>	Cerqueira, 1959 Garnham & Walliker (1965)
región Amazónica	<i>Simulium argentiscutum</i> Shelley & Luna Dias	Shelley & Shelley, 1976 Shelley et al., 1980
región norte	<i>Simulium oyapockense</i> s.l.	Moraes et al., 1985
Colombia		
Vaupés	<i>Simulium oyapockense</i> s.l.	Tidwell et al., 1980
Antioquia	<i>Simulium sanguineum</i>	Tidwell et al., 1980
región Amazónica	<i>Simulium amazonicum</i> <i>Simulium argentiscutum</i>	Tidwell & Tidwell, 1982

Trabajos y número de casos en Colombia. El primer señalamiento de *Mansonella ozzardi* en Colombia se le atribuye a Balfour (1920) al encontrar microfilarias en la sangre de un nativo de la región del Chocó. El número total de casos de mansonelosis (901) publicados es un dato estimativo ya que las regiones donde muy seguramente esta enfermedad es endémica son de difícil acceso y no se pueden hacer muestras representativas. Algunos de los casos se han detectado en estudios de rutina en malaria y es probable que la información no haya sido publicada. En su gran mayoría, la población estudiada y la que ha presentado más casos positivos para *M. ozzardi* es la indígena; la falta de infección en mestizos, caucásicos y miembros de ciertas tribus indígenas indican que no todas las regiones son endémicas para *M. ozzardi* y *M. perstans*.

Departamento	Casos + / total	Referencia
AMAZONAS	27 / 197	Restrepo, 1962
	35 / 984	Corredor, 1963
	252 / 535	Kozek et al., 1982
	----- 314 / 1716	
ANTIOQUIA	11/?	Botero, 1960 en Botero et al., 1965
CASANARE	12 / 247	Kozek et al., 1984
CHOCO	1	Balfour, 1920
	5	McCoy, 1933
	1	Restrepo et al., 1962
	1	Restrepo, 1962 en Botero et al., 1965
	1	Botero, 1962
	4	Corredor, 1963
	----- 13/?	
GUAINIA	7 / 18	Marinkelle, 1973
	18 / 75	Kozek et al., 1982
	21 / 604	Kozek et al., 1983
	----- 146 / 697	
GUAVIARE	7 / 139	Renjifo, 1949
	4 / 103	Lightner et al., 1980
	----- 11 / 242	
META	1 / 183	Renjifo, 1949
	10 / 71	Restrepo, 1962 en Botero et al., 1965
	6 / 243	Kozek et al., 1984
	----- 17 / 497	
VAUPES	3 / 27	Renjifo, 1949

	6/156	Corredor, 1963
	378/ 810	Marinkelle & German, 1970
	45 / 244	Lightner et al., 1980

	332 / 1237	
VICHADA	1 / 28	Renjifo, 1949
	18 / 322	Renjifo & Orduz, 1950
	10/47	Corredor, 1963
	13 / 64	Esslinger & Jimenez, 1968
	3/137	Kozek et al., 1984

	45/ 598	

De los trabajos citados anteriormente, vale la pena resaltar aquellos que tienen en cuenta la parte entomológica:

Marinkelle y German (1970) trabajando en Mitú y alrededores capturaron 384 simúlidos y los procesaron según la técnica de Nelson (1960) y Nelson & Pester (1962) pero ninguno de ellos mostró infección por filaria. Abundaron entre las 6 y 7 a.m., entre las 5 y 6 p.m., en los momentos en que había nubes, viento en calma y ántes de empezar la lluvia. La especie más frecuente fue *Simulium (Hemicnetha)* sp. y menos común *S. haematopotum* (identificado por Lewis).

Debido a la alta prevalencia de *Mansonella ozzardi* en el área de Mitú, Vaupés, se conformó un equipo de trabajo para estudiar los aspectos parasitológicos de la mansonelosis en el oriente y occidente de Vaupés y determinar los vectores en la región oriental, escogiéndose a Santa Marta, un caserío en el caño Cuduyarí a 20 minutos en lancha de Mitú habitada por los Indios Cubeos y caracterizada como bosque húmedo tropical a 190 m de altitud, como punto de trabajo. Lightner et al. (1980) señalan que los bosques densos de la región obligan a los habitantes a construir sus casas cerca de las corrientes de agua para lograr así un desplazamiento más fácil, sitios propios para la cría de los simúlidos y por lo tanto los vectores están con los habitantes. Tidwell et al. (1980) encuentran que *Simulium oyapockense* presenta el desarrollo de las microfilarias de *M. ozzardi* hasta la larva infectiva; la especie es considerada un buen vector pues el desarrollo de las larvas es sincrónico y pocas son deformes; por otra parte, señalan que la imposibilidad de Marinkelle y German (1970) en detectar los vectores probablemente se deba a que las 384 hembras capturadas sobre cebo humano infectado eran de una especie grande relacionada con *S. pruinosum*, conocida en la región como " bombo" abundante en el monte y que se alimenta también sobre aves, murciélagos, perros, hamsters y micos (Tidwell et al., 1980).

Tidwell y Tidwell (1982) demostraron que las especies *S. amazonicum*, *S. argentiscutum* y *Culicoides insinuatus* soportan el desarrollo de la microfilaria hasta el estado infectivo en el río Putumayo y en el río Amazonas.

Kozek et al. (1982) al trabajar en el Amazonas encontraron una prevalencia alta (47.1%), similar a la del Brasil, y por ello comentan que la región es parte de un gran foco que se extiende a lo largo del Amazonas desde Brasil hasta Perú e incluye parte de Colombia. La prevalencia en esta región tiene el segundo lugar en Colombia. La transmisión de *Mansonella ozzardi* por especies del género *Culicoides* debe tener algunas diferencias pues el hábito alimenticio de los miembros de este género son en la tarde y en la noche.

Kozek et al., (1983) examinaron con microscopía de luz las microfilarias colectadas en Colombia y Haití con el fin de ver si existía diferencia entre ellas ya que las primeras son transmitidas por especies del género *Simulium* y las segundas por especies del género *Culicoides*; se tenía la sospecha que eran dos especies diferentes pero estrechamente relacionadas. Encontraron alguna diferencia, no significativa, en tamaño, siendo la Colombiana, proveniente del Amazonas, más pequeña. Continuando con la comparación Kozek y Raccurt (1983) emplearon microscopía electrónica; las dos formas tienen una microanatomía igual, excepto en el cuerpo central, más grande en microfilarias de Colombia.

Kozek et al. (1983) al estudiar la prevalencia y distribución de las microfilarias en Meta, Casanare y Vichada encuentran los casos positivos en indios que habían migrado de otras partes del este de Colombia, principalmente del interior del Meta y el Vichada. Por ello afirman que la filariasis no es endémica en las regiones examinadas y sugieren que el influjo de portadores con suficiente microfilaremia pueden establecer nuevos focos de transmisión en áreas donde abundan los vectores apropiados.

Mansonella perstans. Kozek et al., (1982) estudiaron la prevalencia de *Mansonella perstans* en la comisaria del Guainia, la cual es transmitida, probablemente al igual que en Africa, por especies del género *Culicoides* (Sharp, 1928). Encontraron casos positivos para *M. ozzardi*, para *M. ozzardi* con *M. perstans* y para *M. perstans* donde son simpátricas. Esta filaria es transmitida por *S. oyapockense* en Guyana y Venezuela (Shelley, 1994).

CONCLUSIONES

El conocimiento de los simúlidos en Colombia es más completo hoy día, se tiene un número mayor de especies registradas y un cubrimiento más grande del país. Sin embargo, se puede apreciar por lo dicho en esta charla, que falta conocer varios aspectos de los vectores de *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi* en Colombia.

Tenemos varias especies de interés médico y/o veterinario por ser antropofílicas y/o zoofílicas o sea que hay riesgo de la diseminación de las infecciones tanto por el movimiento de las poblaciones como por la presencia del vector ya que estas situaciones permiten la formación de focos nuevos si el parásito es introducido. La distribución de las especies de interés médico *Simulium exiguum*, *S. metallicum*, *S. callidum*, *S. sanguineum*, *S. oyapockense*, *S. quadrivittatum*, *S. gonzalezi*, *S. bipunctatum*, *S. pruinatum* y las de importancia veterinaria *S. paynei* y *S. mexicanum* es amplia.

Es importante y necesario detectar complejos de especies con el empleo de técnicas citotaxonómicas con glándulas salivares de larvas ya que en adultos, usando los túbulos de malpighio, la politenia de los cromosomas politénicos no es buena y complementar estos hallazgos con técnicas bioquímicas tales como: electroforesis de enzimas, secuencias de DNA, hidrocarburos cuticulares y PCR.

Para obtener resultados óptimos se requieren los **estudios integrados** que abarquen aspectos de morfotaxonomía, citotaxonomía y quimiotaxonomía ya que como dicen Hillis & Moritz (1990) algunas técnicas no son apropiadas para un problema, su aplicación puede ser una pérdida de tiempo, dinero y esfuerzo pues no todas las técnicas funcionan igual en todos los grupos de animales; otras técnicas pueden ser apropiadas bajo ciertas condiciones (niveles de variabilidad apropiados) y otras metodologías alternativas pueden dar mejores resultados.

Agradecimientos.

Al haber realizado una revisión bibliográfica amplia para presentar este trabajo tengo presente que varios investigadores, no señalados en el presente documento, han publicado trabajos o han llevado a cabo tesis con simúlidos Colombianos. Vale la pena mencionarlos: Guttman, San Martín, Wygodzinsky, Coscarón, Py-Daniel, Zuluaga, Yuil, Correa, Moreno, Homan, Bueno, Moncada, Duque, Rothfels, Moreno H., Torres, Campos, Moreno C., Mejía, Martínez, Hernández, Acero, Miranda y Arteaga. A todos ellos se les debe que el conocimiento de los simúlidos en Colombia sea más sólido. A aquellos que han trabajado en el Programa: "Simúlidos de Colombia", financiado por Colciencias y la Universidad Nacional, se les agradece el que hayan colaborado en la colección de referencia del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

BIBLIOGRAFIA.

Assis-Masri, G. & M.D. Little. 1965. A case of ocular onchocerciasis in Colombia. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **59**: 717.

Biagi, F. 1957. Observaciones sobre mansonelosis en la península de Yucatán. IV. Diagnóstico parasitológico y longitud de las microfilarias. Medicina (Mex) **37**:145-147.

Botero, V.M. 1960. Casos de infección por *M. ozzardi* en los indios Cunas de Urabá, Antioquia. En Botero, 1965.

Botero, D., Restrepo, A. & H. Vélez. 1965. La filariasis humana en Colombia. Antioquia Médica **15** : 623-630.

Bruijning, C. F. A. 1957. Notes on the common species of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) from Surinam in relation to *ozzardi*-filariasis. Documenta Med. Geogr. Trop. **9**:169-172.

Buckley, J. J. C. 1934. On the development, in *Culicoides furens* Poey, of *Filaria* (= *Mansonella*) *ozzardi* Manson, 1897. *J. Helminth.* **12**: 99-118.

Cerqueira, N. L. 1959. Sobre a transmissao da *Mansonella ozzardi*. *Revta. bras. Med.* **1** : 885-914.

Corredor, A. 1963. Ampliación de la distribución geográfica de *Mansonella ozzardi* en la república de Colombia. *Rev. Fac. Med.* **31** : 5.

Corredor, A., Palma, G., Nicholls, S., Muñoz de Hoyos, P., Granada, J. F., Vela, J. C. & C. Alvarez. 1995. Onchocercosis en Colombia. Resúmenes VIII Congreso Colombiano de parasitología y Medicina Tropical. : 50.

Coscarón, S. 1987. El género *Simulium* Latreille en la región neotropical: Análisis de los grupos supraespecíficos, especies que lo integran y distribución geográfica (Simuliidae: Diptera). Museo Paraense Emilio Goeldi. Belem. 111 pp.

Crosskey, R. W. 1987. An annotated checklist of the world black flies (Diptera: Simuliidae). In K. C. Kim and R. W. Merritt, eds., *Black Flies: Ecology, Population Management, and annotated world list*. Pennsylvania State University, University Park, pp. 425-520.

Crosskey, R. W. 1990. *The Natural History of blackflies*. John Wiley, Chichester.

Davies, J. B. & R. W. Crosskey. 1992. *Simulium-Vectors of Onchocerciasis*. WHO/VBV/91.992. 115 pp.

Duke, B. O. L. 1990. Human onchocerciasis- an overview of the disease. *Acta Leidensia* **59** : 9-24.

Esslinger, J. H. & A. Jiménez. 1968. Human infection with the filaria *Mansonella ozzardi* in Colombia. *Bull Tulane U. Med. Fac.* **27**:87-91.

Ewert, A., Corredor, A., Lightner, L., & A. D'lessandro. 1979. Onchocerciasis focus in Colombia: follow-up study after 12 years. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **28** : 486-490.

Garnham, J. C. & D. Walliker. 1965. Is *Simulium amazonicum* the vector of *Mansonella ozzardi*? *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **59** (6) : 672-674.

Hillis, D.M. & C. Moritz (Eds). 1990. *Molecular systematics*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA.

Kozek, W. & C. Raccurt. 1983. Ultrastructure of *Mansonella ozzardi* Microfilaria, with a comparison of the South American (Simuliid-transmitted) and the Caribbean (Culicoid-transmitted) forms. *Tropenmed. Parasit.*

34 :38-53.

Kozek, W. J., D'Alessandro, A. & M. Hoyos. 1982. Filariasis in Colombia: Presence of *Dipetalonema perstans* in the Comisaría del Guanía. Am. J. Trop. Med. Hyg. 31: 486-489.

Kozek, W. J., D'Alessandro, A., Silva, H. & S. N. Navarrete. 1982. Filariasis in Colombia. Mansonellosis in the teenage and adult population of the Colombian bank of the Amazon, Comisaría del Amazonas. Am. J. Trop. Med. Hyg. 31:1131-1136.

Kozek, W. J., Palma, G., Henao, A. García, H. & M. Hoyos. 1983. Filariasis in Colombia: Prevalence and distribution of *Mansonella ozzardi* and *Mansonella perstans* infections in the Comisaría del Guanía. Am. J. Trop. Med. Hyg. 32:379-384.

Kozek, W. J., Palma, G., Valencia, W., Montalvo, C. & J. Spain. 1984. Filariasis in Colombia: Prevalence of *Mansonella ozzardi* in the Departamento del Meta, Intendencia del Casanare and Comisaría del Vichada. Am. J. Trop. Med. Hyg. 33:70-72.

Lightner, L. K., Ewert, A., Corredor, A. & E. Sabogal. 1980. A parasitologic survey for *Mansonella ozzardi* in the Comisaría del Vaupés, Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. 29:42-45.

López-Villegas, A., Allen, J. H. & M. D. Little. 1972. Onchocerciasis in Colombia. Ocular findings in the first observed focus. Am. J. Trop. Med. Hyg. 21: 944-947.

Lowrie, R. C., Raccurt, C. & D. McNeeley. 1978. *Culicoides furens* as a vector of *Mansonella ozzardi* in Haiti. Proc. IV Internac. Congr. Parasitol. Warsaw 19-26 Aug.

Lowrie, R. C. & C. Raccurt. 1981. *Mansonella ozzardi* in Haiti. II. Arthropod vector studies. Am. J. Trop. Med. Hyg. 30: 598-603.

Marinkelle, C. J. 1973. First finding of *Dipetalonema perstans* in Colombia. Trop. Geogr. Med. 25: 51-52.

Marinkelle, C. J. & E. German. 1970. Mansonellosis in the comisaría del Vaupés of Colombia. Trop. Geogr. Med. 22 : 101-111.

McCoy, O. R. 1933. The occurrence of microfilaria *ozzardi* in Panama. Am. J. Trop. Med. 13:297-310.

Muñoz de Hoyos, P. 1994. Simúlidos (Diptera) de Colombia: Especies registradas y su distribución. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73) : 413-437.

Muñoz de Hoyos, P. 1995. Género *Gigantodax* (Diptera: Simuliidae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74) : 607-630.

Nathan, M. B. 1978. *Culicoides phlebotomus*, a vector of *Mansonella ozzardi* in coastal north Trinidad, West Indies. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **72** : 436-437.

Nelson, G. S. 1958. Staining of filarial larvae in insects before dissection. Bull. W.H.O. **19**:204.

Nelson, G. S. & F. R. N. Pester. 1962. The identification of infective filarial larvae in Simuliidae. Bull. W. H. O. **27** : 473-481.

Nelson, G. S. & J. B. Davies. 1976. Observations on *Mansonella ozzardi* in Trinidad. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **70** :16-17.

Orihel, T. C. & M. L. Eberhard. 1982. *Mansonella ozzardi*: a redescription with comments on its taxonomic relationships. Am. J. Trop. Med. Hyg. **31**:1142-1147.

Petersen, J.L., Bawden, M.P., Wignall, F.S., Latorre, C. R., Johnson, C. M. & C.R. Miranda. 1984. *Mansonella ozzardi* en el Darién (Panamá). Rev. Med. de Panamá. **2**: 236-246.

Romaña, C. & P. Wygodzinsky. 1950. Acerca de la transmisión de *Mansonella ozzardi* (Manson) (Filaria Tucumana Biblieri y Araoz). An. Inst. Med. Regional (U. Nac. Tucumán) **3**: 29-34.

Restrepo, M. 1962. Estudio parasitológico de una región del Amazonas Colombiano. AAntioquia Médica **12** :426-484.

Renjifo, S. 1949. *Mansonella ozzardi* en la región oriental de Colombia, Anales de la Sociedad de Biología de Bogotá. **3** : 211-216.

Renjifo, S. & A. Orduz. 1950. Dieciocho nuevos casos humanos autóctonos, con *Mansonella ozzardi* en el oriente de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **7**: 548.

Restrepo, M. 1962. Estudio parasitológico de una región del Amazonas Colombiano. Antioquia Médica. **12**:462-484.

Sharp, N.A.D. 1928. *Filaria perstans*, its development in *Culicoides austeni*. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **21**:371-396.

Shelley, A. J. 1988. Biosystematics and medical importance of the *Simulium amazonicum* group and the *S. exiguum* complex in Latin America. In M. W. Service, ed., Biosystematics of Haematophagous Insects, Clarendon Press, Oxford, pp. 203-220.

Shelley, A. J., Arzube, M. & C. A. Couch. 1989. The Simuliidae (Diptera) of the Santiago onchocerciasis focus of Ecuador. Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Ent.) **58** : 79-130.

Shelley, A. J. & A. Shelley, 1976. Further evidence for the transmission of *Mansonella ozzardi* by *Simulium amazonicum* in Brazil. Ann. Trop. Med. Parasitol. **70**: 213-217.

Shelley, A. J., Luna Dias, A. P. A. & M. A. P. Moraes. 1980. *Simulium* species of the *amazonicum* group as vectors of *Mansonella ozzardi* in the Brazilian Amazon. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **74** : 784-788.

Shelley, A. J. 1994. Factors affecting filarial transmission by simuliids. Advances in Disease vector research **10**, pp 183-214.

Tidwell, M. A., Tidwell, M. A. & P. Muñoz de Hoyos. 1980. Development of *Mansonella ozzardi* in a black fly species of the *Simulium sanguineum* group from eastern Vaupes, Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. **29** : 1209-1214.

Tidwell, M. A., Tidwell, M.A., Muñoz de Hoyos, P., Corredor, A. & P. Barreto. 1980. Vectores de *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi* en Colombia. Colombia Médica. **11** : 119-127.

Tidwell, M. A., Tidwell, M. A., Muñoz de Hoyos, P. & A. Corredor. 1980. *Simulium exiguum*, the vector of *Onchocerca volvulus* on the río Micay, Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. **29** : 377-381.

Tidwell, M. A. & M. A. Tidwell. 1982. Development of *Mansonella ozzardi* in *Simulium amazonicum*, *S. argentiscutum* and *Culicoides insinuatus* from Amazonas, Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. **31** : 1137-1141.

SIGNIFICADO DE LA VARIACION DEL COMPORTAMIENTO DE PICADURA DE LOS VECTORES DE MALARIA EN COLOMBIA

Ranulfo González

Universidad del Valle, Fac. de Ciencias, Depto. de Biología

Marco Fidel Suarez

Universidad del Valle, Instituto de Inmunología

Si bien es cierto que los anofelinos se alimentan en una gran diversidad de animales, manifestando diversos grados de preferencia, lo que mas nos interesa desde el punto de vista de la epidemiología de la malaria es su índice antropofílico. La actividad de picadura hematófaga de los mosquitos vectores de malaria ha sido uno de los componentes de comportamiento importantes a considerar en la lucha por lograr una mejor eficacia de control de esta importante enfermedad. Elliott (1972) consideró que el comportamiento de los vectores, no solo afecta la intensidad de transmisión de la malaria, sino que también influye en la posibilidad de interrumpir la transmisión con medidas anti-vectorial cuando se determina el tiempo, lugar y duración del contacto insecticida-vector.

Este concepto importante, durante la época de aplicación de las medidas de erradicación de la malaria, aún tiene vigencia y utilidad, pues sigue siendo necesario para manejar la componente de interrupción de la transmisión de ésta enfermedad, mediante el uso de insecticidas en pared o en mosquiteros impregnados.

Lo anterior, implica tener no solo un buen conocimiento de las especies de *Anopheles* presentes en un área malarica, sino también un buen conocimiento de la biología y comportamiento específico de cada una de ellas y en especial de aquellas comprometidas o reconocidos como vectores primarios.

La tasa de picadura de mosquitos *Anopheles*, entendida como la densidad de mosquitos que pueden picar a los humanos (Man-biting density = MBD) es importante considerarla en relación al hábitat humano y su comportamiento, con respecto al lugar donde realiza ciertas de sus actividades sociales, trabajo y descanso, es decir observar y ubicar en donde coinciden en tiempo y espacio, con sentido epidemiológico ésta relación.

Muchas especies de mosquitos son de hábito de picadura diurnos, mientras que otras son de hábitos nocturnos, algunos antropofílicos, zoofílicos, endofágicos y exofágicos. Exceptuando las especies del

subgénero *Kerteszia* que también suelen alimentarse durante las horas del día, el resto de especies de *Anopheles* se reconocen casi siempre como de hábito hematófago nocturno, pero variable en lo que se refiere a las horas de mayor actividad, grado de antropofilia, endofagia y exofilia, aspectos de gran importancia epidemiológica.

Se reconoce que el comportamiento de picadura de los mosquitos está gobernado por un ritmo circadiano endógeno, que en la mayoría de los casos se sabe que tiene que ver con la intensidad de la luz y factores de tipo ambiental como la humedad relativa y la temperatura. Según Elliott (1972) el ritmo circadiano endógeno, modificado por factores externos conduce a la mayoría de las hembras en estado apropiado de su ciclo gonotrófico a la búsqueda de sangre a aproximadamente el mismo tiempo, lo cual se expresa en una periodicidad de esta actividad, con distribución casi normal generalmente en uno o dos picos cada 24 horas. Esta periodicidad puede ser obtenida mediante estudios longitudinales continuos específicos, con el fin de obtener una tendencia en relación a variaciones producidas por factores externos al ritmo básico de cada especie. A lo anterior debe reconocerse también un fuerte componente genético, que será en última instancia el que gobierna tales comportamientos y uno podría pensar que el grado de preferencia así como también las horas de mayor actividad sean altamente específicos, sin embargo como veremos mas adelante este concepto puede ser bastante discutible.

En Colombia se reconocen tres vectores primarios de malaria: *A. darlingi*, *albimanus* y *nuneztovari*. Considerando su importancia comentaré básicamente aspectos concernientes con estas tres especies con énfasis especial sobre la primera.

Anopheles nuneztovari

Sus poblaciones presentan diferentes patrones en su actividad de picadura. Si bien es cierto que para Colombia, Venezuela, Suriname y Brazil presenta una actividad unimodal, hay variaciones entre poblaciones de algunos países. Entre Venezuela y Suriname se ha observado una fuerte diferencia, mientras que en Venezuela se observa una baja actividad hematofaga (~ 20%) antes de las 10:00 PM, en Surinam hasta esa hora ocurre el 95% de las picaduras (Vorhan, Com. personal). En Colombia y Venezuela su mayor actividad de picadura, se presenta fundamentalmente después de las 20:00 horas (20:00-23:00) ocurriendo variaciones según la densidad poblacional y el peridomicilio, mientras que para Brazil, Ecuador y Suriname es preferencialmente zoófila crepuscular y exófaga (Elliott, 1972; Tadei & Correia, 1982) y al igual que en Suriname, Ecuador, Perú y Bolivia no es un buen vector.

En Colombia y posiblemente el oeste de Venezuela las poblaciones de *A. nuneztovari* de las diferentes localidades parecen seguir el comportamiento observado por Elliott (1972) y es un vector primario de malaria.

Con base en evidencias epidemiológicas y en los patrones de comportamiento de esta especie, se cree que está constituida por lo menos por dos especies crípticas. Los estudios citológicos de Kitzmiller et al. (1973) han mostrado la existencia de dos especies hermanas, una en el este de Venezuela y Norte de Colombia y otra en Brazil. Los trabajos de Conn (1990) y Conn et al. (1993) han llevado al reconocimiento de tres citotipos (A= Amazónica, B= Este de Venezuela y Sureste de los Andes y C= Colombia y Oeste de Venezuela). Análisis con DNA mitocondrial han indicado que los citotipos B y C están mas estrechamente relacionados que con A (Conn, En : Hribar, 1994)

Anopheles albimanus

En todos los países con presencia de esta especie generalmente presenta mayor actividad peri que intradomiciliar. Suele presentarse también que en el peridomicilio se mantenga una mayor amplitud temporal de la actividad de picadura.

No es considerada una especie con buen porcentaje de antropofilia, sin embargo uno de los elementos que puede explicar su importancia como vector de malaria, es su correlación entre su pico de actividad, con las prácticas culturales humanas.

Frederichson (1993) revisó diversos aspectos de la biología de esta especie. Para la mayor parte de los países especialmente Centro Americanos se conoce una mayor actividad de picadura en las primeras horas de la noche (18:00-21:00) seguida por una reducción gradual hasta las 04:00 ó 05:00 de la mañana cuando se puede llegar a presentar un segundo pico. Para Colombia Elliott (1968) reportó actividad máxima en las cuatro horas antes de la media noche, lo cual parece ser igual para Venezuela (Zimmerman, 1992). Las observaciones de Elliott conducen al entendimiento de una variación con respecto a los tiempos de mayor actividad cuando las densidades de la población del mosquito cambian. En Turbo (Antioquía) durante meses de alta densidad, el pico de mayor actividad se presenta cerca de la media noche (23-24), mientras que en épocas de baja densidad se observo un comportamiento bimodal, con desplazamiento del pico primero hacia horas mas tempranas y el segundo pico hacia las 04:00 - 05:00 de la mañana; este comportamiento también ha sido observado en otros países como Guatemala (PAHO, 1996).

Parece que adicionalmente se pueden presentar variaciones regionales que correlacionan fundamentalmente con factores ambientales. Solarte et. al (1996) en la desembocadura del río Naya (Costa pacífica) corroboraron un alto grado de actividad hematofaga en el peridomicilio (81%) con un pico de actividad entre las 22 y 23 horas, coincidiendo con una alta tasa de picadura (36.3 y 67.7 mosquitos/hora/hombre en el intra y peridomicilio respectivamente); estos datos coinciden con los observados por Olah y Montoya (1985) en un área próxima a la anterior (Ladrilleros), si embargo para otras áreas de la misma costa Pacífica colombiana Quiñonez et al. (1987) no encontraron diferencias apreciables entre las 18:00-24:00 horas; cuando Solarte et al. (1996) hicieron observaciones en otra región con baja tasa de picadura no se observó el fenómeno de actividad bimodal descrito por Elliott (1968) para Turbo pero si se presentó un desplazamiento del pico de actividad hacia las primeras horas de la noche (20-21). Variaciones regionales pueden ser presentadas también con los cambios ambientales, por ejemplo época seca con respecto a época húmeda (Muihead-Thomson & Mercier, 1952; Elliott, 1968; Rachou et al., 1973).

Las variaciones descritas anteriormente no resultan tan marcadas como si ocurre en *A. nuneztovari* y *A. darlingi* y hasta el momento no se ha podido demostrar que los cambios obedezcan a alguna característica genética polimórfica o a la existencia de especies crípticas, sino que parecen ser el resultado de una fuerte influencia ambiental sobre la fisiología de este mosquito.

Anopheles darlingi

Es reconocida como la especie de *Anopheles* más antropofílica y endofágica de las Américas, y es una de las más importantes como vector de malaria en esta región. Su comportamiento de picadura y de reposo posthematofágico a mostrado gran variabilidad en su área de distribución. Rosas-Freitas et al. (1992) y Zimmerman (1992) han resumido las variaciones en la actividad de picadura observadas en esta especie en las Américas. Según la región se presentan uno, dos y hasta tres picos de actividad de picadura, así como también variación en la extensión o intervalo de tiempo. Hudson (1984) y Rozendaal (1990) en Suriname encontraron un comportamiento de picadura unimodal entre las 21:00-23:00 y entre 22:30 - 23:30 respectivamente y en Honduras Rivera y Nelson (1990) lo observaron entre las 18:00-23:00; pero este pico también ha sido observado hasta la media noche en Brasil (Charlwood & Hayes, 1978; Lourenço de Oliveira et al., 1989) y en Colombia Elliott (1972). Por otro lado se han observado regularmente picos de actividad bimodal uno en el crepúsculo y otro al amanecer, pero nunca a la media noche, en el Brasil meridional (Foratini, 1987; Tadei et al., 1988; Klein y Lima, 1990), en Mato Grosso (Charlwood & Wilkes, 1979) y a lo largo del río Ituxi, Amazonas-Brazil (Roberts et al., 1987). Contrastando con estos picos, Pajot et al. (1977), en Guyana Francesa,

han encontrado un comportamiento trimodal, con picos de actividad en el crepúsculo, la media noche, y el amanecer.

En Colombia, los trabajos de Elliott (1968) fueron realizados solamente en una región (Pto. Berrío, Antioquía) Observaciones posteriores en otras regiones de Los departamentos de Bolívar y Meta (en preparación) han mostrado los siguientes resultados:

Si bien es cierto que el comportamiento de picadura observado en estos dos departamentos, se puede ajustar a un tipo unimodal, el patrón observado en las dos localidades del departamento de Bolívar es notablemente diferente al de los dos municipios del departamento del Meta. En el primero (Bolívar) la mayor actividad de picadura se observó desde el atardecer hasta cerca de la media noche; aproximadamente el 80% de las capturas fueron realizadas entre las 18:00 y las 24:00 horas; durante este periodo se observaron dos tendencias de mayor actividad, con tasas de picadura altas (33.5 y 23.7 m/h/h), en el peridomicilio, uno entre las 18:00 y las 19:00 horas y otro entre las 21:00 y las 22:00; estos sin embargo, podrían ser considerados formando parte de la extensión temporal del gran pico observado entre las 18:00 y las 24:00 horas, pero mostrando claramente la presencia de una gran actividad crepuscular.

Contrario a lo observado en el departamento de Bolívar, en el Meta no se diferencio una actividad crepuscular. En el peri e intradomicilio del municipio de Puerto Lleras, se observó un solo pico entre las 22:00 y las 23:00 horas, pero con tasas de picadura menores a las obtenidas en Bolívar (11.8 m/h/h) ; solamente en el intradomicilio se alcanzó a detectar un segundo pico, pero menor, entre las 02:00 y las 03:00 horas; sin embargo al promediar los datos solo es observable un solo pico, con amplitud desde las 21:00 horas hasta la media noche, momento en el cual únicamente han ocurrido aproximadamente un 60% de las picaduras. En el municipio de San Juan de Arama las tasas de picadura fueron similares a las observadas en Puerto Lleras; en el peridomicilio fue evidente un pico mayor entre las 21:00 y las 22:00 horas y otro menor entre las 02:00 y las 03:00 horas, pero al considerar el promedio con las capturas en el intradomicilio se podría hablar de un solo pico con extensión desde las 20:00 hasta las 24:00 horas; al igual que en Puerto Lleras únicamente cerca del 60% de la actividad hematofaga es realizada en la primera mitad de la noche y de este únicamente el 9.4 % es activa en las primeras dos horas.

Según Elliott (1968) en El Pescado (Antioquía, Colombia) durante los meses de alta tasa de picadura (68 m/h/noche = 5.7m/h/h) el pico de mayor actividad se presentó entre las 22:00 y las 01:00 horas, pero cuando la densidad es moderada (25 m/h/noche = 2.1m/h/h) en el peridomicilio el pico se

observo entre las 20:00 y las 21:00 horas, mientras que en el intradomicilio ocurrió entre las 21:00 y las 23:00 horas y se presenta otro entre las 02:00 y las 03:00 horas. Estos resultados coinciden fundamentalmente con los observados en los dos municipios del departamento del Meta, e igualmente son similares a los encontrados en Suriname por Hudson (1984) y Rozendaal (1989) y en Brazil por Charwood & Hayes, 1978 y Lourenço de Oliveira et al., 1989. Por el contrario las poblaciones de Bolívar se comportan en forma similar a los datos observados por Rivera & Nelson (1990) en Honduras. En ninguna de las dos regiones se observo una tendencia de comportamiento similar al descrito por Forattini (1987) para poblaciones de jacaré-Pepira (Estado de Sao Paulo- Brasil).

Considerando que los muestreos en el departamento de Bolívar coincidieron con una época de alta densidad, es probable que el patrón de picadura solo sea comparable para épocas con densidad parecida, sin embargo, también es posible que cuatro fechas de muestreo no hayan sido suficientes para mostrar las tendencias de los picos de actividad; debido a que los factores externos (luz de la luna, humedad relativa, temperatura, entre otros) pueden afectar el ritmo circadiano endogeno básico, motivo por el cual Elliott (1972) recomienda estudios longitudinales continuos. Es posible que factores tales como temperatura y humedad relativa sean mas o menos constantes en las diferentes épocas del año de estas regiones, pero uno de los factores que mas podrían tener un papel importante en los cambios seria la luz de la luna, sin embargo en estudios realizados también en Colombia por Elliott (1967-1968) *A. darlingi* no presento variación en su comportamiento de picadura en las fases de luna nueva y creciente. Los muestreos posteriores realizados durante 10 meses de 1989, hasta la media noche, también en dos localidades (Puerto Betania y Sol & Sombra) del municipio de Achí (Bolívar) mostraron igualmente la tendencia a una alta actividad de picadura desde las primeras horas de la noche aunque con una tasa de picadura promedio menor. Esto refuerza las observaciones realizadas en las cuatro fechas y se puede pensar en que los datos obtenidos pueden estar expresando la tendencia general, sobre todo considerándolo para un momento de alta densidad.

Según Deane (1988) la variabilidad en la actividad de picadura de esta especie, puede ser debida a variación poblacional a través de su amplio rango de distribución; sin embargo Klein & Lima (1990) y Hudson (1984) sugieren que mas bien esto es el reflejo de la existencia de un complejo de especies hermanas (isomorficas). Rosas-Freitas et al. (1992) estudiaron tres poblaciones del Brasil, mediante pruebas de hidrocarburos cuticulares, isoenzimas y patrones de los picos de actividad de picadura y corroboraron las diferencias en los picos de la actividad de picadura entre poblaciones, sin embargo estas diferencias no se correspondió con el hallazgo de especies hermanas.

Los resultados obtenidos en estas dos regiones (Provincias) de Colombia, reafirman la gran variabilidad del comportamiento de picadura de *A. darlingi*, posiblemente explicada por el marcado polimorfismo cromosómico que se ha observado en poblaciones de esta especie (Kreutzer et al., 1972 y Tadei et al., 1982) y a lo cual se le atribuye su amplia distribución, ubicuidad ecológica y buena capacidad vectorial bajo un amplio rango de condiciones. Los trabajos más recientes de Rosas-Freitas et al. (1992, 1995) niegan parcialmente esta posibilidad y plantean que esta diferencia parece ser un carácter polimórfico el cual puede ser influenciado por factores medioambientales extrínsecos y por lo tanto no podría ser de uso taxonómico.

El análisis de los datos anteriores sugieren la posibilidad de que en Colombia existan variaciones interpoblacionales, aspecto que deberá ser estudiado seriamente con un enfoque metodológico que permita definir con claridad este fenómeno. Considerando solamente el comportamiento de picadura y las características de las dos provincias biogeográficas en las cuales se hicieron los muestreos, se puede pensar en que la existencia de un aislamiento prolongado entre las dos poblaciones de estas halla producido cambios en su comportamiento; según Hernández et al. (1992) los elementos biológicos del Choco-Magdalena (distrito de Nechí) tienen afinidad clara con los del sector de Choco, alto Sinú y alto San Jorge; es una zona de intercambio de elementos del alto Valle del Magdalena y Cisandinas, el cual posiblemente fue muy intenso durante el Mioceno, cuando todavía el alto Valle del Magdalena se encontraba conectado con la Amazonía, condición que se mantuvo hasta hace más o menos dos millones de años cuando con el levantamiento final de la cordillera se inició la separación completa del alto Magdalena y la planicie de la Amazonía, desista sin embargo el comportamiento observado por Elliott (1968) en El Pescado, pues esta área aunque está situada más al sur ($6^{\circ} 29' N$, $74^{\circ} 24' W$) de Achí, corresponde igualmente a la misma provincia y distrito biogeográfico a la cual se circunscribe el área de este municipio.

BIBLIOGRAFIA

- Charlwood, J. D. & J. Hayes. 1978. Variações geográficas no ciclo de picada do *Anopheles darlingi* Root no Brasil. *Acta Amazónica*, 8: 601-603.
- Charlwood, J. D. & T. J. Wilkes. 1979. Studies on the age-composition of samples of *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) in Brazil. *Bull. Ent. Res.* 69: 337-342.
- Conn, J. 1990. A genetic study of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* from western Venezuela. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6: 400-405.
- Conn, J. Y. Rangel & J. A. Seawright. 1993. A new cytotype of *Anopheles nuneztovari* from western Venezuela and Colombia. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 9: 294-301.
- Elliott, R. 1968. Studies on man-vector contact in some malarious areas in Colombia. *Bull. World. Hlth. Org.* 38: 239-253.
- Elliott, R. 1972. The influence of vector behavior on malaria transmission. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 21: 755-763.
- Fleming, G. 1986. *Biología y ecología de los vectores de la malaria*. O.P.S. Washington.
- Foratini, O. P. 1987. Comportamento exofílico de *A. darlingi* Root, en região meridional do Brasil. *Rev. Saude Públ.*, S. Paulo, 21: 291-304.
- Frederickson E. C. 1993. *Bionomics and control of Anopheles albimanus*. PAHO. Technical paper No. 34.
- Hernández, J., T. Walschburger, R. Ortiz & A. Hurtado. 1992. Origen y distribución de la biota Suramericana y Colombiana. *Acta Zoologica Mexicana*. Volumen especial: 55-104.
- Hudson, J. E. 1984. *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) in the Suriname rain forest. *Bull. Ent. Res.*, 74: 129-142.
- Hribar, L. J. 1994. Geographic variation of male genitalia of *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae). *Mosq. Syst.* 26(3): 132-144.
- Kitzmilller, J. B., R. D. Kreuzer & E. Tallaferro. 1973. Chromosomal differences in populations of *Anopheles nuneztovari*. *Bull. W. H. O.* 48: 435-455.

- Klein, T. A. & J. B. P. Lima. 1990. Seasonal distribution and biting patterns of *Anopheles* mosquitoes in Costa Marques, Rondonia, Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6: 700-707.
- Kreutzer, R. D. , J. B. Kitzmiller & E. Ferreira. 1972. Inversion polymorphism in the salivary gland chromosomes of *Anopheles darlingi* Root. *Mosq. News* 32: 555-565.
- Lourenço -de- Oliveira, R. , A. E. Guimaraes, M. Arle, M. G. Castro, M. A. Motto & L. M. Deane. 1989. Anopheline species, some of their habits and relation to malaria in endemic areas of Rondonia State, Amazon region of Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 84: 501-514.
- Muirhead- Thomson, R. & E. Mercier. 1952. Factors in malaria transmission by *Anopheles albimanus* in Jamaica. Part I. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 46: 103-106.
- Olah, C. & J. Montoya. 195. Variación estacional en la actividad de picadura al hombre por anofelinos en Juanchaco y Ladrilleros, Buenaventura. Tesis de grado en Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- P. A. H. O. 1996. Biology and Ecology of *Anopheles albimanus* Wiedemann in Central America. Technical paper No. 43
- Pajot, F. X., F. Lepont, J. F. Molez & N. Degallier. 1977. Agressivite de *Anopheles* (*Nyssorhynchus*) *darlingi* Root, 1926 (Diptera: Culicidae) en Guyane Francaise. *Cah. O.R.S.T.O.M. Ser. Ent. Med. et Parasitol.* 15: 15-22.
- Quiñonez , M. L., M. F. Suarez & G. A. Flemming. 1987. Distribución y bionomia de los anofelinos de la costa pacifica de Colombia. *Colombia Medica.* 18: 19-24.
- Rachou, R.L. Schinazi & L. M. Moura. 1973. An intensive epidemiological study of the causes for the failure of residual DDT spraying to interrupt the transmission of malaria in Atalaya and Falla, two villages of the coastal plain of El Salvador . *Rev. Brasil. Malariol. Doencas Trop.* 25: 1-293.
- Roberts, D. R., W. D. Alecrim, A. M. Tavares & M. G. Radke. 1987. The house-frequenting, host seeking and resting behavior of *Anopheles darlingi* in Southeastern Amazonas, Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 3: 4333-441.
- Rosas-Freitas, M. G; J. Conn; S. E. Mitchell; A. F. Cockburn; J. A. Seawright & H. Momen. 1995. Mitochondrial DNA and Morphological analyses of *Anopheles darlingi* populations from Brazil (Diptera: Culicidae). *Mosq. Sys.t* 27(2) 78-99.
- Rosas-Freitas, M. G; G. Broomfield; A. Priestman; P. Milligan; H. Momen & D. H. Molyneux. 1992. Cuticular Hydrocarbons, Isoenzymes and behavior of three populations of *Anopheles darlingi* from Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*: 8(4) 357-366
- Rozendal, J. A. 1990. Epidemiology and control of malaria in Surinam, with special references to *Anopheles darlingi*. ICG Printing b.v. Dordrecht, 171p.
- Rubio-Palis, Y. 1992. Influence of moonlight on light trap catches of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* in Venezuela. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 8 (2): 178-180

- Solarte, Y., C. Hurtado, R. González & B. Alexander. 1996. Man-biting activity of *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* and *An. (Kerteszia) neivai* (Diptera: Culicidae) in the pacific lowlands of Colombia. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 91(2): 141-146.
- Tadei, W. P.; J. M. Correia. 1982. Biología de anophelinos amazónicos. IV. Observaciones sobre la actividad de picadura de *Anopheles nuneztovari*. *Acta amazon.* 12(1): 71-74.
- Tadei, W. P., J. M. M. Santos, W. L. S. Costa & V. M. Scarpassa. 1988. Biología de anofelinos amazónicos. XII. Ocorrença de especies de *Anopheles*, dinámica de transmissão e controle de malaria na zona urbana de Arequimes (Rondonia). *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo.* 30: 221-251.
- Zimmermann, R. H. 1992. Ecology of malaria vectors in the Americas and future direction. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 87: 371-383
- Zimmerman, R. H. & Y. Ranjel. 1990. Memoria del Simposio Latinoamericano sobre biología y control de vectores de enfermedades tropicales. *Bol. Dir. Malariol. y San. Amb., Supl. I:* 1-97.

IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA EN LA TRANSMISION DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR MOSQUITOS

Marco F. Suárez

Instituto de Inmunología, Universidad del Valle, Cali

No hay tema más adecuado para iniciar una conversación que el del tiempo y sus caprichos. Es un tema neutral, sin lucubraciones políticas ni sociales al que siempre se puede recurrir. No hay persona que no se sienta preocupada a causa de un verano exageradamente seco o demasiado lluvioso, o por un invierno con rigurosas heladas, lluvias torrenciales y granizo. El paso de las estaciones imparte un ritmo de vida sobre la tierra. Por encima de muchas cosas en el mundo, el clima se columpia como un péndulo entre el verano y el invierno. Aún en los trópicos, donde el tiempo es caluroso la mayor parte del año, las estaciones lluviosas, alternan con las estaciones secas y así se generan patrones distintos de vientos. La raza humana ha aprendido a adaptarse a los cambios estacionales. Año tras año, la gente siembra, cultiva, cosecha, cría el ganado, prepara las redes para la pesca, y planea las expediciones de caza, de acuerdo a unas bien definidas fechas en el calendario. Siglos de tradición han influido en la forma de la esquematización de estos eventos y actividades, tales como la construcciones de proyectos, las campañas militares, las vacaciones escolares, la temporada de descuentos en las tarifas de hoteles y aún las ventas de sombrillas y ropa.

En cada temporada testificamos fenómenos paradójicos. Mientras por estos días un sector del planeta muere de sed (el norte de México y el sur de los Estados Unidos) donde no ha llovido en los últimos 4 años, vemos pasmados las inundaciones en otras partes del planeta como por ejemplo la recientemente ocurrida en los alrededores de Bogotá. Algo está ocurriendo con el clima del planeta y las consecuencias que estos caprichos meteorológicos traen ya las estamos viviendo. Se ha demostrado que la temperatura media de la tierra ha ido en ascenso desde prácticamente el último tercio del siglo pasado, hasta 1940. A partir de entonces, y hasta 1970, se ha apreciado un cambio, al advertirse un enfriamiento. Ya a partir de 1970, la subida de la temperatura media, no sólo se ha mantenido constante hasta nuestros días, sino que se ha agudizado, hasta el punto de que los años finales de la década de 1980, han resultado los más cálidos de los conocidos en -al menos- el presente siglo. Este calentamiento general ha logrado, como consecuencia directa y lógica, un aumento del nivel medio del mar que se estima en unos 15 cm a lo largo de los últimos 100 años. Las causas que se apuntan para justificar esta evidencia, varían desde la existencia de ciclos naturales poco conocidos, hasta consecuencias directamente relacionadas con actuaciones de índole humana. Entre estas últimas, se citan el aumento en la atmósfera del contenido de dióxido de carbono, del óxido nítrico, del metano, de los halocarburos (que son los gases relacionados con la disminución de la capa de ozono). En conjunto, todos ellos, producen en la atmósfera un efecto conocido como "invernadero"

que favorece el calentamiento general de la tierra. Este “efecto invernadero” se logra porque ante la presencia de trazas de estos gases, en especial del dióxido de carbono, la radiación infrarroja que emite el suelo caldeado bajo la acción de los rayos solares, queda retenida en las capas bajas de la atmósfera, y no puede regresar al espacio. El contenido de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado desde un nivel de 280 partes por millón en el año 1765 -prácticamente en los inicios de la revolución industrial- hasta 355 partes por millón en la actualidad. El del metano lo ha hecho, en los últimos años, en más de 1% anual (su eficacia, en cuanto a favorecer el efecto invernadero, multiplica por veinte la del dióxido de carbono), pasando de 800 a 1.700 partes por millón. La del óxido nitroso, de 285 a 310 partes por mil millones. Y la de los halocarburos, desde casi cero hasta una parte por mil millones. Este aumento generalizado debería haber producido una subida en la temperatura media planetaria, en los últimos cien años, de 0,8 a 2,6°C que no se ha observado. Entre otros motivos, porque es preciso contar con el efecto de “inercia térmica” de los océanos, que de un lado retrasan, y de otro, reducen esta amplitud, hasta situarla en el registrado margen de 0.5 a 1,3°C. (Epstein, 1995).

Que el planeta se calienta, en líneas generales, resulta notorio. Que los gases citados apoyan este calentamiento, se advierte lógico. Parece, con todo, que no podremos evitar que la temperatura de la tierra siga aumentando (y con ella el nivel del mar). Asumiendo que la actual tendencia del efecto invernadero, continuará, puede asegurarse un desequilibrio en los ecosistemas biológicos y físicos, y la rapidez con que ocurren los cambios hace menos probable que los humanos y otras comunidades puedan ser capaces de adaptarse sin consecuencias serias. De todos modos, las predicciones actuales sobre la distribución geográfica de los cambios climáticos, también están basadas en proyecciones científicas incompletas con una cuota de especulación.

Con relación a las enfermedades, también la influencia del clima y del ambiente ha sido objeto de debates, especulaciones y serios estudios por siglos. Jacob Henle en 1840 planteó en su tratado *On Miasmata and contagia* “...que el calor y la humedad favorecen la producción y propagación de los infusoria y los mohos, también como los miasmata y contagia, por lo tanto los miasmata -enfermedades contagiosas endémicas en tierras cálidas y húmedas y epidémicos en los meses de verano húmedo.” (Citado en Shope, 1991). El concluyó que el cólera y la fiebre amarilla, están entre las enfermedades miasmáticas - contagiosas y en verdad estas dos enfermedades pueden tener resurgencia como materialización del calentamiento general de la tierra. La conexión entre los fenómenos físico ambientales con los fenómenos biológicos ya es un quehacer de los investigadores médicos. El propósito de esta presentación es obligar algunas reflexiones para llamar la atención sobre la importancia y las implicaciones del calentamiento de la tierra en la transmisión de las enfermedades transmitidas por mosquitos como la malaria y el dengue.

A manera de discusión sobre los cambios climáticos y sus posibles efectos sobre las enfermedades transmitidas por vectores es necesario entrar al terreno en términos hipotéticos. No hay forma de

saber con certeza que efectos, si los hay, puede tener un aumento en la temperatura y los cambios en los patrones de lluvia. Es factible, sin embargo, revisar la literatura y focalizar, donde las temperaturas cálidas y un aumento o descenso en la lluvia, favorecen la transmisión de ciertas infecciones patógenas. Entonces la epidemiología puede escudriñar, para encontrar donde la temperatura y la lluvia son críticas para el éxito del agente. Si consideramos cada enfermedad transmisible como un relación compleja y cada componente como un factor, tendremos enfermedades, como la malaria, donde además de los factores del parásito y del hombre, hay envuelto un tercer factor, el mosquito vector.

El impacto potencial de los cambios climáticos sobre los patrones de las enfermedades transmisibles lo resume Cook (1992) en los siguientes puntos:

(i) modificaciones en la ecología del vector (usualmente artrópodos) referido principalmente a las infecciones prevalentes en las regiones tropicales y subtropicales, (ii) intensificación de los factores de riesgo humano, incluyendo la reducida disponibilidad y calidad del agua potable, deficientes facilidades higiénicas y sanitarias, (iii) un incremento en basuras y enfermedades directamente relacionadas con las consecuencias socioeconómicas de cambios de comportamiento humano.

Los cambios en la distribución de las enfermedades parasitarias son dependientes de la sobrevivencia del parásito y fundamentalmente de la distribución geográfica del vector. Los insectos vectores de muchas enfermedades (junto con los patógenos que transmiten) son sensibles a la temperatura. El periodo de incubación extrínseca de las cuatro especies de *Plasmodium* que afectan a los humanos, varía inversamente con la temperatura ambiental. Las enfermedades transmitidas por insectos son inusuales o raras en climas fríos.

La ocurrencia de enfermedades transmitidas por vectores esta determinada por:

1. La abundancia del vector, los reservorios y los huéspedes intermediarios.
2. La prevalencia de la enfermedad causada por el parásito (u otros patógenos, incluidos los virus) apropiadamente adaptado a estos vectores, a los huéspedes humanos (o animales) y a las condiciones locales ambientales (especialmente la temperatura y la humedad),
3. La capacidad de reacción y el comportamiento de los humanos, el cual es dinámico y en equilibrio con el vector, el parásito y el patógeno.

Los vectores requieren un complicado ecosistema para su sobrevivencia y su reproducción, descrito como factores determinantes abióticos y bióticos. Entre los primeros se destacan la temperatura, la precipitación pluvial, la humedad relativa, los vientos, la radiación solar, la topografía y la presencia de cuerpos de agua como charcos, ríos, lagos. Los factores bióticos enmarcan la vegetación, los huéspedes, mamíferos, aves, reptiles, los depredadores naturales, los parásitos y patógenos del vector. Un incremento, por ejemplo, de la temperatura y la precipitación puede aumentar los hábitats

favorables a los vectores de malaria (WHO, 1990), alternativamente, un aumento en la temperatura acoplado con una reducción en la lluvia, puede favorecer nuevos hábitats de las especies de *Lutzomyia* -vectores de leishmaniasis. En contraste, la disminución en la humedad ambiental puede fomentar la transmisión de filariasis. La transmisión, en un dado momento estacional, puede, debido a los efectos sobre la reproducción y longevidad del vector, comenzar a ser perenne y viceversa. Además, pueden ocurrir cambios en la capacidad vectorial, en la tasa de desarrollo del parásito/patógeno dentro del vector, el cual, es dependiente de la temperatura. Los lugares con altitudes altas podrán ser nuevos ecosistemas que podrían ser ocupados por los vectores de parásitos (malaria) y virus (dengue). En el caso del vector del dengue, en Colombia ya se le encontró establecido a altitudes de 2.200 m snm en Málaga (Santander), (Suarez & Nelson, 1982). De la misma manera, la amplitud latitudinal podría ampliarse y así incorporarse en nuevos ecosistemas a los procesos de transmisión de estas enfermedades haciéndolos más favorables a los vectores.

Aproximadamente 40 especies de mosquitos del género *Anopheles* pueden actuar como vectores del parásito de la malaria que afecta a los humanos (White, 1982); la distribución de cada una, está restringida por factores ambientales y muchos tienen una distribución más grande que la enfermedad. El clima (especialmente la temperatura ambiental) influyen directamente el desarrollo de los mosquitos, el ciclo gonotrófico (la tasa y éxito de la maduración son determinados por la temperatura ambiental), la longevidad y la duración del desarrollo extrínseco del *Plasmodium* sp, además, son afectados por otros factores ambientales, como vegetación, y lugares donde se cría el mosquito. En las áreas endémicas de malaria, la inmunidad adquirida por el huésped se pierde parcialmente durante la época de no transmisión, dando lugar a aumentos dramáticos de casos durante el resto del año (WHO, 1990). Claramente la temperatura y la humedad se correlacionan con brotes de malaria y están relacionados con la longevidad de los insectos, el tiempo de generación y el periodo de incubación del parásito.

Aunque el calentamiento general de la tierra puede extender las áreas pobladas por los mosquitos vectores, sin embargo, los factores socioeconómicos resultantes, son probablemente más importantes como los determinantes para la dispersión de estas enfermedades. Es contrastante la situación que se observa en la frontera de Estados Unidos y México ante la presencia del vector del dengue. Mientras en el sector mexicano persisten los casos de dengue, en el borde norteamericano, el aire acondicionado entre otros, se ha encargado de mantener esta enfermedad a raya.

El creciente entendimiento de los sistemas climáticos permite mayores y mejores inferencias relacionadas con los patrones climáticos y las enfermedades transmitidas por vectores. Los vectores responden al calentamiento y la distribución de las enfermedades. Están afectadas a largo plazo por las tendencias climáticas, por la variabilidad y los eventos extremos como las sequías y las inundaciones que generan nuevos criaderos.

Para nadie es un secreto la resurgencia y redistribución a tasas aceleradas de enfermedades que se creían controladas. Algunas, (la malaria y el dengue) son transmitidas por vectores y los factores climáticos juegan un papel directo. La resurgencia general de enfermedades infecciosas en muchas especies puede ser entre otros la primera señal de cambios generales. Un grupo de estudio concluyó en 1995 (Epstein, 1995) que el fenómeno del Niño influyó en la amplia distribución de los brotes de malaria en el mundo, destacando los brotes de malaria en Ecuador, Perú y Bolivia ocurridos después de la época lluviosa y las consecuentes inundaciones en 1983 en Pakistán y Costa Rica. Igualmente asociaron al fenómeno del Niño los brotes de dengue en Costa Rica durante 1993 y 1994 y los brotes de malaria, dengue y plaga en India en 1994 que a la vez fueron coincidentes con los vientos Monzones.

Queda claro que el calentamiento general afecta toda lo cotidiano de la humanidad, aunque aquí, hemos querido destacar los aspectos relacionados con las enfermedades transmitidas por mosquitos. La conclusión de esta historia es bastante desoladora, sobre todo por la influyente acción de la humanidad en los fenómenos climáticos. Con el calentamiento de la tierra por el exceso de gas carbónico, la tala de arboles que impide la renovación del oxígeno, y el abuso generalizado de los recursos naturales que hay que proteger de manera imperativa (las consecuencias son evidentes), lo único cierto es que pocas son las esperanzas. Un antiguo subdirector del HIM AT (Dr. Nelson Arango) se atrevió a futurizar en 1993. "Es posible que con todos estos cambios, en 100 años Bogotá tenga una temperatura de 20 grados, y en vez de cultivarse papa se siembre café. Y que a nuestros nietos les toque no sólo acostumbrarse a vivir en edificios acondicionados para aguantar la violencia climática, sino que acepten trabajar de noche para protegerse de los rayos ultravioleta. Mejor dicho, en éste momento, estamos a merced de lo que pueda pasar" (Vengoechea, 1993).

Con relación al aspecto de la salud, esta recomendado que debe reforzarse la vigilancia de la salud, integrada con el ambiente y el seguimiento climático (Epstein, 1995).

REFERENCIAS

- Cook G.C., 1992. Effect of global warming on the distribution of parasitic and other infectious diseases: a review. *Journal of the Royal Society of Medicine* 85:688-691.
- Epstein P.R. 1995. Health Implications of climate variability and change. National Academy of Sciences, Climate Academy of Sciences, National Research Council, 229 pp, Washington D.C.
- Shope R. 1991. Global climate change and infectious diseases. *Environmental health Perspectives* 96: 171-174.
- Suárez MF y Nelson M. 1982. Registro de altitud de *Aedes aegypti* en Colombia. *Biomedica* 1: 225.
- Tickell C. 1993. Global warming: trends and effects. *Parasitology* 106:S5-S9.
- Vengoechea de A. 1993. En busca del clima perdido. *El Tiempo*, 8 de agosto, página 16A.
- White G.B. 1982. Malaria vector ecology and genetics. *British Medical Bulletin* 38:207-212.
- World Health Organization. 1990. *Potencial health effects of climatic change*. Geneva, WHO, 58 pp.

**SIMPOSIO
OLEAGINOSAS
PERENNES**

PRINCIPALES PLAGAS DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq) EN AMERICA TROPICAL SU MANEJO Y CONTROL

A. Reyes* y M. A. Cruz**

*I.A. Director Departamento Agronomía y **Jefe División Sanidad. P.A. Monterrey

INTRODUCCION

Hoy por hoy el cultivo de la palma de aceite se encuentra en América Tropical en una etapa de expansión importante como consecuencia de cada día mayor demanda interna de aceites en cada país resultando de la explosión demográfica que exige la importación de grandes volúmenes para suplir el déficit de grasas, por el incremento de consumo percapita de aceites y grasas vegetales, por el aún atractivo negocio del cultivo a pesar de los altos costos de los insumos y las cada día ascendentes presiones y cargas laborales, con pérdida de eficiencia de la mano de obra y por la seguridad y confianza que se tiene actualmente en la inversión al haberse solucionado en buen parte problemas fitosanitarios que causaron gran incertidumbre entre 1960 y 1972, periodo en que Colombia perdió grandes extensiones.

Sin embargo, el potencial de expansión del cultivo de la palma africana está muy lejos de cumplirse ya que las áreas sembradas son apenas una pequeña porción respecto a las tierras con ecología favorable a las exigencias del cultivo, que se encuentra entre las latitudes de 20° Norte y sur de América.

Con el establecimiento de unidades de grandes extensiones, muchas de ellas a partir de bosques primarios, se ha modificado el ambiente e inducido un desbalance en cada ecosistema. La homogeneidad del cultivo, entonces, induce o predispone la adaptación, evolución y diseminación de poblaciones de insectos y en ocasiones de desarrollo de enfermedades con características epifitóticas.

En el desarrollo de estas conferencias se pretende tratar los aspectos entomológicos más importantes especialmente lo relacionado con importancia económica de la entomofauna, la organización del servicio de Sanidad Vegetal que conviene montar en plantaciones con problemas sanitarios, haciendo énfasis en los sistemas de detección oportuna de poblaciones de insectos, estudio de las plagas de importancia económica, índices críticos y defoliaciones, sistemas de control de plagas y polinizadores.

II. IMPORTANCIA ECONOMICA DE LA ENTOMOFAUNA EN PLANTACIONES DE PALMA DE ACEITE

1. Plagas

Para la palma de aceite, como para otro cualquier cultivo, al estar sujeto al ataque de varias especies insectos que se alimentan del cogollo, hojas, racimos, estipe o raíces es fundamental estructurar un adecuado manejo de las plagas. La lista de insectos que perjudican a *E. guineensis* en América asciende a no menos de 75 especies diferentes, las cuales presentan características biológicas, hábitos, daños y perjuicios económicos variados y complejos (5).

En Colombia se han tenido lamentables experiencias con tres enfermedades asociadas a insectos a más de fuertes defoliaciones: La Marchitez, enfermedad causada por un protozooario flagelado, y registrada en varios países de América, que parece tener varios vectores, entre las cuales ya se probó como tal al género *Lincus* (Hemiptera : Pentatomidae), devastó una plantación de 2.500 hectáreas entre 1963 a 1970; la Pudrición de Cogollo destruyó así mismo otra plantación de 2.300 hectáreas y aunque no se ha encontrado el vector se cree que los tiene y el añublo foliar causado por un complejo de hongos, viene desde 1970 causando daños severos al follaje de varias plantaciones y tiene como inductor y diseminador principal al chinche *Leptopharsa gibbicularina* F. Respecto a defoliadores se han registrado hasta del 95% por varias plagas, con registros de más de 4.000 larvas/hoja de una sola especie.

Ensayos de defoliación inducida, desarrollado por Wood y otros en Malasia encontraron que daños del 50% bajaron la producción en 10.3 ton. de racimos/ha.

En las plantaciones Monterrey y San Alberto se han evaluado mermas de producción del 36 - 40% cuando los daños al follaje por acción de los hongos causantes del Añublo han sido por periodos largos del 60 - 66% y daños entre el 29.2% a 38.5% determinaron disminución de producción del 9.2%.

Así mismo se han hecho evaluaciones del efecto de las defoliaciones por comedores de follaje sobre la producción. Se encontró por ejemplo que una defoliación del 60 - 70% por una sola vez, disminuyó la producción del 11 - 15%. Algunas plagas atacan la palma recién establecida en el campo como en el caso del *Strategus* y su daño puede exigir el replante y aún queda por precisar la importancia que tiene sobre el desarrollo y producción de la palma los daños causados por las plagas de las raíces. Ataques fuertes causan clorosis general y las palmas se vuelcan fácilmente.

No obstante, no todas las especies identificadas son realmente plagas de importancia económica, ya que un buen número se desarrolla dentro de un esquema de control natural y solo causa problemas cuando por factores de orden climático, cultural o por acciones inconsecuentes del hombre se causan desequilibrios en los ecosistemas establecidos (5).

2. Insectos benéficos

La importancia de la entomofauna no debe verse solo desde el punto de vista de las plagas. Debemos considerar también el valor positivo que representan los predadores y parásitos en la regulación de las poblaciones de las plagas en sus diferentes estados. Estos son la base de los esquemas y programas de control integrado y gracias a ellos existe en los medios selváticos naturales el equilibrio biológico. Respecto a predadores en Colombia se viene trabajando con cría y liberación de los hemípteros *Alcaeorrhynchus grandis* y *Podisus* sp. y con *Crisopas* pero, no se ha trabajado en este frente con parásitos. Los programas de control de plagas se orientan básicamente a la protección e incremento de la fauna benéfica.

Otro grupo de insectos importantes como benéficos son los polinizadores. Actualmente estamos en la etapa de la determinación de la importancia que revisten las poblaciones de cada especie, estudiando su biología y hábitos para ajustar programas que permiten incrementar las poblaciones o tomar decisiones de introducción de especies o subespecies más activas. Hasta hace pocos años no se le prestaba importancia a estos insectos porque se consideraba que la polinización era principalmente eólica, lo que no era totalmente cierto y del porcentaje de polinización dependerá el menor o mayor contenido de aceite en los racimos.

ORGANIZACION DEL SERVICIO DE SANIDAD

Como se menciona en los capítulos anteriores los problemas de plagas en palma africana revisten gran importancia no sólo por la diversidad de especies reconocidas y adaptadas, sino por las superpoblaciones que con frecuencia se generan. Para poder detectar o prever oportunamente el incremento de poblaciones y definir el tipo de control más adecuado a desarrollar y poder prevenir daños importantes al cultivo, así como también, para estudiar la dinámica de poblaciones, los hábitos, daños, biología y control natural de los insectos plagas, las plantaciones con problemas deben organizar y estructurar un eficiente y diligente servicio de sanidad. Para tal fin se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Personal, sistemas de revisión de la plantación, registros a llevar con sus respectivos formatos e informes a producir.

a. Personal

- **Director del Servicio:** Debe ser idóneo, con conocimientos básicos de entomología y control de plagas y con espíritu y disciplina de investigador. Bajo su responsabilidad está la sanidad del cultivo. Sus logros dependerán de la capacidad y habilidad para analizar, programar y coordinar las distintas actividades con las demás dependencias del organigrama de cada plantación.

Auxiliares: Son los colaboradores más inmediatos y de confianza con que cuenta el director de sanidad. Tienen como funciones básicas colaborar con la programación y distribución de trabajos, supervisarlos, recibirlos, tabular la información para presentar al director y condesarla en los formatos o papelería de archivo. El auxiliar debe tener buen nivel académico, alta capacidad de recepción de la información, buenas relaciones humanas, don de mando y que le interese el estudio y conocimiento de los insectos. Antes de iniciar el desempeño de sus funciones debe recibir un entrenamiento especial

en tal forma que conozca y se familiarice con los principales problemas sanitarios de la plantación y sobre la organización y modus operandi, en todos sus aspectos, del servicio. De la iniciativa, capacidad de análisis, observación y comunicación dependerá en buena parte su éxito y el del servicio

- **Lectores de Plagas:** Este personal se debe seleccionar muy bien y conviene que tenga por lo menos estudios primarios. se requiere que el lector de plagas sea eficiente y muy honesto. La veracidad en los datos es clave para la toma de decisiones. Al igual que a los auxiliares se le debe entrenar muy bien en el conocimiento de las plagas, sistemas de muestreo y forma de registrar la información de campo.

b. Sistemas de Revisión de Insectos

Para determinar oportunamente los niveles de población de plagas y evaluar algunos porcentajes de parasitismo, se debe establecer una método práctico de muestreo representativo de la situación real. Cualquiera que sea el método adoptado, debe por tanto estar ajustado a las variables en hábitos de las plagas, conformación y tamaño de parcelas, tamaño de la plantación y uso anterior de los suelos entre otros.

La revisión de plagas en palma joven difiere un poco de la palma adulta principalmente por el hábito de los insectos que la atacan y la frecuencia puede ampliarse a un poco menos del doble. La palma de muestreo se revisa en su totalidad incluyendo la superficie de la tierra próxima a la base del estipe, para detectar ataques de *Strategus* o ratas.

Para la palma adulta tanto en la plantación de Monterrey como en Indupalma se han puesto en práctica tres sistemas de revisión (Industrial, suplementario y específico) con algunas variaciones en metodología y principalmente respecto a distribución de las estaciones de muestreo.

b.1. Revisión Industrial

Metodología

Como ya mencionara, en las plantaciones de palma de Centro y sur América pero, quizá en magnitud superior en Colombia y Ecuador, hay un amplio número de plagas de importancia económica y un poco más potenciales, a las cuales una vez establecidas o presentes en una plantación se les debe hacer seguimiento sistemático para detectar a tiempo o prever incremento de poblaciones a niveles críticos y tomar las medidas más adecuadas de control.

La revisión o lectura industrial tiene por objeto determinar en 15 días la presencia y desarrollo de las plagas en toda la plantación. El valor numérico de las lecturas es sólo un índice que nos permite detectar la evolución de altas poblaciones y tomar la decisión de hacer evaluaciones más precisas (Suplementarias).

Para disponer de un muestreo representativo de toda la plantación en solo siete días, se revisan las parcelas en forma alterna (Una si otra no) y en los siete días siguientes las que se dejaron de leer en la ronda anterior.

La lectura industrial se hace generalmente sobre la hoja 25. Por encontrarse esta hoja hacia la zona media de la corona de la palma, permite detectar la presencia de plagas del follaje cualquiera que sea su hábito. En palma alta hay que cortar la hoja. Hasta aquí la metodología de muestreo de Monterrey es similar a la de Indupalma. En Monterrey se muestrea una palma por hectárea y en la hoja a revisar se toman 25 folíolos al azar, 12 de un lado y 13 del otro. El lector anota en formularios previamente diseñados, de los cuales se hará mención posterior, el número de huevos, larvas o adultos de las plagas presentes. Estos datos son procesados en la oficina de sanidad. Primero se hace la sumatoria de los datos de todas las hojas leídas en cada parcela, luego se multiplica por 10 y se divide por el número de palmas para obtener el número de estados de cada plaga/hoja en cada parcela. Esta información debe pasarse a una tarjeta parcelaria para conformar un valioso historial.

En Indupalma se muestrea en control industrial 8 palmas/10 hectáreas (una parcela) = 1 palma/1.25 hectáreas. Se hace conteo por especie de todos los insectos que se encuentran en la hoja 25. Estos datos se acumulan y el manejo de la información se hace en número de insectos por parcela en las ocho hojas (5).

● **Distribución y Marcación de Estaciones de Muestreo**

Se denomina estación de muestreo a cada uno de los sitios donde se tiene marcado un grupo de palmas que corresponde a la densidad de muestreo establecida por hectáreas y en tal forma que permita rotar las palmas a leer en cada ronda para evitar, daños acumulados de importancia y variaciones del micro - ambiente.

En Monterrey para tomar aproximadamente una palma/ha y dado que buena parte de la plantación está conformada por parcelas irregulares, la distribución de estaciones de muestreo se hace cada 15 líneas teniendo en cuenta que a cambio de tomar la línea uno se toma la N° 5. Sobre cada línea a partir del lado norte de la parcela si es que tiene esa orientación se marcan con la letra A las palmas 4 - 12 y 24 si las hay. Estos árboles son el centro de la estación de muestreo. Al árbol que sigue en orden ascendente se le coloca la letra B y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj se marcan las seis palmas más próximas a la "A". Luego en el mismo sentido se marcan con pintura de otro color las siguientes seis más próximas. sobre las siete palmas centrales se hace revisión industrial cambiando de letra secuencialmente cada dos semanas y sobre las seis externas se hacen lecturas suplementarias. con esta distribución un lector revisa 40 - 65 árboles por día desplazándose a pie. El rendimiento depende principalmente de la población presente.

La distribución de estaciones de muestreo en Indupalma se hace por el lado sur de cada parcela sobre ocho líneas, por parcela de 10 hectáreas, distribuida homogéneamente. Sobre cada línea se marcan los árboles N° 2 hasta N° 5. En la primera vuelta se observan los árboles N° 2, en la segunda a los 15 días, los árboles N° 3 y así sucesivamente hasta el árbol N° 5. Para no causar demasiado daño a las palmas de lector, se continua en los mismos árboles de la línea siguiente. Un trabajador revisa transportándose a caballo con este sistema 56 - 60 árboles/día

b2. Revisión especial o suplementaria

Tan pronto el control industrial muestra tendencia de incremento o arroja datos elevados sobre una o varias de las plagas se procede a hacer revisión suplementaria con el fin de precisar las poblaciones y ubicar claramente el área problema.

• Metodología

Dado que se debe disponer de la información la más rápido posible (2 - 3 días), se concentra el personal de lecturas interrumpiendo el control industrial. Se hacen las lecturas sobre las palmas destinadas para esta revisión en cada estación. Generalmente se lee 1/2 hoja longitudinal/ha pero si se trata de una plaga que se distribuye en todos los niveles de hoja o se desconocen sus hábitos o hay presencia de dos a más plagas de diferente hábito, se lee la mitad de dos hojas por palma (N^{os} 17 y 33) y por hectárea. Las lecturas se hacen determinando no sola la población de plagas sino el parasitismo reconocible en campo. Con base en los resultados se decide el plan de control a seguir teniendo en cuenta los niveles críticos de cada plaga y el estado del cultivo.

b3. Revisiones Específicas

Sistemáticamente se hacen observaciones de predadores, evaluaciones de evolución y niveles de parasitismo de las plagas en sus estados de huevo, larva y pupa, básicos para prever o decidir intervenciones; así como también en muchas plantaciones se están haciendo estudios de dinámica de poblaciones de insectos polinizadores y su relación con la conformación de racimos y porcentaje de extracción de aceite en la planta de beneficio. Se incluyen además en estas revisiones los ensayos de dinámica de poblaciones de plagas y evaluación de tratamientos a nivel experimental.

C. Registro

No puede pasarse por alto la importancia que revisten dentro de la organización del servicio de sanidad el diseño de diferentes formatos de registro que facilitan el beneficio de la información.

Los principales formatos a usar son:

- **Revisión o control Industrial:** Este formulario debe contener el rango de hoja a leer, fecha, responsable, línea y árbol programado y columnas para las principales plagas de la plantación subdivididas para especificar si son huevos, larvas, ninfas o adultos. Además debe contener al final una columna para observaciones especialmente relacionadas con parasitismo (se presenta formato).
- **Formato de revisión suplementario:** Similar al de control industrial pero haciendo énfasis en el sistema de revisión y en el rango de hoja a leer.
- **Tarjeta Parcelaria:** Conformar el historial de cada parcela, en ésta se anotan para cada plaga y en columna separada los promedios/hoja/ palma procesados de cada lectura industrial o suplementaria diferenciando si es huevo, larva pequeña, larva grande o adultos para el caso de

Leptopharsa. Lleva además columna de observaciones y tratamientos precisando la fecha, el tipo de tratamiento y los productos aplicados.

- **Cuadro de registro de aparición de generaciones de plagas y previsión explosiones:** En las oficinas de sanidad se debe llevar un cuadro por sectores de la fecha de aparición de cada plaga y con base a su ciclo biológico prever durante el año la resurgencia de futuras generaciones. En otras palabras en cada mes se tienen dos columnas: Una para previsiones y otra para cumplidos.

* **Cuadro de registro de parcelas revisadas en control industrial y suplementario de plagas:** Como se recordará toda parcela debiera leerse quincenalmente pero por una u otra razón puede dejarse de leer algunas parcelas. Con este cuadro se pretende llevar un control para que no se queden zonas sin leer por periodos largos. Este cuadro es anual y las columnas que lo conforman son: Parcelas, Mes con dos subcolumnas correspondientes a la 1a. y 2a. quincena. En cada una se anota la fecha en que se leyó la parcela. En caso contrario se marca, con convención, que no se hizo. En la parte inferior del cuadro se relaciona el número de parcelas no leídas en la quincena, el acumulado mes y el acumulado año.

Programación y ubicación en plano del personal de Lecturas: En un plano de la plantación se pintan, en un color, las parcelas a revisar en la primera ronda (1a. semana) y con otro, las de la segunda, marcando el día en que en principio debe leerse. Sobre este plano y usando alfileres o tachuelas de un determinado color se ubican, con previa convención, las parcelas en donde se encuentran día por día los lectores de control industrial y con otro color en las que haya control suplementario o específico.

d. Informes.

Se ha diseñado un cuadro de informe diario a Gerencia en cada mes donde se reportan las hectareas revisadas en control Industrial y/o suplementario, el porcentaje de la plantación acumulado, las plagas halladas registrando la máxima población superior al nivel crítico y frente a cada plaga con convenciones el nivel presente (- = ausente, + bajo, = = alrededor nivel crítico, = muy alto sobre N.C), ubicando luego la plaga en el sector afectado por encima del nivel crítico. En este cuadro se registran también los tratamientos, haciendo referencia a las plagas tratadas, el hectareaje intervenido con su acumulado mes y año y la efectividad de los tratamientos separando los superiores a 90% de control. Finalmente se registra el hectareaje con bajo control que se trata nuevamente (ver formato modelo).

A más de este informe diario se debe elaborar mensual y anualmente informe de las actividades y resultados obtenidos por el servicio.

PRINCIPALES PLAGAS DE LA PALMA DE ACEITE

1. En cultivos jóvenes

La palma joven desde su establecimiento en vivero es vulnerable al ataque de algunos insectos artrópodos y vertebrados que gustan alimentarse del tejido tierno. Los principales enemigos de la palma joven y que el revisor debe buscar son:

a. Defoliadores

Los ataques de defoliadores en viveros de palma son poco probables, sin embargo, se han registrado. Uno de los más frecuentes es el *Spodoptera* sp (*Lepidoptera* : *Noctuidae*), el cual inicia su ataque en plantas de previvero raspando la epidermis de las hojas hasta dejar solamente las nervaduras. Es de hábito nocturno y las larvas pequeñas durante el día se esconden en las axilas de las hojas; cuando crecen permanecen pocos centímetros por debajo de la superficie del suelo.

Debido el pequeño porte de las palmitas y el tipo de daño causado por el defoliador no se permite soportar poblaciones, siendo el control en caso de presentarse la plaga de naturaleza química. Con uno o dos tratamientos con piretroides asperjado, se han obtenido buenos resultados.

b. Acaros

Por su hábito alimenticio de picador chupador en caso de grandes poblaciones de ácaros en palma, los folíolos se vuelven de color verde pálido, luego se amarillan secándose posteriormente. Entre los ácaros más comunes se encuentran el *Oligonychus bagdasarjani* B., que produce coloraciones bronceadas en el haz de las hojas y el *Tetranychus mexicanus* Mc.Gregor que infesta con mucha frecuencia los viveros de palma produciendo decoloraciones punteadas que posteriormente se tornan en manchas anaranjadas. Los pequeños ácaros rojos de 0.2 a 0.3 m.m. viven en colonias cubiertas por una red de seda que se observa fácilmente. Con las primeras despigmentaciones debe verificarse su presencia y proceder a tratamiento. Ha sido utilizado con buen resultado el azufre asperjado en solución acuosa al 6/1.000 a todo el follaje. En programas simultáneos de control de defoliadores no debe utilizarse los Carbamatos especialmente el Carbaryl, ya que favorece la multiplicación de acaros.

c. Saltamontes y Grillos.

Son frecuentes en palma de vivero los ataques de saltamontes y grillos que por sus hábitos alimenticios tienden a ser muy peligrosos. En previvero los grillos trozan las palmitas por el cuello. En América algunas especies de la familia Gryllotalpidae se alimentan también de la raíz. Con aplicaciones de arseniato de plomo al 0.3 % se han obtenido buenos resultados de control de saltamontes. También se controlan con Carbaryl, toxapheno, etc.

d. Homópteros.

En la mayoría de los viveros de palma es frecuente observar poblaciones de diferentes homópteros que causan manchas punteadas en las hojas que van tornando a color amarillo. En Africa revisten gran importancia dos especies de homópteros: El *Recilla mica* K por ser vector de la enfermedad conocida como Blast; que durante mucho tiempo se consideró asociada con infecciones de los hongos *Pythium* y *Rhizoctonia* y el *Zogatella cubana* L. vector de la pudrición seca del cogollo. Los controles tanto de la enfermedad como de los insectos transmisores se orientan a labores culturales de manejo y control de malezas hospedantes en la áreas próximas al vivero.

e. *Strategus aloeus* L.

Coleópetero de la familia Scarabeidae de gran tamaño 40 - 58 m.m. Larva vermiforme de 90 - 100 m.m. de largo. La hembra deposita los huevos en la madera en descomposición donde eclosionan las larvas a las tres semanas y permanecen allí durante sus tres estados larvales de ocho meses con prepupa y pupa de dos meses para un ciclo total aproximado de once meses. Los daños son causados por los adultos que perforan el suelo acerca de la base de las palmas y alimentándose durante la noche del tejido aún blando de la base de la palma puede llegar hasta el meristemo mediante una galería construida en el estipe de la palma. Durante el día permanece en el fondo de otra galería que construye en el suelo, de 40 hasta 100 centímetros de profundidad, detectable fácilmente por la presencia de pequeños montículos de tierra al pie de las palmas.

El control de *Strategus* es básicamente preventivo: En zonas de reconocida presencia del insecto habrá que sacrificar los beneficios del aporte de materia orgánica de los troncos y madera en general ya que hay necesidad de quemarlos.

Las aplicaciones de insecticida en polvo al suelo en el momento de la siembra han dado buenos resultados. En caso de presentarse infestación se aplica un insecticida residual en solución, dirigido al hueco (350 - 600 c.c. por palma). Como control natural se ha reportado un hongo que con frecuencia ataca las poblaciones larvales. Algunos depredadores de larvas y adultos, especialmente el armadillo en Colombia, han contribuido al control de las poblaciones del insecto.

f. *Megalostilos* sp.

Coleóptero de 0.5 a 1 centímetro de largo que causa daño al follaje también en estado adulto. No se ha estudiado su biología pero al parecer tiene ciclo anual ya que se presenta generalmente en abril y mayo. Los mayores daños los causa cuando ataca palma menor de un año con poblaciones superiores a los 60 adultos/árbol.

g. *Dirphia gragatus* B.

Lepidóptero de la familia Attacidae que ataca generalmente la palma joven en infestaciones muy localizadas. La hembra de color marrón claro presenta una línea oblicua que divide las alas anteriores. Los huevos son colocados en grupos de 60 a 120 de color blanco, duros y oblongos. Las larvas

marrón oscuro de gran tamaño hasta 50 mm. en su último estado están cubiertas de espinas urticantes, poseen hábito gregario y son muy voraces, 2 a 3 folíolos/larva durante el ciclo.

Para la determinación de las poblaciones se cuenta el número de colonias de huevos o larvas por palma ya que por su distribución heterogénea no es representativa la lectura por hoja.

Se ha observado buen Parasitismo sobre larvas especialmente de *Apanteles* sp. así como también el desarrollo de una enfermedad posiblemente de naturaleza viral. La mejor práctica de control en palma joven consiste en recoger y destruir las posturas o estirpar manualmente las colonias de larvas. En caso de explosiones fuertes puede aplicarse *Bacillus thuringiensis*.

h. *Atta cephalotes* L.

Hymenóptera de la familia Formicidae. Hormiga de gran tamaño que transporta gran número de hojas a sus nidos. Los daños son muy característicos por sus cortes en forma de media luna. Su ataque a la Palma se muy localizado pero severo y no existe Indica crítico por tanto debe eliminarse todos los hormigueros próximos el cultivo especialmente en palma joven. Una práctica común de destrucción de hormigueros es aplicar en los orificios de entrada insecticidas.

i. *Graeffea* sp.

Orthoptera de la familia Phasmidae. Poseen un cuerpo hasta de 10 centímetros de longitud y muy delgado; la mayoría de las especies de este género son ápteras o con rudimentos alares muy cortos. Son polípagas y atacan la palma joven principalmente consumiendo follaje. Su control es básicamente mediante recolección manual en las áreas infestadas. Los ataques se han presentado sobre cultivos instalados en suelos de potrero.

j. Roedores

Hay plantaciones en América donde las ratas son uno de los enemigos más importantes especialmente en palma joven por la destrucción del bulbo y raíces. En Colombia las ratas no han constituido un problema generalizado pero existen reportes de daños esporádicos en Tumaco y los Llanos. Si las poblaciones son altas en una zona debe proteger la base de cada palma con angeo grueso que se instala antes de transportar la palma del vivero al campo.

Ataques en menor escala se controlan con colocación continuada de cebos a base de productos anticoagulantes.

2. Plagas de Importancia Económica en Cultivos Adultos

Poco después de la siembra de las palmas en campo se produce un cambio, fundamental en el medio dando como consecuencia la adaptación progresiva de una nueva entomofauna acorde con las condiciones microclimáticas propias del cultivo.

Existe una marcada diferencia de adaptación de especies al cultivo de palma que depende de factores tales como: fisiología y edad de las palmas, densidad de follaje, radicación solar, cobertura y uso anterior de los suelos (potreros, bosque, sabanas u otros cultivos).

En Colombia son frecuentes en palmas recién sembradas los ataques de *Strategus aloeus* en parcelas provenientes de suelos de bosque o cultivos de renovación. En suelos provenientes o próximos a sabanas se producen rápidas infestaciones de gran cantidad de Orthopteros especialmente de las familias Phasmatidae y Tetigonidae. Algunas especies como el *Leptopharsa gibbicarina* no se adapta a la palma antes de dos años de edad debido a la radiación solar y a una posible resistencia por antibiosis que causa gran mortalidad del insecto.

Los insectos plaga en palma adulta pueden considerarse en cuatro hábitats principales:

a. Flechas y hojas jóvenes

a.1. *Alurnus humeralis* Roseberg. (Colóptero Chrisomelidae)

De gran tamaño 40 mm. de largo x 15 m.m. de ancho, cabeza negra, protorax rojo y élitros amarillo verdoso con dos manchas negras. Larva carabiforme marrón claro de 43 mm. al final de desarrollo. Ciclo total de 279 a 351 días. Tanto las larvas como los adultos causan daños produciendo defoliaciones severas en flechas y hojas jóvenes reconocibles fácilmente por surcos muy característicos. Ataques de importancia deben ser controlados mediante aplicación de soluciones de insecticidas el cogollo.(6).

a.2. *Cephaloeia pr. vagelineata* pic. (Coleóptera Chrysomelidae)

Adulto de 5 m.m. de largo X 1.3 mm. de ancho de color negro con manchas blancas sobre los élitros, larva aplanada de 5 mm. de largo, de forma oval de color blanco translúcido ubicados en la parte interna del raquis de las hojas donde cumplen su ciclo. Las larvas roen la parte basal del raquis de la flecha, los adultos se alimentan del parénquima de las hojas jóvenes cerradas produciendo secamiento. Los ataques son frecuentes en época seca y especialmente en cultivos de 3 a 6 años. Las poblaciones pueden desaparecer completamente en periodo de lluvia.

a.3. *Tiquadra insulsa* (Lepidoptera : Noctuidae), sin. *T. circumdata* Zeller

Adulto blanco lechosa con escamas oscuras esparcidas, las larvas de color gris y cápsula cefálica negra, se encuentran libres durante los primeros estados cubriéndose posteriormente con una cápsula de seda formada por material vegetal y excrementos. Se localiza sobre las flechas induciendo pudrición y secamiento. Los primeros ataques deben ser controlados. (6).

otro Lepidóptera Noctuidae el *Herminodes insulsa* Dognin se encuentra también produciendo daños en las flechas. Se tiene poco conocimiento de su índice crítico.

a.4. *Segestes* sp. Orthoptera, Tetogonidae

Es un Orthoptero de la familia Tetogonidae, este grillo tiene importancia por su asociación con Pudrición de Flecha. el adulto oviposita insertando los huevos en la flecha. A partir de ésta lesión se inicia la necrosis.

b. Follaje

b.1. *Euprosterina elaeasa* Dyar (Lepidoptera Limacodidae)

Es uno de los mayores defoliadores de Palma africana en América El adulto decoloración marrón ceniza con una línea oscura cruzando el ala anterior, es de hábitos nocturnos encontrándose posado sobre epifitas, raquis y hojas durante el día. Los huevos individuales de 2 mm. de largo x 1.5 mm. de ancho, oval, transparente y aplanado son colocados en la superficie de los foliolos con preferencia, en las hojas bajas. La eclosión ocurre a los 6 a 8 días. Presenta 8 estados larvales de 33 a 39 días periodo en el cual las larvas alcanzan 17 a 18 mm. de largo en su último estado. Larva de forma ovalada, aplanada y cubierta por tubérculos espinosos urticantes. La coloración varía de crema al amarillo en los primeros instares y verde clara en los últimos. Los daños son causados por la larva que puede consumir hasta 50 cm² de área foliar durante su ciclo. (8). El estado pupal dura 12 - 16 días. Total ciclo 51 - 63 días. Niveles de población entre 50 y 60 larvas/hoja se consideran críticos. *Euprosterina elaeasa* posee un importante complejo parasitario que mantiene en condiciones favorables un nivel bajo del insecto.

Se han reportado como parásitos de larvas: Un Ichneumonidae del género *Cassinaria*; tres Braconidae de los géneros *Fornicia*, *Apanteles* y *Rhogas*; un *Sarcodexia innata* (Walker) y el Eulopidae *Stenomestis* sp. Las pupas son atacadas por un Ichneumonidae de gran tamaño *Barycerus dubiusus* (Say) y tres Chalcididae *Spilochalchis* sp., *Brachymeria* sp. y *Pseudobrachymeria* sp.

Los géneros *Cassinaria* y *Fornicia* ejercen un control natural de gran importancia en las poblaciones de *Euprosterina elaeasa* con porcentajes de parasitismo entre el 60% y el 90% en ciertas condiciones. Los otros géneros ejercen un porcentaje de control inferior al 6% en condiciones naturales.

Debe anotarse que el *Cassinaria* posee varios hiperparásitos que atacan la pupa, Ichneumonidae: *Neotheronia* sp. y tres Chalcididae del género *Spilochalchis* sp.

En Colombia en la plantación de Monterrey se han adelantado estudios para manejar una enfermedad de naturaleza viral que ataca las larvas de *Euprosterina elaeasa*. Con dosis de 75. gramos de material enfermo/ha en dos aplicaciones aéreas se han obtenido controles superiores al 90%. La multiplicación y conservación del material limitan su utilización industrialmente.

Se ha utilizado para el control de larvas el *Bacillus thuringiensis*, en dosis de 1 Kg de p.c./ha. La exigencia en las condiciones de manejo de la bacteria ha dado resultados inconsistentes en la eficiencia del control.

Los Inhibidores de síntesis de quitina como el Triflumurón, sobre larvas de primeros estados con una aplicación de 75 gramos i.a./ha han dado controles superiores al 98% bajo buenas condiciones de

aplicación, no solo para el *Euprosterna* sp. sino también en la mayoría de defoliadores de la palma Africana.

b.2. *Sibine fusca* (Stoli). Lepidóptera Limacodidae

El adulto color marrón deposita los huevos en grupo en el envés del foliolo. Las larvas presentan una coloración azul claro en los segmentos torácicos y amarillo verdoso sobre los segmentos abdominales, son urticantes, de hábito gregario. Poseen 10 estados larvales. De gran voracidad pudiendo cada larva consumir hasta 350 cm² de follaje, dejando solamente la nervadura central. De 15 a 20 larvas/hoja pueden causar daños severos. Las pupas ovaladas y agrupadas están protegidas por pelos urticantes. Cumple su ciclo total entre los 78 y 103 días. *S. fusca* posee un complejo parasitario también importante representado en Hymenópteros (Ichneumonidae, Braconidae, Chalcididae), y un díptero Tachinidae.

El mayor control es ejercido por una enfermedad viral (densonucleosis) preparado a base de larvas enfermas a razón de 20 a 25 gramos de material enfermo/hectárea aplicado por vía aérea en solución acuosa. La mortalidad se inicia de los 15 a 20 días, por tanto debe ser aplicado al principio del ciclo. Este material puede ser conservado hasta cinco años, a 4° C sin pérdida de virulencia, (6), (13).

b.3. *Euclea diversa* Druce (Lepidóptera Limacodidae)

Adulto de color pardo anaranjado con zonas oscuras. Posturas ovoides aplanadas y transparentes semejantes a las de *Euprosterna elaeasa* colocadas sobre los foliolos con preferencia de las hojas 9 y 17. La eclosión de las larvas se produce de 4 a 5 días, presentando 8 estados larvales de 38 a 56 días. Larvas de color amarillo, urticantes con dos manchas violeta pálido dorsales en forma de 8 muy características. Las pupas ovoides que se encuentran fácilmente en las axilas de las hojas o al pie de las palmas en el suelo, tienen un periodo de duración de 19 a 27 días. El daño es causado por defoliación de las larvas. Niveles de 25 a 30 larvas/hoja se consideran críticos. Posee un complejo parasitario constituido por tres Braconidos: *Pelecystoma* sp., *Rhogas* sp. y *Apanteles* sp.; un Sarcophagidae *Sarcodexia innota* (Walker) de larvas y un Ichneumonidae *Barycerus dubiosus* (Say) como parásito de pupas. Como predadores se destacan los Pentatomidae: *Alcaerrynchus grandis* (Dallas) y *Podisus* sp.

En condiciones favorables ha sido posible obtener buenos porcentajes de control del defoliador con dos aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* 1 kg/ha distanciada 6 a 10 días sobre larvas de 3° y 4° estado de desarrollo.

En zonas tratadas con Monocrotophos inyectado para control de *Leptopharsa gibbicarina* en palma adulta con presencia de *Euclea diversa* se ha logrado un corte del ciclo del defoliador.

Existen otras especies de menor importancia económica dentro de este género como *Euclea plugma* (Sepp) que cumple su ninfosis en la base de los foliolos así como también: *Euclea cippus* cr., *Euclea norba* Druce y *Euclea* pr., *cupostriga* Dyar que presentan diferencias morfológicas en los adultos y las larvas.

Dentro de la familia Limacodidae pueden mencionarse las siguientes especies defoliadoras en palma: *Episibine intensa* Dyar; *Natada subpectinata* Dyar; *Phobetron hipparchia* Cramer; *Sibine megasomoidae* Walker; *Sibine nesea* Stoll; *Talima straminae* Schaus y *Natada pucara* Dognin la cual posee una enfermedad de tipo Poliedrosis nuclear altamente virulenta. (6), (13).

Tratamientos con inhibidores de síntesis de quitina pueden regular satisfactoriamente las explosiones de larvas de este género.

b.4. *Stenoma cecropia* Meyrich (Lepidoptera Stenomidae)

Adulto de 25 a 30 mm. de largo de color marrón con un penacho negro sobre el tórax. La parte ventral de color rosado. De hábitos nocturnos; durante el día se encuentra posado sobre las malezas los huevos muy pequeños de 1 mm. son colocados sobre el foliolo muy cerca a la nervadura central donde eclosionan las larvas a los 4 o 5 días trasladándose al envés de los foliolos, donde inicia la construcción de una cápsula con los excrementos, que va aumentando de longitud y diámetro de acuerdo al desarrollo larval tomando una forma de cuerno muy característico donde se protege y cumple todo su ciclo larval y la ninfosis. Los daños son causados por las larvas que se alimentan del parénquima del foliolo más próximo a la cápsula. Durante los primeros instares, las larvas no perforan totalmente el foliolo produciéndose una zona necrótica propicia al desarrollo de hongos especialmente *Pestalotiopsis*. Presente de 8 e 10 estados larvales de 55 - 65 días de duración período en el cual cada larva puede consumir de 40 - 50 cm de follaje.

Al *Stenoma cecropia* se le conocen dos enemigos naturales como parásitos de larvas; el Hymenoptero Braconidae, *Rhysipolis* sp. que ataca las larvas del 5º al 8º estado, pudiéndose encontrar de 3 a 8 parásitos por larva. Al finalizar su desarrollo las larvas de *Rhysipolis* sp. construyen celdas cilíndricas separadas por paredes cerosas a lo largo de la cápsula del huésped, donde cumplen su ninfosis. La mortalidad natural de *Stenoma* por éste parásito es reducida, de 7 a 20%, siendo considerablemente mayor en época seca. El otro parásito de larvas, un Hymenoptero de la familia Eulophidae, *Elasmus* sp. compete con *Rhysipolis* en el parasitismo de larvas pudiéndose encontrar de 3 a 5 adultos en cada estuche. como parásitos de pupas se han reportado los Chalcididae *Brachymeria* y *Pseudobrachymeria* y un Ichneumonidae del género *Trypoxylon*.

Recolecciones manuales de los estuches en zonas de baja infestación en palma joven pueden aliviar considerablemente la presión del insecto retrasando los tratamientos químicos. Los resultados de control con aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* han superado el 60% de control. Los mejores resultados a nivel industrial se han obtenido mediante la aplicación de Teflubenzurón en dosis de 75 gr i.a./ha. Los tratamientos por inyección de insecticidas sistemáticos a la estipe también han dado muy buenos resultados en el control especialmente en palma adulta. Algunos estudios con hongos entomopatógenos (*Beauveria* sp.) parecen promisorios en el manejo industrial de este defoliador.

b.5. *Antaeotricha* sp. (Lepidoptera : Stenomidae)

Adulto blanco grisáceo, presenta a lo largo del ala anterior una mancha marrón. Larva de 15 a 18 m.m., anaranjada con seis bandas rojas longitudinales. Ciclo de 40 a 50 días. La larva une dos

foliolos con sede donde cumple su ciclo larval y ninfosis. Roe superficialmente el tejido donde vive causando secamiento. La humedad dentro del escondite garantiza la acción de un entomopatógeno *Beauveria tenella* que ataca las larvas y pupas momificándolas, siendo este el factor más limitante de la población.

b.6. *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidóptera : Brassolidae)

Adulto de gran tamaño 72 m.m. color marrón con bandas transversales anaranjadas sobre las alas anteriores. La hembra coloca los huevos en el envés de las hojas con preferencia en la base de los foliolos. Huevos globosos reticulados color crema que posteriormente muestran bandas transversales color marrón, que corresponde a la formación larval que se transparente a través del corion.

Entre los 8 y 10 días se produce la eclosión de las larvas que se distribuyen individualmente a todo nivel de hojas. Presenta cinco estados larvales de 36 a 47 días periodo en el cual alcanza un gran tamaño, 70 - 90 m.m. Larvas de color verde con bandas amarillos dorsales, cuernos cefálicos y dos apéndices caudales. La larva muy voraz puede consumir hasta tres foliolos. 7 a 10 larvas/hoja puede considerarse como un nivel crítico, debiendo ser iniciados programas de control. La ninfosis se produce con preferencia sobre las plantas epifitas que crecen en la estipe de donde emergen los adultos, entre los 15 y 20 días. Los adultos son atraídos por sustancias orgánicas en descomposición; frutos podridos y excrementos. Ciclo total 59 a 77 días.

Opsiphanes cassina posee un Hymenóptero parásito de huevos: *Talenomus* sp. regulador natural de las poblaciones. Las posturas parasitadas se reconocen inicialmente por la pérdida de las líneas marrón del huevo del defoliador y más tarde próximo a la emergencia de los parásitos por un color negro. Los adultos del parásito emergen a razón de 11 a 12 avisvas por huevo. Las larvas también son parasitadas por el Hymenóptero Braconidae *Apanteles* sp. Los parásitos forman su pupario por la parte ventral del huésped pudiendo emerger de 40 a 50 avisvas por larva de *Opsiphanes*.

Se registra además una enfermedad de tipo poliedrosis que ayuda en el control natural del defoliador.

Las pupas de las larvas son atacadas por dos Chalcididae: *Spilochalcis* sp. *Brachimeria* sp. que emergen a razón de 25 a 30 adultos por pupa.

Los controles deben dirigirse inicialmente a los adultos mediante aplicación de cebos tóxicos a base de Triclorfon al 6 por mil en mezcla con fermento dulce de piña en agua. El cebo se mezcla con el insecticida al momento de ser utilizado y se aplica en pequeños recipientes, canoas de bambú, pegadas al estipe de la palma en densidades de 9 a 10 por hectárea en las zonas infestadas. Cebos a base de banano u otras frutas dan buenos resultados. En caso de explosiones fuertes del defoliador se han obtenido buenos resultados de control con Triflururont 75 gr de i.a./ha por vía aérea. Este defoliador es muy sensible al Monocrotophos por vía inyección.

Las aplicaciones dirigidas al control de otros insectos con productos como el Propuxur pueden causar desbalance en las poblaciones de parásitos especialmente de *Talenomus* sp. dando como resultado fuertes explosiones de *Opsiphanes* sp.

Otros Brassolidae registrados en palma son: *Caligo Pr. curilochus* St. Las larvas pueden consumir hasta 6 foliolos en su ciclo de vida. De baja importancia económica para palma. Posee un complejo parasitario muy similar a *Opsiphanes* sp. Este género es más conocido en cultivos de banano.

El *Brassolis sophorae* L. de hábitos gregarios puede causar fuertes defoliaciones debido a que la larva puede consumir 2 a 2.5 foliolos. Construye nidos uniendo varios foliolos con una red espesa de seda donde pueden agruparse varios centenares de larvas. El control está basado en la recolección y destrucción de los nidos.

b.7. *Acraga ochracea* Walker. (Lepidóptera : Dalceridae)

Adulto de 24 a 32 m.m. de color amarillo con nervaduras visibles, atraído por la luz. Larva de 12 a 24 m.m. recubierto por tubérculos gelatinosos translúcidos el color de la larva es oscuro durante los primeros estados cambiando de coloración al amarillo y posteriormente al blanco al final del ciclo. Las larvas roen la superficie de los foliolos dejando raspaduras que se necrosan posteriormente. La pupa está protegida por una doble red de seda blanca con una zona central de color rojo y bordes anaranjados.

Se conoce un Hymenóptero Braconidae *Pelecystoma* sp. y un Tachinidae que ataca la larva en el último estado, las pupas de esta último se encuentran fácilmente dentro de la red de seda de la pupa del huésped.

Por ser una especie muy frecuente en palma los daños acumulados de las larvas inducen secamiento foliar por *Pestaklotiopsis*.

Los programas de control dirigidos al *Stenoma cecropia* son eficientes en el control de *Acraga ochracea*.

b.8. *Norape Pr. camela* (Lepidóptera : Megalopygidae)

Adulto pequeño de 13 a 15 m.m. de color blanco. Larva de 12 m.m. de largo de color café y pardo con setas largas. Ciclo total 83 a 93 días. Las larvas producen daños en forma rectangular especialmente de las hojas 3 a 17. Empupa en el suelo al pie de las palmas. Los conteos deben realizarse en las hojas 9 y 17. Se considera 80 a 100 larvas/hoja como índice crítico.

Una especie similar, *Norape argyrrhorea* que puede causar daños severos con niveles de 20 a 30 larvas/hoja se registra como plaga en Perú. (6).

Otros dos Lepidópteros de la familia Megalopygidae : *Megalopyge albicollis* Walker y *Mesocia pusille* Stoll de menor importancia económica se reportan como plaga de palma en América.

b.9. *Paleopoda arcanella* Busck. (Lepidóptera : Oecophoridae)

Adulto color crema con puntos negros, ovalado, de 13 a 21 m.m., larva de 20 m.m. con cuatro bandas marrón longitudinales. Ciclo total alrededor de 75 días. La larva construye un tejido de seda blanco donde cumple su ciclo. Perfora además un pequeño orificio en el foliolo que le permite escapar cuando es molestada. Las pupas se encuentran dentro de un tejido doble de seda muy característico.

Los daños son causados por la larva que roe el parénquima induciendo graves daños por *Pestalotiopsis*.

Un Parásito de larvas de la familia Encyrtidae que se multiplica por poliembrionia es el factor más limitante de la población. (6).

Existe otro Oecophoridae *Struthocelis somiotersa* Meyrick de color gris con patas alargadas provistos de mechones de escamas. Produce defoliaciones seguidas de amarillamiento del foliolo a ambos lados de la zona de alimentación producida posiblemente por una toxina emitida por la larva.

b.10. *Oiketicus kirbyi* Guilding. (Lepidóptera : Psychidae)

El adulta macho es alado con 32 a 52 m.m. de envergadura, color pardo. Hebre áptera de 45 - 50 m.m. de largo, blanca, vermiforme. Larva color gris con manchas oscuras. Ciclo muy largo de 235 a 320 días distribuidos en: Huevo 25 - 30 días, larva 200 - 250 días con 12 - 15 instares, pupa de 10 - 20 días para el macho y 30 - 40 para la hembra. (6).

La hembra vive dentro de un estuche donde deposita de 5 a 1.000 huevos que eclosionan de los 25 a los 30 días. Las larvas salen del estuche por medio de un hilo de seda siendo transportadas por el viento. Construyen una cápsula de protección cónica, de seda con pequeños trozos de ramas delgadas del hospedero y residuos de raquis y nervaduras de hojas que va aumentando de tamaño con el crecimiento de la larva, pudiendo alcanzar de 40 a 70 m.m. Posee 12 a 15 estados larvales de 185 a 250 días. El estado pupal, dentro del estuche, es de 10 a 15 días para el macho y de 30 a 40 días para la hembra. La cópula se produce dentro del estuche.

Los daños son causados por las larvas polífagas que producen defoliaciones severas. Se les encuentra no solo en todas las partes aéreas de la palma sino en las malezas de las calles del cultivo. Diez larvas por hoja se considera un índice crítico que requiere control.

Se han reportado varios parásitos de larvas, especialmente el Chalcididae *Spilochalcis* sp., *Psychidosmicra* sp., *Iphiaulax* sp. y el Tachinidae *Brachymeria* sp. Tratamientos con *Bacillus thuringiensis* en dosis de 1.5 a 3 Kg de p.c./Ha han dado algunos resultados. Las pruebas con tratamientos por inyección de insecticidas al estipe han dado buenos resultados pero requieren más estudio. La recolección manual de estuches en palma joven y en las malezas por las calles de cultivo para echarlas luego en jaulas de recuperación de benéficos es una práctica útil en el manejo de la plaga.

b.11. *Saliana severus* Maville. (Lepidóptera : Hesperidae).

Adulto pardo con manchas amarillas, larva de 45 a 50 m.m., verde pálido con bandas longitudinales amarillo claro. Ninfa recubierta por un polvo harinoso blanco. Ciclo total 57 a 65 días. La larva doble un foliolo uniéndolos con hilos fuertes de seda donde permanecen hasta el empupamiento.

De baja importancia económica en palma. Los daños son causados por defoliación de las larvas.

b.12. *Automeris liberia* Cr. (Lepidóptera : Attaeidae)

Adulto de 90 a 100 m.m., pardo sobre el tórax y ocre la parte abdominal; alas anteriores amarillas atravesadas por dos líneas oscuras con una mancha central gris; alas posteriores anaranjadas con un anillo negro con manchas internas muy característico. Larva de 70 a 80 m.m. de color crema con espinas dorsales amarillas urticantes. Ataca cultivos jóvenes y adultos con preferencia entre 1 a 8 año causando defoliaciones. Índice crítico de 50 a 120 larvas/árbol menor a 8 años.

b.13. *Delocrania cossyphoides* Guerin. (Coleóptera : Chrysomelidae)

Adulto de color marrón claro 5 - 6 m.m. de largo por 2.5 m.m. de ancho, dorso aplanado con puntos. Larva blanca - amarillenta con cabeza marrón y espinas laterales en cada segmento. Daños causados por la larva queeros el envéz de los foliolos. Control natural eficiente sobre huevos por un *Trichogrammatidae*. Larvas y ninfas parasitadas por un *Eulophidae* y un *Ichneumonidae*.

b.14. *Spaethiella tristis* Boh. (Coleóptera : Chrysomelidae)

Adulto semiesférico de color azul oscuro 3.9 m.m. de largo por 3 de ancho por dos de altura. Elitros martillados con depresiones circulares. Larva blanca, cubierta por un espiral de deyecciones. Daños causados por larvas y adultos en forma de surcos longitudinales. Índice crítico de 50 larvas/hoja.

b.15. *Hispoleptis subfasciata* Pic. (Coleóptera : Chrysomelidae)

Adulto de 8.5 m.m. de largo, cuerpo brillante amarillo con una mancha negra en el pronoto y dos bandas sobre los élitros. Larva de 9.5 m.m. de color amarillo aplanada. Ciclo de 104 días. Daños causados por el adulto y la larva que construye una galería entre las epidermis. El complejo parasitario está constituido por dos parásitos de huevos, un *Eulophidae* y un *Encyrtidae*, tres parásitos de larvas y tres de ninfas. Hiperparasitismo por *chalcididae*. Nivel crítico de 30 - 40 larvas/hoja.

b.16. *Retracrus elaeis* Keifer. (Eriophyidae : Acarina)

Acara muy pequeño de 60 a 150 micras recubierto por una protección cerosa blanca. Ciclo total de 60 a 70 días. Las picaduras causan manchas grasosas oscuras que cambian posteriormente a un anaranjado intenso invadiendo todo el foliolo.

Se ha estudiado un hongo *Hirsutella thompsonii* (Fiaher) que causa mortalidad de *R. elaeis*.

En caso de ataques fuertes por razones ecológicas se recomienda utilizar azufre mojable a razón de 1.3 kg/ha. Tres tratamientos con, quince días de intervalo logran una destrucción total de la población y una recuperación del follaje.

Los tratamientos de inyección de palmas con Monocrotophos para control de *Leptopharsa* también mostraron control del ácaro en zonas con presencia de ambas plagas, aunque no con la misma eficiencia.

b.17. *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner. (Hemiptera : Tingidae)

Adulto de 2.6 a 2.9 m.m de largo por 1.2 m.m de ancho. Antenas muy largas, con cuatro artejos, escapo de color negro, pedicelo café y flagela amarilla, a excepción del extremo distal ligeramente claviforme de color negro. Cabeza reducida con ojos compuestos prominentes de color rojo. El aparato bucal consta de una probocida larga que pliega sobre una cavidad formada por la cápsula cefálica y el tórax. Pronotum amplio, blanco y reticulado en figuras poligonales. Está conformado por tres laminas o carinas dispuestas longitudinalmente, siendo la de la región mesial la más larga y prominente. Lateralmente se expande hacia arriba en un lóbulo laminar de estructura cariacea. Región anterior del pronotum con una estructura globosa, en forma de giba. Las patas son largas con fémuras color negra, tibias y tarsos de color amarillo. Los hemiólitros se prolongan más allá del extremo abdominal, son de estructura foliácea; color blanco, cuando recién emergidos y café claro cuando envejecen e igualmente reticulados. Cerca a la región central del homiólitro nace una franja angosta de color negro, que termina en el ángulo apical y un proceso alar constituido por un conglomerado de escamas blancas. Las alas posteriores bastante reducidas en comparación con el hemiólitro son translúcidas y membranosas. Dimorfismo sexual poco acentuado. El macho presenta el último urito más comprimido y agudo que la hembra.

Huevo de forma elipsoide, mide de 0.6 m.m. de largo por 0.1 a 0.18 m.m.

de ancho. Corium de consistencia gelatinosa; blanco crema hialino, recién puesto. Próximo a la eclosión es de color crema con manchas anaranjadas cerca del opérculo. el polo de emergencia de la ninfa es ligeramente comprimido, curvo y termina en una válvula u opérculo de bordes salientes, forma irregular y consistencia corchosa de color café claro.

La ninfa recién eclosionada mide 0.5 m.m. de longitud sin incluir antenas, por 0.12 a 0.20 m.m. de ancho. Posee cuerpo cilíndrico, color blanco crema translúcido, cápsula cefálica y ojos de color naranja. Cuerpo cubierto en la región masial del vértex de la cabeza, mesial y lateral del abdomen por espinas cortas gruesas y de color blanco crema. A medida que avanza en el desarrollo las espinas se toman de color negro gruesas y predominantes. El protorax y el abdomen toman forma aplanada y exhiben expansiones laterales de color amarillo pálido, ligeramente levantadas, dándole a la superficie dorsal una configuración cóncava. La región central del pronoto de color ceniza oscuro y la central del abdomen negra. En el último estadio mide 1.8 m.m. de longitud por 0.8 m.m. de ancho. (10).

El chinche cumple todo su ciclo de vida en el envés de los foliolos de cualquier rango de hoja abierta, pero ubicándose en los foliolos menos expuestas a la luz. Los huevos depositados aisladamente

dentro del parenquima hasta el nivel del opérculo o superficialmente acostados cerca a la nervadura central. Generalmente recubre los huevos con un cono de excrementos. Presenta un periodo de preovoposición de 11 a 12 días con una fecundidad de 9 a 12 huevos y ovoposición de un huevo diario. La emergencia de las ninfas ocurre a los 14 días, presentando cinco estados con un periodo ninfal de 22 días. La duración de los adultos en el campo varia de 14 días en periodo lluvioso a 17 y 24 días en seco.

En ausencia de hongos asociados con el secamiento foliar el daño es causado por las ninfas y adultos que destruyen las células parenquimatosas del envés del foliolo por succión del jugo celular, observándose en la cara superior, del foliolo gran número de puntos cloróticos. Los daños ocasionados por varias generaciones pueden causar la muerte de los tejidos.

En presencia de los hongos asociados con la necrosis foliar - *Pestalotiopsis* spp. , *Colletotrichum* sp., *Gloeosporium* sp. y *Helminthosporium* sp. principalmente, los daños provocados por *L. gibbicularina* por alimentación y ovoposición revisten la mayor importancia económica ya que traen como consecuencia un secamiento progresivo, cuya magnitud está en relación directa con el potencial de inóculo, niveles de población de *L. gibbicularina*, presencia de otros defoliadores, condiciones ambientales y edad de la hoja. (10).

Como parásito de huevos se conoce a *Erythmelus* sp. Hymenóptera Mymaridae con porcentajes de parasitismo inferiores al 15 % y a un Trichogrammatidae no identificado.

En ciertas condiciones se ha observado mortalidad de adultos por el hongo *Beauveria bassiana*.

Actualmente se estudia en Colombia la posibilidad de utilizar un Neuróptera, Crysopidae, *Nodita* sp. en el control de ninfas y adultos de *L. gibbicularina*.

Una hormiga *Crematogaster nigropilosa* (Hymenóptera : Formicidae) que construye sus nidos en las hojas de la palma repele los adultos y ninfas de *L. gibbicularina* en las palmas que coloniza. Recientemente se encontró, que otras dos especies de hormigas no identificadas, ejercen la misma acción.

Los niveles críticos del insecto dependen porcentualmente de la zona y nivel del secamiento foliar, sin embargo en zonas de elevado potencial de inóculo de hongos causantes de necrosis puede considerarse entre 30 a 50 adultos/hoja 25.

Industrialmente se han utilizado para su control productos como el triclorfón de 0.2 a 1.3 kg de i.a./ha y Phosphamidon 0.6 kg de i.a./ha que mostraron efectividad en el control superior al 90 % sobre adultos y ninfas con dos aplicaciones en frecuencia de 18 a 28 días. Los mejores resultados han sido obtenidos mediante el sistema de inyección de Monocratophos 6 a 8.4 c.c. de i.a./árbol con controles próximos al 100 % en palma mayor de 11 años. Problemas de distribución del insecticida en las palmas jóvenes inyectadas - menores de 11 años - limitan la utilización de este sistema de control debiendo ser ejecutado por el sistema de absorción radicular.

c. Estipe y cogollo

Rhynchoporus palmarum L. (Coleóptera : Curculionidae)

Adulto negro de 46 a 50 m.m. de largo, con penacho en la probosis. Larva abultada ápoda de color blanco y región cefálica esclerificada de color pardo. Ciclo total de 77 a 97 días distribuidos en: huevo 3 días, larva 50 - 70 días y pupa 24 días. Las larvas taladran los tejidos del estipe y cogollo produciendo un marchitamiento lento. Es el principal vector del nematodo *Rhadinaphelenchus cocophilus* agente causal del anillo rojo. La lucha es preventiva evitando causar heridas que atraigan el insecto. La lucha curativa es posible a principio del ataque mediante inyección de Manocratophos dentro del árbol 50 a 200 ml. de solución al 0.08 % de i.a./árbol. En zonas de elevada población de adulto el trampeo utilizando cebos a base de tejidos frescos de palma o coco más Carbaryl u otros insecticidas, ha dado buenos resultados.

Otro coleóptero Curculionidae de menor tamaño el *Metamasius hemipterus* cumple todo su ciclo larval dentro del estipe de la palma produciendo daños por destrucción de los tejidos internos. El control es básicamente preventivo evitando producir heridas profundas al estipe.

d. Frutos

d.1 *Demotispa pos pallida* Baly. (Coleóptera : Crysomelidae)

Adulto de 5 m.m., aplanado de color ambar claro y luego pardo - rojo. Larva ovalada de 7 m.m. de largo muy aplanada. Los daños por los adultos y las larvas que roen la superficie del racimo produciendo un secamiento de apariencia corchosa del epicarpia impidiendo la completa maduración, dificulta la apreciación del grado de madurez.

d.2. *Castnia dedalus* Cramer. (Lepidóptera : Castniidae)

Adulto da 140 a 180 m.m. marrón oscuro con dos bandas blancas en el ala anterior y dos series de manchas blancas en el ala posterior. Los huevos de color blanco alargados con estrías profundas, son colocados a nivel de los racimos o las bases peciolares. La eclosión de las larvas se produce de los 15 a 21 días. La larva inicia la perforación de galerías en el pedúnculo del racimo y su estipe para pasar de un racimo a otro

Larva de color blanca crema, con cabeza parcialmente esclerificada envaginada dentro del primer segmento torácico. Tiene un periodo larval de 360 días, periodo en el cual puede alcanzar 100 m.m. El estado pupal de 20 a 40 días ocurre en el estipe a nivel de bases peciolares, debajo de la corona. Los adultos son atraídos por las trampas de luz. (7).

Los daños causados por las minaduras de las larvas pueden afectar la producción en más del 50 %.

Los tratamientos químicos no han tenido buenos resultados, la poda y cosecha sanitaria y la recolección manual de crisálidos producen una disminución importante de la población. Esta plaga es de gran importancia económica en Ecuador y Perú.

Otra plaga que ataca con frecuencia el fruto es el *Aspidiotus destructor* Sign., Homóptera, Diaspididae de baja incidencia económica en palma.

e. Raíces.

Sagalassa válida Wolker. (Lepidóptera : Glyphipterigidae)

Adulto de 18 a 22 m.m. de forma triangular, gris con una banda negra transversal. Ciclo total 75 a 85 días. Los daños consisten en destrucción de raíces por parte de las larvas que construyen galerías internas, debilitando las palmas; los controles deben iniciarse cuando se observe un 20 % de raíces atacadas. Actualmente se está estudiando en Brasil control de extracción de adultos machos con feromonas.

Otro barrenador el *Sufetula dimintalis* Walker. (Lepidóptera : Pyralidae), ataca las puntas de las raíces aéreas recién formadas.

También alimentándose de las raíces de palma se ha encontrado el Homóptero Lecaniidae, *Neolecanium silverai* Empell. ataca principalmente raíces primarias y secundarias próximas al tronco. Se desconoce su importancia económica.

Se incluyen en el grupo de plagas de las raíces a algunos Hemípteros Pentatomidae que pueden alimentarse succionando las raíces u otros órganos de los árboles y que se hallan estrechamente asociados a la marchitez de la palma africana o continua como sospechosos. El género *Lincus* Stal es el más importante y con el cual ya se comprobó su estrecha relación en el Ecuador, donde se logró reproducir la enfermedad mediante el traslado de chinches de árboles enfermos a árboles sanos de 4 e 5 años de edad. Del género *Lincus* la sociedad de Entomología de Nueva York tiene identificadas 30 especies y con la que trabajó Desmier de Chenón en el Ecuador, Dolling la describió como *Lincus Lethyfer*. (4,16).

Desde tiempo atrás se viene sospechando del efecto vector, pesar de que las pruebas han sido negativas, del *Macropygium reticulare* (F.) frecuente en plantaciones de Colombia y Ecuador con presencia de marchitez. Deben continuarse estudios para aclarar estas sospechas. El posible efecto vector esté relacionado con la transmisión de protozoarios flagelados del género **Phytomonas** los cuales son los causales primarios de la enfermedad.

Estos y muchos otros *Pentatomidae* se alimentan de jugos de varias plantas algunas de las cuales, especialmente *Euphorbiáceas* y *Asclepiadaceas* pueden hospedar en sus tejidos flagelados del citado género. Por tanto, los trabajos de investigación sobre marchitez deben orientarse hacia la determinación de plantas huéspedes de los flagelados presentes en las palmas afectadas y sus insectos vectores.

- Para complementar la información se incluyen tres formatos de registro y dos hojas de listado de plagas en palma africana (ver anexos).

V. DINAMICA DE POBLACIONES, DAÑOS E INDICES CRITICOS

Para el establecimiento de un programa racional de control de plagas se hace necesario conocer en cada casa la morfología, biología, hábitos, enemigos naturales y dinámica de poblaciones del insecto. A pesar de que son varias las plantaciones e investigadores que han trabajado en estos aspectos, se deben reconocer los amplios logros y liderazgo que ha llevado en Colombia la plantación de Indupalma.

El estudio de dinámica de poblaciones nos permite determinar la resurgencia cíclica de cada plaga a través del tiempo y la relación de incrementos poblacionales con las condiciones climáticas. En esta forma se pueden tomar las precauciones posibles y establecer la estrategia de control a seguir. La modificación del medio natural con el establecimiento del cultivo de palma, ayudado en ocasiones por el uso indiscriminado de insecticidas de alta toxicidad y la alta capacidad de adaptación de muchas de las plagas conlleva a que se registren explosiones de gran magnitud. En el área del Magdalena Medio, en Colombia, hemos tenido poblaciones por ejemplo del Limacodidae *Euprosterma elaeasa* de más de 5.000 larvas/hoja. En ésta misma zona, aún antes de haberse utilizado químicos, se han desbordado poblaciones en dicha magnitud al parecer por desbalances inducidos por controlar masivamente todo tipo de vegetación dentro del cultivo.

Las diferencias que existen entre los niveles de población de cada especie en cada plantación, depende de las condiciones particulares en las cuales se encuentra ubicada y de ahí las diferencias de poblaciones que hay de un país a otro, a más de que de acuerdo a la repartición geográfica de cada especie puede o no estar presente en un país o región.

La importancia de los daños de una plaga depende de su hábito, de la duración del estado en que cause el daño y de su capacidad para alimentarse. Del conocimiento de estos aspectos depende la determinación del nivel crítico, sin olvidar lógicamente el nivel que soporta el cultivo sin que se produzca mermas en la producción. En el caso de los defoliadores ya se han precisado en buena parte los niveles críticos de las principales plagas a pesar de la dificultad para aplicar los criterios de estos índices, pero aún queda por precisar los efectos sobre la producción de algunas plagas que atacan raíces, racimos y flechas de palma.

El manejo adecuado de plagas exige el conocimiento y uso correcto de los índices críticos. Antes de tomar por ejemplo la decisión de una intervención contra una plaga del follaje hay que tener en cuenta a más del índice crítico propio de la plaga, los daños que tenga el cultivo de generaciones anteriores de esa u otras plagas y si hay simultáneamente otras especies, el criterio se modifica teniendo en cuenta los daños que causan todas.

Para determinar el porcentaje o grado de defoliación se ha desarrollado un método de valoración visual que consiste en evaluar independientemente las hojas número 1, 9, 17, 25, 33, 41 de cada

palma. Haciendo uso de la siguiente escala se calcula el grado de defoliación por palma y evaluando 1 palma/ha se determina la defoliación por parcela o en una zona determinada:

1 **Hoja sana** o con defoliación inicial. 0 - 10 % de la superficie foliar ausente o con necrosis.

$\frac{3}{4}$: **Daño leve** : 11 - 25 % de la superficie foliar ausente o con necrosis.

$\frac{1}{2}$: **Daño medio**: 26 - 50 % de la superficie foliar ausente o con necrosis.

$\frac{1}{4}$: **Daño severo**: 51 - 75 de la superficie foliar ausente o con necrosis.

0 : **Daño muy severo**: Mas del 76 % de la superficie foliar ausente o con necrosis.

La sumatoria de las calificaciones de todos los árboles evaluados de una parcela permite establecer una cifra para cada categoría de hoja. El total de las cifras de todas las hojas evaluadas dividido por el número de árboles observados y multiplicado por 8 (número de espirales de hoja que posee la palma), se obtiene el número aproximado de hojas verdes/árbol.

Un árbol sano normalmente tiene 42 - 45 hojas. Con base a la diferencia entre hojas verdes sanas que debiera tener y el número de hojas verdes resultado de la evaluación, se obtiene el equivalente en hojas de la defoliación promedia por palma en la parcela y éste valor, por regla de tres, se pasa a su equivalente en porcentaje de defoliación.

También se puede hacer la evaluación porcentual de defoliación de cada una de las hojas relacionadas y con base al promedio, determinar el grado de defoliación de cada palma o el de la parcela.

VI. SISTEMAS DE CONTROL DE PLAGAS

Como en todo cultivo, el control de plagas en palma debe ser integrado. Para ello se dispone de los siguientes sistemas a usar a favorecer según el caso: Control biológico, control químico, control mecánico, prácticas culturales y uso de material genético resistente

1. Control biológico

Se Puede afirmar que no hay organismo que no tenga enemigos naturales. Las poblaciones de enemigos naturales tienen la facultad especial de interracionar con sus presas o poblaciones hospedantes y estabilizarlas a niveles más bajos de los que alcanzarían sin su actividad.

Sin embargo, aún hoy día subsiste la convicción por parte de muchos agricultores y técnicos que no hay éxitos en las cosechas si no se utilizan regularmente productos fitosanitarios. La industria de éstos productos ha fomentado esta convicción activa y efectivamente.

Aunque estas razones están realmente justificadas en casos particulares, no puede aceptarse como regla general. Se ha ignorado o pasado por alto el hecho de que muchas veces, los insecticidas antes que controlar la plaga, producen un aumento real de la misma y cada vez con más frecuencia especies poco comunes e inofensivas se convierten en nuevas plagas. Se afirma, a veces, que un producto no es dañino para los enemigos naturales, porque éstos generalmente, pueden acompañar a los nuevos brotes de la plaga donde se emplea el insecticida con anterioridad. Esto, afirma Paul De Bach (1), no indica que sea inofensivo, sino simplemente que los enemigos naturales han actuado de nuevo siguiendo a los brotes de la plaga inducidos químicamente; pero esto sucede demasiado tarde y en la medida que se repita su uso, incrementa el desequilibrio.

A nivel mundial son incontables los ejemplos de incremento de poblaciones de plagas inducidos por el uso irracional de insecticidas. En palma tenemos varios registros entre los cuales se puede mencionar: Los incrementos en palma adulta, de ácaros de los géneros *Oligonychus* y *Tetranychus* con el uso frecuente de Carbaryl, la evolución como plagas en el Magdalena medio, de *Stenoma cecropia* después de aplicaciones masivas de insecticidas fosforados, resurgimiento de altas poblaciones de *Opsiphanes* después de aplicaciones de Profenotos (Curacrón) + Propoxur y de Fenitrothion y evolución de poblaciones hacia niveles críticos de *Acraga ocracea* a raíz del uso de varios insecticidas fosforados para el control del chinche *Leptopharsa gibbicarina* y de los defoliadores *Euprosteria* sp. y *Euclea* sp. La razón de esto, la destrucción de la entomofauna benéfica (parasitos y predadores).

Con base en permanentes observaciones de campo y laboratorio y durante el estudio de la biología de insectos plagas de la palma africana a partir de 1970 en Indupalma y 1973 en Monterrey, se han reconocido un buen número de insectos benéficos o fauna auxiliar que contribuye a mantener reguladas las poblaciones. Estos constituyen una base fundamental del control integrado y todos nuestros esfuerzos deben orientarse a proteger y favorecer su incremento.

Igualmente, se han detectado varias enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos, algunas de las cuales, se han utilizado como medios de control específico, mediante la multiplicación del patógeno y aplicaciones por vía aérea o terrestre. Actualmente hay varios trabajos de investigación en desarrollo, relacionado con cría de predadores, estudio de entomopatógenos y reevaluación del uso y eficiencia del *Bacillus thuringiensis*.

a. Parasitos

Revisten gran importancia como reductores de poblaciones y algunos como transmisores de enfermedades. Hasta la fecha, no se han trabajado con crías artificiales pero, en un futuro próximo deben iniciarse estos trabajos con aquellos de mayor importancia y factibles de criar.

Son realmente numerosos los parásitos de las plagas de palma aceitera casi todos de los ordenes Hymenóptera y Díptera. El cuadro siguiente relaciona los más importantes, su clasificación taxonómica y el estado de la plaga o plagas que parásita:

Parásito	Clasificación	Estado de Plaga (s) que parásita
1. <i>Apanteles alius</i>	Hymenóptera-Braconidae	Larvas de <i>Euclea diversa</i> Druce, <i>Sibine fusca</i> , <i>Dirphia</i> sp., <i>E. elaeasa</i> , <i>Opsiphanes cassinak</i> .
2. <i>Fornicia</i> sp.	Hymenóptera-Braconidae	Larvas de <i>E. elaeasa</i> (larva y pupa dentro del huésped).
3. <i>Pelecystoma</i> sp.	Hymenóptera-Braconidae	Larvas pequeñas de <i>Euclea diversa</i> , <i>Sibine fusca</i> y <i>Acraga ochracea</i> .
4. <i>Rhysipolys</i> sp.	Hymenóptera-Braconidae	Larvas de <i>Stenomoma cecropia</i> .
5. <i>Rhohas</i> sp.	Hymenóptera-Braconidae	Larvas de <i>E. elaeasa</i> .
6. <i>Cassinaria</i> sp.	Hymenóptera-Ihneumonidae (Hiperparásitado en pupa por <i>Spilochalcis</i>)	Varios Limacodidae: <i>E. elaeasa</i> , <i>Euclea diversa</i> , <i>Sibine fusca</i> en larvas.
7. <i>Barycerus dubiosus</i>	Hymenóptera-Ihneumonidae	Pupas de <i>Euclea diversa</i> y <i>Euprosterna elaeasa</i> .
8. <i>Stenomesus</i> sp.	Hymenóptera-Eulophidae	Larvas de <i>Euprosterna elaeasa</i>

9. <i>Elasmus</i> sp.	Hymenóptera-Eulophidae	Larvas de <i>Stenomoma cecropia</i>
10. <i>Telenomus</i> sp.	Hymenóptera-Scelionidae	Huevos de <i>Opsiphanes cassina</i>
11. <i>Erythmelus</i> sp.	Hymenóptera-Mymaridae	Huevos de <i>Leptopharsa gibbicarina</i>
12. <i>Spilochalcis</i> sp.	Hymenóptera-Chalcididae	Pupas de <i>Opsiphanes cassina</i> , <i>Acraga ochracea</i> W., e hiperparásito <i>Cassinaria</i> sp.
13. <i>Brachymeria</i> sp.	Himenóptera-Chalcididae	Pupas de <i>Opsiphanes cassina</i> e hiperparásito de <i>cassinaria</i>
14. <i>Sarcodexis</i> innota	Díptera-Sarcophagidae	Ultimos estados larvales de <i>E. elaeasa</i> y emerge el adulto de la pupa
15. <i>Pararrhinacha</i> sp.	Díptera-Tachinidae	Larva de <i>Acraga ochracea</i>

Antes de tomarse la decisión de un tratamiento contra una plaga, se debe tener en cuenta el nivel de parasitismo presente. No es difícil encontrar parasitismo, por una sola especie, superior al 70 %.

b. Predadores

Conforman otro grupo muy importante dentro de la fauna benéfica, como reguladores de plagas de la palma, siendo algunos muy eficientes. Por si solos, no son una alternativa para reducir una explosión de plaga pero, eventualmente, forman parte clave de ése todo que llamamos control integrado.

Los predadores más comunes a las plagas de palma africana en Colombia son los de ordenes Hemíptera, Neuróptera y Hymenóptera.

En Colombia se está trabajando con la cría y liberación de varias especies de *Crysopa* (*Chrysoperla carnea*, *Ceraeochrysa cubana* y *Nodita* sp.) con miras a evaluar la posibilidad de su uso en el control del chinche *Leptopharsa gibbicarina*. (22). En varias plantaciones se está criando y liberando los Hemípteros *Alcaeorrynychus grandis* y *Podisus* sp. como predadores de larvas de Lepidópteros y estimulando la propagación de avispas del género *Polistes*. Revisten además particular importancia los Hymenópteros, con las diferentes hormigas, que siendo habitantes del suelo y de los estipes depredan un buen número de larvas de plagas que se bajan para empupar. También merece mencionarse, aunque no está establecido su aptitud predatora, pero si su efecto repelente o de repulsión de otros insectos en la defensa de su territorio, la hormiga *Crematogaster nigropilosa* Mayr (Formicidae : Mirmicinae) y otras dos especies no identificadas. Árboles que tienen establecidas estas hormigas se mantienen prácticamente libres de plagas a excepción de una pocas cochinillas que protegen y distribuyen porque viven en simbiosis con ellas.

c. Entomopatógenos

Para todos los medios ecológicos, las enfermedades más comunes de los insectos son causadas por bacterias, hongos, virus, protozoarios y Nematodos. A excepción de los virus, los demás agentes patógenos no son específicos pudiendo atacar varias especies diferentes. En condiciones naturales, a excepción de eventuales efectos espectaculares cuando se desarrollan epizootias, no mantienen las poblaciones en niveles bajos, pero mediante el cultivo o multiplicación para aplicaciones dirigidas a controlar las plagas susceptibles se han obtenido resultados muy satisfactorios. Los biólogos tienen la gran ventaja que causan poco o ningún daño a la fauna auxiliar. En palma africana se viene usando desde hace varios años el *Bacillus thuringiensis* contra varios Lepidópteros con resultados muy variables (45 - 90 % de control sobre *E. elaeasa*, *Euclea diversa*, *Opsiphanes cassina*, etc. La inconsistencia en los resultados obedece a las variaciones de las condiciones climáticas que en ocasiones son adversas a la viabilidad de la bacteria y también al manejo que se le da. Los mejores resultados se han obtenido haciendo la suspensión de la bacteria 4 - 6 horas antes de la aplicación y haciendo esta en horas frescas, con poca radiación solar y alta humedad relativa (6 - 8 A.M. y 4 - 6 P. M.). Actualmente se está ensayando en Colombia (Palmeras de la Costa) la bacteria *klebsiella* sp. contra *Oiketikus Kirbyi* Guilding con resultados experimentales promisorios.

Respecto a hongos entomopatógenos merece mencionarse el excelente control natural que ejerce *Beauveria tenella* sobre el Stenomidae *Antaeotricha* sp. Otro ejemplo concreto es el buen control natural observado sobre *Stenoma cecropia*, en la zona de Tumaco Colombia, de *Beauveria bassiana* Vuillemin, mejorado ocasionalmente con aspersiones del hongo cultivado artificialmente. Con miras a buscar otras alternativas fungosas como medio de lucha contra las plagas de la palma, ya que las observaciones de campo dejan entrever esa posibilidad, se están iniciando evaluaciones de patogenicidad de los hongos *Hirsutella thompsonii*, *Metarhizium anisopliae* y una cepa de *Beauveria bassiana* contra *Leptopharsa gibbicarina*.

Las enfermedades virales registradas en plagas de palma en América son numerosas. Sobresalen entre éstas varias poliedrosis y densonucleosis, que con frecuencia se encuentran bajo condiciones naturales, afectando un número importante de larvas de Lepidópteros. Algunas se han venido estudiando con el objeto de utilizarlas como medio de lucha específica.

Para el caso de las poliedrosis, los resultados de aplicaciones en campo han sido inconsistentes. A veces los controles son muy satisfactorios y en otras oportunidades deficientes. La razón parece ser la poca estabilidad de éstos virus a temperaturas ambiente relativamente altas, a la radiación solar o uso de inadecuadas condiciones de almacenamiento. Los virus de denonucleosis, por el contrario se han mostrado más estables característica que nos ha permitido usarlos como medio de control muy efectivo. Como ejemplos tenemos las denonucleosis de *Sibine fusca* y *Sibine nesea* con las cuales se han obtenido controles del 95 - 100 % con aplicaciones aéreas de preparados de las larvas en dosis de 20 - 30 gramos de material infeccioso/ja. el material viral, previa adición de agua estilada (relación 1 : 2 o 1 : 3), licuado y filtrado, se puede almacenar por varios años en refrigeración a -2 °C a 4 °C sin que pierda su poder infeccioso.

Dado que los virus de las Poliedrosis registrados en plagas de palma no son muy estables, con variaciones amplias de eficiencia en el control, conviene estudiar en cada caso los siguientes aspectos: Evaluación de susceptibilidad de la plaga al virus (estados larvales más susceptibles), periodo de incubación del virus en el insecto, efectos del virus sobre los hábitos del insecto (mayor o menor alimentación), posibles alteraciones en su ciclo de vida y cambios macroscópicos posible empupamiento de larvas inoculadas y su paso al estado adulto, condiciones óptimas para la producción del virus (determinar el momento de máxima concentración de virus en los insectos y los efectos que sobre esta concentración tiene el estado de desarrollo en el momento de la inoculación y en el momento de la cosecha), evaluaciones sobre estabilidad del virus y estudio de métodos de conservación del virus "invitro" o "en vitro", e ir aplicando y reevaluando los resultados de los trabajos anteriores bajo condiciones de campo.

En las plantaciones Bucarelia y Monterrey de Colombia, se iniciaron trabajos en 1977 con una Poliedrosis nuclear causada por un baculo-virus sobre *Euprosterina elaeasa*. Esta enfermedad, Jiménez O. y Reyes A. la observaron en Monterrey desde 1974 con características endozoóticas pero sólo vino a dársele importancia en 1977 a raíz de una epizootia desarrollada en la plantación Hipilandia (Sur del Departamento del Cesar - Colombia). Las primeras aplicaciones dirigidas al control de la plaga dieron eficiencia de alrededor del 85 % pero en la medida que se intenta generalizar su uso los resultados fueron inconsistentes. Las primeras investigaciones hechas con este baculovirus se presentaron en el segundo congreso de FEDEPALMA con el Título "Perspectivas de Control Biológico de *Euprosterina elaeasa* Dyar y *Euclea* sp. con microorganismos entomopatógenos con autoría de Jiménez O. y Reyes A. (10).

Ensayos recientes en campo adelantados por Cruz M. A. y Reyes A. demostraron que con aplicaciones de 75 gm de material infeccioso/aplicado por vía aérea fraccionado en dos o tres aplicaciones se corta prácticamente el ciclo de *E. elaeasa* a partir de poblaciones altas de la plaga (+ de 190/larvas hoja) con presencia en la próxima generación de menos de 10 larvas hoja las cuales se diezmaron por acción de los parásitos.

Trabajos similares se vienen efectuando en Sarawak (Malasia Borneo) con un virus esférico no incluido que afecta al desolador de palma africana *Darna trina* (Moore) con resultados muy prometedores. Tiong R. H. C. y Munros D. A. (21).

2. Control Químico

El uso de químicos debe ser cada día más restringido por los daños que causan a los enemigos naturales de las plagas, sin embargo, por el desequilibrio que de todas maneras se induce al ecosistema al sembrar áreas

extensas con una misma especie, no es extraño que se desborden las poblaciones de una a varias plagas, a niveles supereconómicos, las cuales, se hace necesario controlar en el menor tiempo posible con el uso de químicos para evitar sus efectos desbastadores o en ocasiones para evitar que problemas muy localizados se generalicen en una plantación. La aplicación de un químico por tóxico que sea, en una pequeña área problema, no es tan grave si se tiene en cuenta que pronto será reemplazada la fauna auxiliar destruida por invasión de la que se encuentra a sus alrededores.

En realidad los químicos seguirán considerándose por mucho tiempo un recurso a disposición del palmicultor para atender problemas críticas y se deben aún tener en cuenta como parte constitutiva de programas de control integrado de plagas. Lo importante es que se haga un uso correcto y racional de éstos.

Insecticidas químicos de mayor uso en palma.

a. Grupo de los organofosforados

Prácticamente todos pueden considerarse derivados del ácido fosfórico. Los insecticidas de éste grupo que con mayor frecuencia se usan en palma son:

- Triclorfón (Dipterex : Cebirán) para control de varios defoliadores tales como *Spodóptera* en vivero, en dosis adecuadas y rotándolo con otros insecticidas porque puede causar fasciación a las palmitas; en palma adulta contra *Stenoma* y en mezcla con cebos para control de *Opsiphanes* y *Caligo*. Este insecticida controla muy bien adultos de *Leptopharsa gibbicularina* y un poco menos sus ninfas.
- Monocrotophos (Azodrin, Nuvacrón): De acción sistemática y de contacto. No ha sido corriente su uso mediante fumigaciones pero, en los últimos años se está generalizando por su gran eficiencias en el control de distintas plagas del follaje mediante su inyección al estipe de las palmas. En Colombia se viene usando para controlar básicamente *Leptopharsa gibbicularina* pero, ha demostrado buena eficiencia en el control de *Euclea*, *Stenoma*, *Opsiphanes*, *Acraga*, *Sibine fusca*, *Oiketicus* e *Hispoleptis* (contra este último evaluado en Ecuador).
- Metamidofos: También usado como monocrotophos pero con menor eficiencia.
- Fosfamidón (Dimecrón) usado para controlar altas poblaciones de *L. gibbicularina* especialmente en palma menor de siete años donde la eficiencia de la inyección es muy baja.

c. Carbamatos

Carbaryl (Sevín); se usó en años anteriores en mezcla con otros insecticidas contra *Euprosterna laeasa*. Su uso indujo incremento de ácaros de los géneros *Oligonychus* y *Tetranychus*. Hoy día se

usa en los tratamientos dirigidos contra pudrición de flecha en mezcla con fungicidas o cuando se hacen cirugías al estipe. También contra varias plagas de vivero y *Strategus aloeus*.

d. Inorgánicos

Azufre: Acaricida, fungicida. Forma parte de los tratamientos químicos selectivos ya que no afecta otro tipo de plaga ni la fauna auxiliar. Se han obtenido buenos resultados en palma contra *Tetranychus mexicanus*, *Retracrus elaeis* y *Oligonychus* sp.

e. Piretroides sintéticos

Insecticidas nocivos a insecticidas benéficos. Útiles en el control de focos con altas poblaciones.

- Fenvalerato (Belmark): Buen control (84 - 100 %) sobre *Euprosterina elaeasa* y *Euclea diversa*.

Cyflutrin (Baytroide 100 EC): Controla muy bien larvas en cualquier estado de desarrollo de *Euclea diversa* (65 - 100 %) y larvas de instar cuarto en adelante de *Euprosterina elaeasa*.

f. Ureas Benzoílicas

Este grupo de insecticidas descubierto apenas en 1972 por la Philips Dupharvino a formar parte de los insecticidas de tratamientos selectivos ya que actúan únicamente sobre los estados larvales expuestos en el follaje al momento de su aplicación.

Son inhibidores de síntesis de quitina o sea que les impide a las larvas mudar.

- Diflubenzurón (Dimilín), Triflubenzurón, (Alsystin), teflubenzurón (Dart), han dado buenos resultados especialmente con dos aplicaciones sobre larvas de Lepidópteros Limacodidae en dosis de 75 grs l.a/ha. (1).

Formas de aplicación de los insecticidas

Cuando hay que recurrir al uso de un insecticida biológico o químico se puede hacer la aplicación en las siguientes formas:

- Fumigación terrestre: Solo útil en áreas o focos pequeños, cuando la palma no está muy alta, topografía plana y sin red interna de drenajes. Los equipos de fumigación deben poseer gran alcance (12 - 15 metros) para asegurar buen cubrimiento. Deben ser accionados por tractor. El uso frecuente puede ocasionar en suelos pesados problemas de compactación. Se incluyen en este sistema la fumigación con bombas de espalda para aplicaciones dirigidas a la base de las palmas, o al follaje de cultivos muy jóvenes.

- Fumigación aérea: Es el equipo que más se acomoda cuando se trata de intervenir grandes áreas de palma adulta, especialmente por el rendimiento, por unidades tiempo y la homogeneidad de cubrimiento.

- **Tratamiento por inyección:** Este sistema es de uso relativamente reciente a escala industrial en Colombia y el mundo. Después de numerosos ensayos de evaluación de productos y dosis, adelantados en Monterrey e Indupalma sobre eficiencia en el control de *Leptopharsa gibbicularina*, mayor inductor y diseminador de los hongos causales del añublo foliar, la plantación Monterrey decidió hacer el primer tratamiento comercial a mediados de 1982. El sistema es bastante eficiente en palma mayor de 11 años y controla también comedores de follaje. En palma joven decrece la eficiencia por problema de distribución de los insecticidas. Para mejorar esta hay que hacer dos huecos de inyección opuestos por tratamiento. El producto que mejor control ha dado es monocrotophos en dosis de 6.0 - 8.4 gm de i.a./palma adulta y de 8.4 - 10.8 gm i.a./palma joven.

El concepto de remanencia efectiva del producto en los árboles varía para las distintas plagas. Para *L. gibbicularina* según estudios hechos en Monterrey es superior a 75 días y para defoliadores es un poco menor.

- * **Tratamiento por Absorción Radicular:** es muy útil en cultivos de menos de once años, y consiste básicamente en la utilización de una raíz principal de la palma en donde es colocado el insecticida en una bolsa plástica (17).

- **Tratamiento con cebos:** Esta práctica ha dado buenos resultados en la lucha contra los Brassolidae *Opsiphanes* y *Caligo*. Se usan cebos a base de plátano sobremaduro u otros frutos o fermento de piña endulzado con panela en mezcla con triclorfón o metomyl.

3. Control mecánico de plagas

Este sistema es poco usual, por las características propias del cultivo y por la distribución de las plagas dentro del mismo. Sólo útil sobre superficies pequeñas con el objeto de reducir en algo las poblaciones, pero no como sistema de control único. Consiste en la recolección y destrucción manual de uno o varios estados de desarrollo de algunas plagas. Se ha usado en palma en la recolección de pupas de *Opsiphanes*, de nidos de larvas de *Brassolis sophorae*, huevos de *Dirphia* y estuches con sus larvas de *Stenomoma cecropia* en palmas menores de tres años.

4. Control por métodos culturales

El éxito de mantener reguladas las plagas se inicia desde la correcta adecuación de los suelos, establecimiento homogéneo de cobertura de leguminosas y control permanente de gramíneas reconocidas como hospederas de patógenos que pueden transmitirse a la palma por homópteros asociados a aquellos. Como ejemplo, se puede citar la estrecha relación entre presencia de pasto guinea (*Panicum máximum* Jacq). altas poblaciones de homópteros y presencia de la enfermedad conocida como "mancha anular" en Ecuador y Perú.

El estudio de los hábitos de los insectos benéficos han permitido establecer que especialmente los adultos requieren alimentarse de secreciones azucaradas provenientes de néctares y flores de varias plantas especialmente Solánaceas, Malváceas, Verbanáceas, Tiliáceas, Leguminosas, etc. Así mismo mucha de la vegetación que crece en las calles de las palmas, bordes de carreteras y en los campos contribuye a mantener cierto nivel de plagas secundarias y el mismo tiempo de parásitos y predadores.

Por consiguiente, vale la pena hacer esfuerzos por establecer y proteger cierto tipo de vegetación reconocida como útil en este proceso. A los trabajadores encargados de mantenimiento se les debe instruir para que reconozcan estas plantas y hacer rocerías selectivas. Una práctica que hoy día se está recomendando es la de rozar las malezas calle por calle. Cuando estas se hayan recuperado parcialmente (35 - 60 días) se intervienen las calles que no se hicieron en el pase anterior.

En otras palabras, cualquier exceso en mantenimiento masivo, unido a la destrucción de vegetación en los bordes de parcela y caño, puede inducir por desbalance, desbordamiento de plagas por encima de niveles económicos.

5. Control por resistencia genética

Los programas de mejoramiento genético se han orientado básicamente a obtener materiales de alto potencial de producción y en algunos pocos casos buscando resistencia a enfermedades pero, realmente casi nada se ha hecho respecto a incorporar a los materiales comerciales resistentes a las plagas; sin embargo, si es un hecho que hay diferencia de comportamiento o acción sobre los insectos plagas entre materiales *E. guineensis* de distinto origen a del material *E. oleifera*. Ph. Genty registra por ejemplo que el cruzamiento Deli X La Mé es altamente resistente al ácaro *Retractus elaeis* mientras que otras variedades africanas o asiáticas, son muy susceptibles.,

En Monterrey se viene observando al parecer mayor susceptibilidad de los materiales de origen africano el complejo *Leptopharsa - Pestalotiopsis* que los materiales asiáticos.

VII. POLINIZADORES

a. Antecedentes

Hasta mediados de la década del setenta se consideraba a los insectos como un factor muy secundario y accidental en la polinización de la palma africana y por el contrario, se asumía que causaban daño a las inflorescencias. Se aceptaba que la polinización se realizaba principalmente por el viento. La más baja polinización en Malasia y Sumatra respecto a Africa se atribuía a diferencias climáticas y a otras causas no muy conocidas pero, la sospecha de la importancia de los polinizadores surgió al comparar dos zonas con climatología similar como son el Oeste de Africa y Sabah. En el primer caso, el porcentaje en peso de fruto con nuez sobre racimo era superior al 60 % mientras que en Sabah con polinización asistida era apenas un poco más del 30 % y sin ésta, los racimos en su mayoría abortaban por el bajo índice de polinización. En la medida que el cultivo de la palma se fue extendiendo, la polinización artificial se hacia más difícil y con resultados a veces desastrosos por fallas técnicas y humanas y sin embargo a costos elevados. (20).

Correspondió al Dr. D. A. Syed del "Commonwealth Institute of Biological control" estudiar si la polinización por insectos tenía importancia potencial. El desarrollo de estos trabajos se inició en Camerún y permitieron concluir que evidentemente la polinización en esta zona del mundo era más satisfactoria y tenía como agentes primarios a los insectos. Por ese entonces los estudios en Malasia

Peninsular indicaron la poca presencia de insectos en las inflorescencias, siendo más frecuente una especie de trips que dadas las bajas poblaciones y su escasa actividad no aseguraba polinización aceptable.

Confirmada la evidencia de inter-relación entre la palma y los insectos polinizadores en el Oeste de Africa se pasó a evaluar la importancia de cada una de las especies presentes encontrándose que *Elaeidobius kamerunicus*, ocupaba el primer lugar. Se desarrollaron técnicas de laboratorio para la cría del insecto y solucionar los problemas sobre transporte del Oeste de Africa a Malasia. Así mismo se estudió rápidamente el excelente potencial benéfico del gorgojo, determinándose además que no atacaba o afectaba otros cultivos o sea que era huésped específico de la palma de aceite y en la palma Americana *Elaeis oleifera* solo se estableció por una generación.

Entre los años 1981 a 1983 se introdujo el *E. kamerunicus* en Malasia e Indonesia con resultados, aunque hoy día todavía controvertidos, más que satisfactorios respecto a formación de frutos normales. Por consiguiente se obtuvieron beneficios tales como ahorro de la polinización asistida en grandes extensiones con resultados superiores e incremento de porcentaje de palmiste y de aceite en muchas plantaciones de Indonesia. (19).

En América Tropical los análisis de racimos y observaciones de campo han permitido evidenciar grandes diferencias en cuanto a porcentaje de Frutos normales sobre racimos, variaciones que son debidas a la ubicación geográfica de cada plantación, las condiciones climáticas de la región, la fauna polinizadora y el material genético establecido.

8. Insectos asociados a inflorescencias masculinas en América

A partir de recolección de insectos de inflorescencias masculinas en varias plantaciones de palma de América tropical, el servicio de faunística CIRAD de Montpellier (Francia) ha logrado identificar la siguiente entomofauna (14):

ORDEN	FAMILIA	GENERO O ESPECIE
Coleóptera	Nitidulidae	<i>Mystrops costaricensis</i> Guillooly
Coleóptera	Curculionidae	<i>Elaeidobius subvittatus</i> Faust
Coleóptera	Staphylinidae	<i>Coproporus</i> sp. pos. <i>tachyporinus</i> Sharp
Coleóptera	Staphylinidae	<i>Litocharis limbata</i> Erichson
Coleóptera	Smicripidae	<i>Smicrips</i> sp. pos. <i>exilis</i> Murray
Coleóptera	Silvanidae	<i>Ahasverus</i> sp.
Coleóptera	Corylophidar	<i>Orthoperus minutissimos</i> Mattheus
Coleóptera	Corylophidae	<i>Aenigmaterum</i> sp.
Coleóptera	Curculionidae	<i>Parisoschoenus expositus</i> Ch.
Coleóptera	Curculionidae	<i>Tonesia melas</i> Boheman

Coleóptera	Scarabidae	<i>Cyclocephala amazona</i> L.
Coleóptera	Scarabidae	<i>Cyclocephala discolor</i> H.
Heretóptera	Anthocoridae	<i>Lasiochilus</i> sp. nr. <i>sulcatus</i>
Thysanóptera	----	Trips

También se deben tener en cuenta los Hymenópteros de la familia Apidae: *Apis* sp., *Meliposa* sp. y *Trigona* sp.

De los anteriores insectos, los más importantes como polinizadores de la palma africana en América son *Mystrops costaricensis* y *Elaeidobius subvittatus*.

1. *Mystrops costaricensis*. Nitidulidae

1.1. Determinación y distribución

Se registró por primera vez en Costa Rica y fue descrito en 1968 por R. L. Gillogly. Estudios recientes de G. Delvare del servicio de faunística CIRAD a partir de muestras de polen recolectadas en diferentes plantaciones de Costa Rica, Colombia y Ecuador han permitido evidenciar la presencia de tres "subespecies" aclarando dudas de si las diferencias que se observan en la actividad según la localidad obedecía a especies diferentes. La determinación de las subespecies no se logró hacer por características morfológicas externas a pesar de observarse algunas diferencias en el ápice de los elitros de la hembra sino, examinando detalladamente el aparato genital del macho. Las tres subespecies determinadas se denominan: *Mystrops costaricensis* ssp. *pacificus*, *M. costaricensis* ssp. *orientalis* y *M. costaricensis* ssp. *costaricensis*. La ssp. *costaricensis* se encuentra en Centro América desde el sur de México (chiapas) hasta la zona de Urabá en Colombia; ssp. *pacificus* se individualizó a lo largo de la Costa Pacífica al norte y al oeste de la cordillera de los andes (Urabá hasta oeste del Ecuador) y la ssp. *orientalis* se ubica en la Costa Norte de Colombia y Venezuela hasta el Valle del Magdalena Medio. Debido posiblemente a introducción accidental, la ssp. *costaricensis* se encuentra en los Llanos Orientales de Colombia. (3).

Los análisis de conformación de racimos en distintas zonas de Colombia y oeste del Ecuador indican que hay diferencias en actividad polinizadora entre subespecies siendo la *pacificus* al parecer la más activa.

1.2. Biología

El ciclo de *Mystrops* es solo de 14 - 16 días distribuidos así: Huevo = 2 días, larva = 4 - 6 días, pupa = 3 días y adulto = 4 - 6 días. Tanto los estados larvales como adultos se alimentan de polen y viven en las inflorescencias masculinas en antesis. La oviposición la hace aisladamente en las diferentes estructuras de la flor. Al terminar el último instar larval se caen sobre las axilas de las hojas o al suelo para empupar refugiadas entre los residuos orgánicos o bajo la superficie de la tierra respectivamente. La mayor actividad de los adultos se realiza entre las 5:30 a las 8:0 p.m. y eventualmente en menor proporción entre las 5:0 a las 6:30 p.m. Es en estas horas cuando los adultos emergidos de los puparios durante el día emprenden vuelo en búsqueda de inflorescencias masculinas o aquellas que

estando ya en éstas, cambian en búsqueda de más alimento. Como tanto las inflorescencias masculinas como las femeninas en antesis tienen olor a anís, la polinización la realizan aquellos adultos impregnados en polen, después de haber visitado flores masculinas, que atraídos por su aroma, visitan las flores femeninas.

2. *Elaeidobius subvittatus*. Curculionidae

Del género *Elaeidobius* se conocen más de cinco especies de polinizadores de *E. guineensis* en el África entre las cuales, se incluye el *E. subvittatus* que es la especie presente en América. La introducción inicial del insecto a América parecería que se llevó a cabo por la Costa Noreste del Brasil a consecuencia de la traída de semilla de palma por los esclavos. Debido a esto en dicha zona del país hay importantes extensiones silvestres de *E. guineensis*. Favorecido el polinizador por las poblaciones naturales de *E. oleifera* ha colonizado la casi totalidad de América Tropical. En Colombia se le encuentra en todas las zonas palmeras, incluida la Costa Pacífica desde Urabá hasta Tumaco pero como algo curioso, dado su proximidad, no se le encuentra en la Costa Pacífica del Ecuador.

Las Poblaciones de *E. subvittatus* rara vez en Colombia son, superiores a *Mystrops costaricensis* pero de acuerdo a los estudios que se vienen adelantando su actividad y eficacia como polinizador es superior. Las mayores poblaciones ocurren en periodo seco.

El ciclo de vida de *E. subvittatus* se cumple en las inflorescencias de la palma en aproximadamente el tiempo siguiente: Huevo = 2 días; larva = 12 - 15 días; pupa = 3 días y adulta 5 - 8 días. Los adultos colocan los huevos sobre las enteras o inmediatamente debajo en los estambres. Las larvas no se alimentan de polen sino de las estructuras de la flor iniciando, una vez eclosionan, por los tubos de las anteras hasta llegar al perianto y por ésta pasan de una a otra flor. Los adultos se alimentan de polen.

La reducción de las poblaciones en períodos lluviosos no es debida al efecto directo del clima sino, el desarrollo de enfermedades (bacterias y hongos de los géneros *Streptococcus Baccillus* y *Fusarium*.) favorecidas por la alta humedad y al parecer por el incremento de poblaciones del predator *Leptodiplosis* sp. diptero Cecidomyiidae. Según I. Zenner de Polonia (18) una larva del predator puede matar 4 o más larvas del Polinizador.

Con todo y la presencia de éstos insectos, en Colombia hay zonas, de muy baja polinización o de amplia variación según la época, razón por la cual FEDEPALMA en procura de mejorar esta situación introdujo en Mayo de 1984 pupas de *E. Kamerunicus* bajo la supervisión del ICA. Una vez iniciada la cría masiva se hicieron estudios para determinar si el insecto podía causar daños a cultivos de importancia económica y su efecto competitivo con los polinizadores existentes. A mediados de 1985 se liberó en el C.N.I.A. Carimagua zona aislada en los Llanos Orientales. Según los últimos informes ya se encuentran en varias plantaciones del Oriente Colombiano. *E. Kamerunicus* también se introdujo en 1982 al oriente del Ecuador, zona con ausencia de otros polinizadores. Antes de la liberación el porcentaje de fruto normal era inferior al 45 % y en 1985 fué de 64 a 85 %. Actualmente el *E. Kamerunicus* es el mayor polinizador de la palma Africana en America, desplazando las poblaciones de *M. Costaricensis*.

c. Factores que determinan la polinización e importancia de la conformación de los racimos.

Los factores determinantes de la polinización se resumen en:

- Disponibilidad de polen o sea el número de flores masculinas en antesis/ha.
- Poblaciones activos de insectos polinizadores
- Viento
- Interacción sexual en antesis en un mismo árbol o en arboles adyacentes
- Duración de flores femeninas en antesis
- Temperatura y precipitación
- Uso de químicos que afectan las poblaciones de insectos polinizadores o que repelen por su olor a los Insectos o inhiben el aroma característico de la flor en antesis.

Del grado de polinización depende la proporción de fruto con nuez/racimo ya sea en peso o en número y de ésta dependerá el contenido de aceite en los racimos. La variación que se presenta entre plantaciones y dentro de una plantación en las diferentes épocas del año es amplia y constituye verdaderamente un factor determinante de los contenidos de aceite y almendra y por consiguiente de los porcentajes de extracción en las plantas de beneficio. (16).

En Monterrey al igual que en otras plantaciones se vienen haciendo estudios de dinámica de poblaciones de los principales polinizadores y su relación con pluviometría y su efecto sobre la formación de racimos. Así mismo se está evaluando la relación entre presencia de flores masculinas y población de polinizadores y porcentaje de fruto con nuez sobre racimo. En la misma forma se está determinando la relación entre este último y el porcentaje de extracción de aceite en la planta de beneficio (16).

Con base a los resultados se puede concluir que existe relación directa entre éstos factores y que cualquier medida que contribuya a mejorar la polinización tales como favorecer y proteger las poblaciones de insectos polinizadores o introducir, sin originar perjuicios importantes de otra índole, especies foráneas tendrá implicaciones benéficas en la rentabilidad del cultivo.

BIBLIOGRAFIA

1. CRUZ, M.A. 1.991 Primeros resultados en el control de *Euprosterma elaeasa* Dyar defoliador de la palma Africana *Elaeis guineensis* Jacq con Triflurumuron y Teflubenzuron inhibidores de síntesis de quitina . Oleagineux, Vol 46, (4) 139- 144.

2. DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas, Versión en español. De. Mundi-Prensa. Madrid. 395 p.
3. DELVARE, G. 1985. Mise en evidence de plusieurs sois - Espeus chez *Mystrops costaricensis* Guillooly (Coleóptera : Nitidulidae). Servicio de faunistica del Instituto del CIRAD. Mecanografiado. 7p.
4. DESMIER, R. DE CH. 1984. Research on the genus *Lincus* Stal, Hemiptera, Pentatomidae, Discocephalinae and its possible role in the transmission on the Marchitez of oil palm and Hart - Rot of coconut. *Oleagineux* 39 (1) pp. 1 - 6.
5. GARZON, A. A. 1984. Manejo y control de plagas en palma africana. Memorias del Primer Encuentro Nacional sobre Palma Africana. Villavicencio - colombia. pp. 181 - 191.
6. GENTY, PH., R.; Desmier, De C.; MORIN, J.R. 1978. Las plagas de la palma aceitera en América Latina. *Oleagineux*. 33 (7). 326 - 420.
7. GENTY, PH. 1978. Morfología y biología de un defoliador de la palma africana en américa Latina. *Stenoma cecropia* Meyrick. *Oleagineux* 73 (8-9). 422 - 427.
8. GENTY, PH. 1976. Morfología y biología de Darna metaleuca W., Lepidóptera defoliador de *Elaeis guineensis*. *Oleagineux* 38 (3). 100 - 107.
9. GENTY, PH.; GARZON, A.; GARCIA, R. 1983. Daños y control del complejo *Leptopharsa Pestalo tiopsis* en palma africana. *Oleagineux* 38 (5). 292 - 299.
10. JIMENEZ, O. D.; REYES, A. 1977. Estudio de una necrosis foliar que afecta varias plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 6 (1). 15 - 32.
11. JIMENEZ, O. D.; REYES, A. 1978. Perspectivas del control biológico de *Euprosternon elaeasa* Dyar y *Euclea* sp. cerca a *distrahens* Dyar con microorganismos entomopatógenos. Trabajo presentado al Segundo Congreso en FEDEPALMA. Santa Marta, Colombia. Mecanografiado. 33 p.
12. MARIAU, D. 1981. Oil palm and coconut in west Africa. *Oleagineux*. 36 (4). 170 - 228.
13. MARIAU, D. y R. DESMIER DE CHENON. 1990. Importance du role des virus entomopathogenes dans les populations de Lépidopteres defoliateurs de palmiers. Perspectives de mise au point de methode de lutte biologique. *Oleagineux*. 40 (11); 487 - 491.
14. MONDRAGON, L. V. 1985. Entomofauna nativa y análisis de polinización en palma africana, e híbrido en Colombia. Trabajo presentado al XII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma Africana y V Conferencia. Villavicencio, Colombia. *Palmas* 6 (3). pp. 101 - 104.

15. REYES, R.A. 1988 añublo foliar de la palma Africana (*Elaeis guineensis* jacq) en Colombia importancia económica, etiología y control. Curso internacional PROCIANDINO sobre las enfermedades de la palma de aceite. Bucaramanga, Colombia.
16. REYES, R.A. 1985. Interacción campo - Planta de extracción para un mejor beneficio de la cosecha en plantaciones de palma africana. Memorias del Segundo Encuentro Nacional Sobre Palma Africana. Barrancabermeja. pp 125 - 132.
17. REYES, A. M. A. CRUZ y PH. GENTY. 1980. La absorción radicular en el control de plagas en palma Africana. *Oleagineux* 43 (10); 363-370.
- 18 REYES, R.A. 1988 Organización de trabajos de campo del cultivo de la palma de aceite. III Encuentro Nacional sobre palma aceitera. Santa Marta, Colombia. pag. 56 - 84.
19. ROLSTON, L. H. 1983. Revision of de Genus *Lincus* Stal (Hemiptera : entatomidae), *Discocephalinae*, *Ochlerini*. *New York Entomological Society* 91 (1). 1 - 47. 20. SYED, R. A. 1981. Pollinating Tnrips of oil palm in west Malaysia. *The planter* 57 (659). 92 - 80.
- 21 TAY, K. C. 1981. Observation on insects visiting oil palm inflorescences the planter. 57 8659). 82- 91.
22. TIONG, R. H. C.; MONROE, D.D. 1976. Microbial control of an outbreak of "*Darna trina*" (Moore) on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Sarawak (Malaysian Borneo). Preprint from Malaysian International Agricultural oil palm conference. 15 p.
23. TURNER, P. D.; GILLBANKS, R. A. 1974. Oil palm cultivation and Management. The oncorporated Society Planters. Kuala Lumpur Malaysia. First Edition. 672 p.
24. VARGAS, S. C. 1985. Dietas artificiales para la cría de *Chrysopas* verdes. Trabajo presentado XII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma y V Conferencia. Villavicencio, Colombia. Palmas año 6 N°. 3. pp 34 - 39.
25. ZENNER, I. De P. 1985. Estudio inicial de las poblaciones larvales de *Elaeidobius subvittatus* en Colombia. Trabajo presentado al XII Congreso Nacional De Cultivadores de Palma y V Conferencia. Villavicencio, Colombia. Palma 6 (3). pp 85 - 90.

PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Nombre Científico	Nombre Común	Estado causante del Daño	Hábito	Nombre Científico	Nombre Común	Estado causante del Daño	Hábito	Nombre Científico	Nombre Común	Estado causante del Daño	Hábito
CLASE ARACHNIDA ORDEN ACARI <i>Oligonychus bagdasiari</i> Baker o cerca <i>Tetranychus</i> sp. <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor)	Arañita roja	Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador foliaje Chupador foliaje	FAMILIA DIASPIDIDAE (Cooley) <i>Selenaspilus articulatus</i> (Morgan)	Escama articulada	Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador fruto Chupador foliaje	FAMILIA SCOLYTIDAE <i>Coccotrypes carpophagus</i> (Homung) <i>Xyleborus affinis</i> Eichhoff <i>Xyleborus ferrugineus</i> (F.)	Carcoma de los frutos	Adulto y larva Adulto y larva	Perforador fruto Barrenador tallos Barrenador tallos
FAMILIA ERIOPHYIDAE <i>Retracrus elcelsi</i> Keifer	Acaro del tronco	Adulto y ninfa	Chupador foliaje	FAMILIA COCCIDAE <i>Coccus hesperidum</i> L. <i>Protospulvinaria longivalvata</i> Green	Cochinilla blanca del naranjo Cochinilla de borde	Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador foliaje Chupador foliaje	ORDEN LEPIDOPTERA FAMILIA BRASSOLIDAE <i>Brassolis sophorae lurida</i> Stichel <i>Opsiphanes cassina</i> Felder	Gusano listado cabezón de las palmas Gusano cabrito de las palmas	Larva Larva	Masticador foliaje Masticador foliaje
CLASE INSECTA ORDEN ORTHOPTERA FAMILIA TETTIGONIIDAE <i>Cocconotus degeri</i> (Stal)		Adulto y ninfa	Masticador foliaje	FAMILIA PSEUDOCOCCIDAE <i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockereil) <i>Nipaeococcus nipae</i> (Maskell)	Cochinilla la raíz de la piña Cochinilla harinosa amarilla	Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador foliaje Chupador foliaje	FAMILIA HESPERIIDAE <i>Pyrrhopyge</i> sp.		Larva	Masticador foliaje
ORDEN HEMIPTERA FAMILIA CYDNIDAE <i>Scaptocoris divergens</i> Froeschner	Chinche amarilla de la raíz	Adulto y ninfa	Chupador raíz	FAMILIA ASTEROLECANIIDAE <i>Grammococcus corymbus</i> Miller & Lambdin	Roña amarilla de las palmas	Adulto y ninfa	Chupador foliaje	FAMILIA SATURNIIDAE <i>Automeris cuneicincta</i> Felder <i>Automeris tamphilus</i> Schaus <i>Dirphia peruvianus</i> Bouvier		Larva Larva Larva	Masticador foliaje Masticador foliaje Masticador foliaje
FAMILIA TINGIDAE <i>Corythucha gossypii</i> (F.) <i>Leptopharsa gibbicarina</i> Froeschner <i>Phatnoma marmorata</i> Champion	Chinche de encaje del algodón Chinche de encaje de la palma	Adulto y ninfa Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador foliaje Chupador foliaje Chupador foliaje	ORDEN COLEOPTERA FAMILIA HISTERIDAE <i>Hololepta</i> sp.		Adulto	Masticador cogollos	FAMILIA NOCTUIDAE <i>Hermimodes insulsa</i> (Dognin) <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)	Gusano pelo de indio Gusano cogollero del maíz	Larva Larva	Masticador foliaje Masticador foliaje
ORDEN HOMOPTERA FAMILIA MEMBRACIDAE <i>Ceresa vitulus</i> (F.)	Membrácido de las palmas	Adulto y ninfa	Chupador foliaje	FAMILIA SCARABAEIDAE <i>Cyclocephala signata</i> (F.) <i>Podischnus agenor</i> Olivier <i>Strategus alicous</i> (L.)	Cucarrón de las rosas Cucarrón de invierno Torito	Adulto Larva Larva	Masticador foliaje Masticador raíz Masticador raíz y tallo	FAMILIA LIMACODIDAE <i>Euclea</i> sp. cerca <i>distragens</i> Dyar <i>Euprosterma elaeasa</i> Dyar <i>Phobetron</i> sp.		Larva Larva	Masticador foliaje Masticador foliaje Masticador foliaje
FAMILIA CICADELLIDAE <i>Oncometopia clarior</i> (Walker) <i>Pseudometopia ambardii</i> (Signoret)		Adulto y ninfa Adulto y ninfa	Chupador foliaje Chupador foliaje	FAMILIA EROTYLIDAE <i>Zonarius</i> sp. prob. <i>fractus</i> Crotch FAMILIA CHRYSOMELIDAE <i>Altica</i> sp.		Adulto Cucarroncito del foliaje	Masticador foliaje Masticador foliaje	<i>Phobetron hipparchia</i> Cramer <i>Sibipne</i> sp. pos. <i>fusca</i> Stoll	Gusanos arañas amarillo y gris Gusano araña Gusano caballito	Larva Larva Larva	Masticador foliaje Masticador foliaje Masticador foliaje

ANEXO 5

FAMILIA DERBIDAE <i>Omalina</i> sp. cerca <i>proxima</i> Fennah <i>Persis stali</i> Muir	Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje		<i>Alurnus humeralis</i> Rosenberg <i>Cephaloleia</i> sp. <i>Cephaloleia</i> sp. cerca <i>vagelineata</i> Pic	Gualapán Cucarroncito rojo de la flecha Cucarroncito negro de la flecha	Adulto y larva Adulto Adulto y larva	Masticador follaje Raspador follaje Raspador follaje	<i>Sicyrosea</i> sp. <i>Talima</i> sp. cerca <i>ingeneur</i> Dyar	Gusano araña aplanado Larva	Larva Larva	Masticador follaje Masticador follaje
FAMILIA CIXIIDAE <i>Myndus crudus</i> Van Duzee	Haplaxius Adulto	Chupador follaje	<i>Cerotoma tingomariana</i> Bechyné <i>Delocrania cossyphoides</i> Guérin-Méneville <i>Diabrotica ventricosa</i> Jacoby <i>Euryscopa</i> sp. cerca <i>cingulata</i> Latreille <i>Hispolepis diluta</i> Guérin-Méneville <i>Imatidium neivai</i> Bondar	Cucarroncito aplanado del follaje Cucarroncito roedor del fruto	Adulto y larva Adulto y larva Adulto Adulto y larva Adulto y larva	Masticador follaje Masticador follaje Masticador follaje Follaje Minador y raspador follaje Roedor frutos, peciolo y foliolos	FAMILIA CASTNIIDAE <i>Cyparissius daedalus</i> Cramer FAMILIA MEGALOPYGIDAE <i>Megalopyge</i> sp. FAMILIA OECOPHORIDAE <i>Durrantia</i> sp. cerca <i>arcanela</i>	Barrenador gigante de la palma	Larva	Masticador peciolo, raquis y estipe
FAMILIA DICTYOPHARIDAE <i>Taosa</i> sp.	Adulto y ninfa Chupador		<i>Spaethiella instis</i> (Boheman)	Adulto y larva	Roedor follaje			Larva	Masticador follaje	
FAMILIA ALEYRODIDAE <i>Aleurodius cocois</i> (Curtis) <i>Aleurodius trinidadensis</i> Quantance & Baker	Mosca blanca del cocotero Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje		FAMILIA BRUCHIDAE <i>Pachymerus cardo</i> (Fahraeus) <i>Pachymerus nucleorum</i> (F.)	Minador de las hojas Cucarroncito roedor del fruto	Adulto y larva Adulto y larva Adulto y larva	Minador y raspador follaje Roedor frutos, peciolo y foliolos Roedor follaje	FAMILIA STENOMIDAE <i>Loxotoma elegans</i> Zeller <i>Stenoma cecropia</i> Meynck		Larva Larva	Masticador follaje Masticador follaje
FAMILIA APHIDIDAE <i>Rhopalosiphum rubiabdominalis</i> (Sasaki)	Pulgón rojo de la raíz del arroz Adulto y ninfa Chupador follaje		FAMILIA CURCULIONIDAE <i>Achonus</i> sp. <i>Centrinaspis</i> sp. Genero sp. - Bagoim	Gorgojo de los frutos de palma	Adulto y larva Adulto y larva Adulto	Masticador almendra Masticador almendra Masticador estipe Masticador estipe Masticador estipe	FAMILIA GLYPHIPTERIGIDAE <i>Sagalassa olivacea</i> Busck		Larva Larva	Masticador follaje Masticador follaje
FAMILIA MARGARODIDAE <i>Crypticerya rosae</i> Riley & Howard <i>Icerya montserratensis</i> Riley & Howard <i>Icerya zereki</i> Cockerell	Cochinilla alechugada Cochinilla acanalada del cocotero Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje		FAMILIA CURCULIONIDAE <i>Limnobaris calandriiformis</i> Champion <i>Litostylus</i> sp. <i>Metamasius hemipterus carbonarius</i> (Chevron) <i>Metamasius hemipterus seniceus</i> (Olivier)		Adulto Adulto y larva Adulto y larva	Masticador estipe Masticador estipe Masticador estipe Barrenador peciolo Masticador follaje	FAMILIA PSYCHIDAE <i>Oiketicus kirbyi</i> Guilding <i>Oiketicus</i> pos. <i>orizavae</i> Schaus	Gusano canasta Gusano canasta	Larva Larva	Masticador de follaje Masticador follaje
FAMILIA DIASPIDIDAE <i>Aonidiella orientalis</i> (Newstead) <i>Aspidiotus destructor</i> Signoret <i>Aspidiotus excisus</i> Green <i>Diaspis boisduvalii</i> Signoret <i>Hemiberlesia laticornis</i> (Signoret) <i>Hemiberlesia</i> sp. pos. <i>palmae</i> (Cockerell) <i>Ichnaspis longirostris</i> (Signoret)	Escama del cocotero Escama amarilla del fruto Escama de gato Escama del peral Escama negra filiforme Piojo blanco menor de los cítricos Adulto y ninfa Chupador follaje y fruto Adulto y ninfa Chupador fruto Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje Adulto y ninfa Chupador follaje y fruto Adulto y ninfa Chupador fruto		<i>Naupactus</i> sp. <i>Parisoschoenus expositus</i> (Champion) <i>Rhinostomus</i> sp. posible <i>barbirostris</i> (F.) <i>Rhynchophorus palmarum</i> L.	Gorgojo de los cortes Picudo del plátano Falsa vaquita Gorgojito menor de los cortes Picudo barbado de las palmas Casanga	Larva Adulto y larva Adulto Adulto Larva Adulto y larva	Barrenador peciolo Masticador follaje Barrenador raquis Masticador, barrenador tallo y peciolo Masticador Barrenador Barrenador tallo Barrenador tallo	FAMILIA TINEIDAE <i>Tiquadra</i> sp. ORDEN DIPTERA FAMILIA STRATIOMYIDAE <i>Plecticus testaceus</i> F. ORDEN HYMENOPTERA FAMILIA FORMICIDAE <i>Atta laevigata</i> (F. Smith)	Gusano cuernito de la palma Gusano canasta Gusano canasta	Larva Larva Larva	Masticador follaje Masticador follaje Masticador fruto

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN PALMA DE ACEITE

ENFOQUE GENERAL

Ingeborg Zenner de Polanía *

Convenio U.D.C.A - CENIPALMA. A.A. 34204, Santafé de Bogotá.

Correo electrónico scudca@itecs5.telecom-co.

INTRODUCCION

La Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (1987), citada por Abdullah (1995) define "desarrollo sostenible" como "un desarrollo para satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer el ingenio de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades". La FAO (1989) amplía este concepto básico, afirmando que "el desarrollo sostenible es el manejo y la conservación del ambiente del recurso natural y la orientación y cambio institucional, de tal modo que asegure la consecución y satisfacción continua de las necesidades humanas para el presente y las generaciones futuras. Así, el desarrollo sostenible conserva el suelo, el agua, los recursos genéticos vegetales y animales, es ambientalmente no degradando, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable". Estos cambios drásticos en el pensamiento humano acerca del desarrollo agrícola, del concepto de "revolución verde" al de "agricultura sostenible", han originado que el sector, involucrado en la investigación agrícola, comparta la preocupación de que los sistemas actuales, altamente productivos, pero muy dependientes de los agroquímicos, cuyo uso ha ocasionado problemas que afectan el ambiente, la seguridad alimentaria, la seguridad de los trabajadores del campo y los costos de producción, requieren de urgentes cambios sustanciales. En otras palabras, para que los actuales sistemas de producción agrícola se tornen sostenibles, se requiere prácticamente dar reversa a un desarrollo de casi un siglo, o sea minimizar la utilización de los recursos no renovables externos y maximizar aquellos ya existentes en los agroecosistemas. CENIPALMA, muy conciente de que solamente a través de investigaciones y la posterior transferencia y adopción de nuevas tecnologías se lograrían estos propósitos, ha enfocado sus proyectos de investigación dentro del concepto de sostenibilidad. Dentro del marco general de esta sostenibilidad, uno de los puntos críticos está comprendido por el Manejo Integrado de Plagas.

En este contexto el enfoque en la palma de aceite se centra en los aspectos o componentes preventivos del MIP, los cuales corresponden básicamente a los diversos tipos de control

biológico y control cultural. La tendencia del enfoque general puede calificarse como un fortalecimiento del control natural a través de una serie de medidas que favorecen a las poblaciones de parasitoides y predadores.

MONITOREO DE INSECTOS PLAGAS

Como punto central, alrededor del cual gira el manejo integrado de plagas en el cultivo de la palma de aceite, se tiene un sistema confiable de detección y monitoreo de los insectos plagas y benéficos. Al contrario del sistema convencional o industrial de monitoreo de insectos plagas, el cual fue establecido para fines de control químico de poblaciones en sus niveles críticos de daño, en la actualidad se está proponiendo e implementando un sistema de detección más riguroso y preventivo, el cual encaja mejor dentro de los principios del MIP, y pretende ante todo evitar las explosiones de poblaciones de las plagas que sí requieren en la gran mayoría de los casos de aplicaciones generalizadas de insecticidas químicos.

En resumen, la lectura o el monitoreo industrial convencional empleado en la mayoría de las plantaciones consiste en revisar en forma sistemática todo el área cultivada en un lapso no mayor de dos semanas. Permite la detección de focos o altas poblaciones de plagas, y la toma de decisiones acerca de una evaluación más precisa. Se realiza sobre una palma por hectárea, la cual corresponde a una estación de muestreo y en esta palma en la hoja 25. Al mostrar los datos obtenidos poblaciones elevadas de una o más plagas, se procede a una revisión especial o suplementaria, la cual se efectúa en las palmas adyacentes a las de la estación de muestreo en máximo tres días (Reyes, 1991; Zenner de Polanía y Posada, 1992).

El nuevo sistema de monitoreo de plagas detección-censo, propuesto por Syed (1988, 1994) y evaluado con éxito en algunas plantaciones de palma de aceite en el país (Suarez Garcia, 1995; Moreno Ruiz, 1995) está compuesto básicamente, como su nombre lo indica, de dos pasos fundamentales. La detección en este modelo consiste en la revisión mensual de todas las palmas de la plantación. Sin embargo, debido al ciclo biológico relativamente largo de la mayoría de las plagas insectiles y su modo de dispersión en los primeros instares, puede ser suficiente inspeccionar ambos lados de las palmas en cada quinta calle de cosecha. Al detectar una plaga en más del 1% de las palmas revisadas se procede a inspeccionar todas las palmas en cada calle de cosecha. Si los conteos revelan más de cinco especímenes de una plaga en una sola palma o números menores en el 20% de las palmas de una hilera, es necesario proceder al censo.

El objetivo primordial del censo es el de determinar la intensidad de la infestación de la plaga. Para esta labor se seleccionan las palmas detectadas previamente con una infestación y en ellas se contabilizan todos los estados de la plaga en tres hojas (cerca a la 9, la 17 y la 25).

Al comparar el procedimiento durante la revisión suplementaria del monitoreo convencional y del censo propuesto por Syed (1988), se detecta, aunque ambos determinan el control biológico natural (CBN), que el censo es más exhaustivo, ya que al examinar los insectos muertos determina en forma más precisa los factores de mortalidad natural.

Si se analiza el cuadro comparativo (Tabla 1) entre los dos métodos de monitoreo, se observa claramente que el sistema Inspección - Censo se ajusta a los propósitos ambientales de un manejo sostenible de los insectos plagas de la palma de aceite.

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO ENTRE DOS SISTEMAS DE MONITOREO DE PLAGAS EN LA PALMA DE ACEITE.

CONVENCIONAL ESTACIONES DE MUESTREO	INSPECCION - CENSO
- Detección insegura o tardía de focos	- Detección segura e inmediata de focos
- Menor nivel de infestación registrado	- Mayor nivel de infestación registrado
- Detección tardía (poblaciones altas)	- Detección temprana (poblaciones incipientes)
- Evaluación superficial CBN	- Evaluación detallada del CBN
- Tratamineto curativo	- Tratamiento preventivo
- Tratamiento general (Químico)	- Tratamiento focos (otras alternativas)
- Bajo costo en personal capacitado	- Alto costo en personal capacitado (6 a 13 veces mayor)
- Alto costo insecticidas y aplicaciones	- Ahorro en insecticidas y aplicaciones

FORTALECIMIENTO DEL CONTROL BIOLÓGICO NATURAL

Dentro del MIP, la modificación del ambiente para incrementar las poblaciones de los insectos benéficos presentes naturalmente o introducidos al agroecosistema palma de aceite, cobra especial importancia. El monocultivo perenne, de por sí, brinda un medio estable a la fauna benéfica, a menos que el hombre intervenga y la destruya.

La tendencia dentro del concepto de la "revolución verde" fue la de no permitir ninguna competencia por parte de plantas extrañas o malezas, mientras que la agricultura sostenible reconoce el valor de

muchas plantas no cultivadas y ya ni las denomina "malezas", término que induce a la destrucción indiscriminada por el hombre, sin pensar en la potencialidad que pueden tener, sino "arvenses". El papel que juegan estas plantas en el mantenimiento de los adultos de himenópteros y de dípteros parasitoides y de muchos predadores, proporcionándoles polen, nectar y otras sustancias, o sea proteínas, carbohidratos y aceites esenciales en estructuras específicas, aunque conocido desde hace muchos años, apenas ahora esta siendo aprovechado por el hombre. Como ejemplo clásico en el país se puede mencionar la importancia para la supervivencia, longevidad y fecundidad de *Paratheresia claripalpis* (Wulp) y *Lixophaga diatraea* (Townsend) (Diptera: Tachinidae), parasitoides de *Diatraea saccharalis* (F.) de la chilca, cadillo o chipaca *Bidens pilosa* L. (Compositae), en el Valle del Cauca, descubierto hace aproximadamente 30 años. Esta planta además de importancia apícola posee principios alelopáticos.

Al ambiente palma de aceite no solamente se han adaptado los insectos plagas, cuyos huéspedes primarios son plantas nativas tales como las pertenecientes a las familias Palmaceae y Musaceae, sino también los enemigos naturales de estos fitófagos. Los adultos de estos insectos benéficos requieren sin embargo para poder desarrollar todo su potencial de controladores naturales de alimento y albergue específico, lo cual les proporcionan ciertas plantas de crecimiento espontáneo. Reconocer a estas plantas, estudiar sus aspectos fisiológicos, buscar una distribución y combinación apropiada dentro de los lotes de palma de aceite para que su presencia y mantenimiento se convierta en un componente de control cultural favorecedor del control biológico dentro del MIP, es otro de los enfoques de los trabajos de investigación de CENIPALMA.

Los estudios realizados hasta el momento en diversas zonas palmeras del país (Escobar, 1995; Rincón, 1995; Fonseca, 1995) permiten una serie de conclusiones positivas al respecto. Las plantas pertenecientes a las familias Leguminosae, Labiatae y Euphorbiaceae albergan en un momento dado un elevado número de himenópteros benéficos de las familias Chalcididae, Ichneumonidae, Braconidae y Eulophidae. Entre las leguminosas se destacan *Cassia* spp. (bicho) y *Crotalaria* sp.; entre las labiadas dos especies de *Hyptis* (cordón de fraile) y entre las Euphorbiaceae *Croton hirtus* (L.) Herit (Pata de tortola). Esta última presenta glándulas con cabillos en el envés, en las cuales se produce el aceite de croton.

La comparación del parasitismo natural de *Stenomoma cecropia* Meyrick (Lepidoptera: Stenomidae) entre tres lotes de palma de aceite reveló que aquél que poseía la combinación de *C. tora* e *Hyptis atrorubens* Poit mostró un parasitismo natural del 46%; en el lote donde crecían *C. trinitalis* y *Crotalaria* sp. el porcentaje alcanzó un 36,7%, mientras que en el tercer lote, en el cual predominaban gramíneas solamente se observó un 17,1%. La mayor abundancia o fecundidad de los parasitoides observados en los dos primeros lotes no se puede atribuir solamente a la existencia de flores en un momento dado en las plantas estudiadas. En estas plantas existen otras estructuras extraflorales que brindan alimento y constituyen sustancias atrayentes para los adultos, como por ejemplo glándulas nectaríferas en las hojas de muchas arvenses, especialmente leguminosas.

Para estas plantas benéficas ya se conocen algunos aspectos fisiológicos, el modo de reproducción, época de floración y producción de semilla, y requerimientos de humedad, así que su aprovechamiento en las plantaciones de palma de aceite puede considerarse un hecho.

Aunque todas las investigaciones contabilizaron además de los especímenes del Orden Hymenoptera los individuos pertenecientes al Orden Diptera, estos no fueron determinados hasta familia. Para el futuro se evaluará adicionalmente a las especies de la familia Tachinidae y como plantas benéficas a las pertenecientes a las Compuestas.

Dentro del enfoque del fortalecimiento del control biológico natural como componente del MIP en las plantaciones de palma de aceite debe tenerse muy en cuenta el papel que representan las hormigas predatoras y entre ellas *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae). Este género ha demostrado ser un eficiente controlador natural de la chinche de encaje, *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) en algunas plantaciones de la Costa Atlántica (Aldana de La Torre et al., 1995). Las plantas, del género *Cassia* (Leguminosae) poseen por ejemplo unas glándulas nectaríferas en las bases de las hojas, las cuales son de gran valor en el mantenimiento de la hormiga *Crematogaster* sp. en sitios específicos de las plantaciones, ya que las sustancias azucaradas producidas por la planta pueden reemplazar la mielecilla producida por los homópteros con los cuales a menudo se asocia simbioticamente la hormiga.

Además vale la pena mencionar que entre los artrópodos que también aprovechan estas sustancias producidas por ésta y otras especies de leguminosas se encuentran algunos ácaros predatoros de la familia Phytoseiidae (Parasitiformes, Mesostigmata).

CONTROL BIOLÓGICO APLICADO

El MIP en palma de aceite no termina en el campo. Sigue la ruta de los racimos cosechados a las plantas extractoras y regresa al campo con el raquis o tusa. En promedio, una hectárea de palma de aceite que produce 14 ton de racimos genera durante el proceso industrial de extracción de aceite 3,5 ton de raquis, subproducto que se utiliza como abono orgánico en las plantaciones. Esta materia orgánica en descomposición es uno de los sustratos de cría preferidos por la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae), la cual ha causado problemas serios al sector ganadero, ubicado en las cercanías de las plantaciones de palma.

Para el manejo sostenible de esta plaga, CENIPALMA ha evaluado una serie de controles, tanto biológicos como culturales, los cuales están siendo implementados con éxito en plantaciones de la Orinoquía Colombiana y constituyen un avance positivo para lograr el equilibrio faunístico deseado para el cultivo de la palma de

aceite. Este programa de manejo consiste básicamente en la cría masiva del parasitoide de pupas, *cameroni*

Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) y su liberación acorde al ciclo biológico de la plaga en el campo y a las condiciones climáticas reinantes. El monitoreo de las poblaciones de *S. calcitrans* se realiza con trampas pegajosas de color azul. Durante las épocas de lluvia se complementa la acción del parasitoide con aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* (Diaz et al, 1995; Mora Toquica, 1995; Luna Riaño, 1995).

Del conjunto del enfoque de las prácticas aquí mencionadas, las cuales ya son un hecho aplicado en el MIP de la palma de aceite, se concluye que este cultivo esta cumpliendo con un alto porcentaje de los requisitos de una agricultura sostenible.

BIBLIOGRAFIA

ABDULLAH,S. 1995. Irrigated Agriculture for sustainable food production. En: Proceedings of Tokyo Symposium on Sustainable Agriculture and Rural Development. 27-29 Nov. 1995.

Tokyo, Japan. p.19-36.

ALDANA DE LA TORRE, J., CALVACHE G.,H., MENDEZ, A. 1995. Distribución de hormigas y su efecto sobre *Leptopharsa gibbicarina* en una plantación de Palma de Aceite.

Palmas (Colombia). v.16.no.3. p.19-23.

DIAZ,L.J.;LUQUE,J.E.; CALVACHE,H. 1995. Estudios básicos para un manejo integrado de la mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). En: Resúmenes XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santafé de Bogotá, Julio 26,27 y 28 de 1995. p.33

ESCOBAR B.,B.A. 1995. Evaluación de la flora (biodiversidad) en la normalización de los niveles poblacionales de *Stenomoma cecropia*. Informe de labores. Cenipalma . s.p.

LUNA RIAÑO,J.E. 1995. Proyecto Manejo Integrado de la mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). Informe Anual. Cenipalma. s.p.

MORA TOQUICA,L.S. 1995. Manejo Integrado de *Stomoxys calcitrans* (L.) en subproductos del cultivo de palma de aceite. En: Resúmenes XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santafé de Bogotá, Julio 26,27 y28 de 1995. p.49.

MORENO RUIZ, C.F. 1995. Evaluación de dos sistemas de monitoreo de plagas en palma de aceite para un programa de manejo integrado. Informe Final. Cenipalma, U.N. de Colombia. Fac. Agronomía, Santafé de Bogotá. s.p.

REYES R.,A. 1991. Manejo eficiente de la Sanidad en plantas de palma de aceite. Palmas (Colombia).v.12.no.especial. p.57-66.

RINCON B., N.J. 1995. Reconocimiento y evaluación de reservorios naturales de insectos benéficos. Informe de Actividades. Cenipalma. s.p.

SUAREZ GARCIA, S. 1995. Evaluación de dos métodos de revisión para la plaga *Stenomacropia* Meyrick en palma de aceite. Tesis I.A. U.N. de Colombia. Santafé de Bogotá. 78 p.

SYED, R.A. 1988. Report on Management of African Oil Palm Pests in Colombia S.A. Informe Cenipalma. 27p.

SYED, R.A. 1994. Estudio del manejo de plagas en palma de aceite en Colombia. Palmas (Colombia). v.15.no.2. p.55-68.

ZENNER DE POLANIA,I.; POSADA F.,F.J. Manejo de Insectos, plagas y benéficos de la palma africana. ICA. Manual de Asistencia Técnica No.54. Produmedios (Colombia). 124p.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN PALMA DE ACEITE CASOS ESPECIALES

Hugo Calvache Guerrero

Ing. Agr. Líder Área de Entomología CENIPALMA - A.A. 252171

Correo electrónico: cenipalma.zeus.uniandez.edu.co.

En la formulación de programas de investigación en manejo integrado de plagas o en la formulación de programas de manejo de plagas, se puede llegar a idealizar tanto que este se vuelva impracticable, muy lejano de la realidad. Y así se ha tomado al manejo integrado de plagas, y así lo consideran quienes prestan asistencia técnica, circunstancia por la cual, la transferencia de tecnología y la adopción, en este campo, es quizá uno de los más difíciles, a pesar de las evidencias cada vez más claras en el manejo de plagas. Pero quienes estamos comprometidos en esta acción, debemos continuar impulsando el concepto de manejo integrado de plagas, cuyo papel en cultivos de carácter perenne como el de la palma de aceite, es fundamental.

En conferencia anterior ya se vió un enfoque general de lo que debe ser un programa de manejo integrado de plagas y en cuya concepción viene trabajando CENIPALMA. Ahora veamos unos casos concretos de éxito logrados en este campo durante el último año, los cuales constituyen la base para continuar adelante para hacer del manejo integrado de plagas de la palma de aceite, una realidad. Estos trabajos han sido ejecutados por profesionales de CENIPALMA y estudiantes de las Universidades Nacional de Santafé de Bogotá y Pedagógica y Tecnológica de Colombia e Instituto Universitario de la Paz.

Caso 1

MANEJO DE LA "MOSCA DE LOS ESTABLOS"

El incremento de las poblaciones de moscas, especialmente las de la mosca de los establos, ocasionado en gran parte por un deficiente control de esta plaga en las fincas ganaderas y por la utilización de los residuos de cosecha de la palma de aceite en el proceso productivo de la misma, ha originado un problema preocupante para ganaderos, palmicultores y ciudadanía en general.

La mosca de los establos debe manejarse con un criterio integral, tanto en el sector ganadero donde se alimentan las moscas en estado adulto, como en el sector palmero donde se desarrollan las poblaciones larvales. Es muy semejante en apariencia a la mosca doméstica. Su mayor diferencia radica en un aparato bucal picador, adaptado para perforar la piel y la succión de sangre. Se la observa con frecuencia en el interior de las edificaciones, como los establos o reposando en los muros, cercas o ambiente natural.

El ganado caballar y mular es el predilecto por estas moscas. Además, parasitan perros, vacas y aún a los humanos a los cuales pueden picar. Aunque la nutrición sanguínea es parte de su alimento y es necesaria en las hembras para la maduración de los huevos, estas moscas pueden alimentarse de otras sustancias líquidas.

La picadura es dolorosa y la toma de sangre se completa en dos o cuatro minutos; la actividad de estas moscas es mayor en horas calurosas del día. Una mosca puede picar dos o tres veces al día y una vez llenas de sangre buscan un sitio para posarse y descansar.

La cópula se efectúa por regla general 1 o 2 días después de la aparición de los insectos adultos. Es característico que un macho fecunde varias hembras. La puesta de huevos no la hace de una vez, sino en dos o tres ocasiones, aprovechando para picar, de nuevo a los animales. En la tusa fresca, los huevos son ovipositados a partir del 4o. o 5o. día, de manera que las primeras larvas se pueden observar desde el día 6o. en adelante.

El estiércol de caballo, vaca, cerdo y, en general la materia orgánica en descomposición, son los sitios preferidos para efectuar su postura. Por esto, la tusa de los frutos de la palma de aceite, constituyen un excelente sustrato para la oviposición.

Transcurridos dos o tres días nacen las larvas. Se alimentan de la materia orgánica donde estuvieron ubicados los huevos. Entre quince a veinte días, y después de sufrir tres fases, abandonan la materia orgánica en que han vivido para buscar tierra limpia y transformarse en pupa.

En un período de 5 - 6 días se transforman en adultos (mosca). La duración del ciclo completo de huevo a adulto, es de 23 - 33 días.

MANEJO

Toda estrategia de control de un parásito cualquiera, está basada en manejar las relaciones biológicas entre el huésped (el animal), el parásito (la mosca *Stomoxys calcitrans*) y el ambiente (clima, alimentación y manejo). En el caso de la mosca *Stomoxys calcitrans* se han estructurado las siguientes estrategias de manejo con excelentes resultados.

Manejo de larvas

- amontonar la tusa en sitios de acopio con el fin de reducir el área de exposición para la oviposición y desarrollo larval. Estos sitios deberán estar ubicados, en lo posible, en áreas distantes de explotaciones pecuarias.
- Debido a los altos costos de la operación anterior, por los hábitos del insecto, es posible dejar la tusa en montones a lo largo de las vías o de las líneas dentro de los lotes, para después de un tiempo prudencial, dispersarla sobre la superficie del suelo.
- En época de lluvias, cuando suben las poblaciones de las moscas, aplicar *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*.
- Propiciar el establecimiento de aves insectívoras alrededor de los montones de tusa, mediante un adecuado manejo del problema.

Manejo de pupas

Liberación inundativa del parasitoide *Spalangia* spp. dando preferencia a *S. chontalensis* Cameron respecto de *S. cameroni* Perkins en una proporción de 3 a 1, respectivamente.

El término "inundativa" se refiere a cantidad y periodicidad. Aunque los trabajos de investigación aún no han dado los resultados finales, se considera que 5.000 pupas parasitadas por tonelada de tusa cada 30 días, puede ser una buena opción en el establecimiento de un programa de control biológico.

Evaluar periódicamente el porcentaje de pupas parasitadas de la mosca por *Spalangia* en el campo, es una buena práctica para precisar el establecimiento de este parasitoide y determinar de esta forma la cantidad y frecuencia de las liberaciones.

Para asegurar el establecimiento del parasitoide en el campo y propiciar una mejor acción de este, es necesario:

Proteger las pupas parasitadas que se llevan al campo para la liberación del parasitoide, de manera que no sean presa fácil de hormigas y depredadores, o de las condiciones climáticas.

Crear un entorno ecológico adecuado mediante la siembra de plantas nectaríferas. En los Llanos Orientales la planta "Crotalaria" y "Pata de tórtola" son muy abundantes y constituyen un buen ejemplo de plantas atrayentes de insectos benéficos.

Un programa de control biológico es incompatible con el uso de insecticidas, además de que estos son ineficaces en el control de las poblaciones de la mosca.

Manejo de adultos

- Utilización de trampas

Las trampas adhesivas de color azul son las que mejores resultados han dado, tanto a nivel experimental como comercial. Se debe utilizar un pegante eficiente que resista la acción del clima. Las trampas deberán ubicarse alrededor de los sitios de acopio de tusa, cerca a la planta extractora y piscinas de efluentes, y cerca a los linderos de la plantación, especialmente de explotaciones pecuarias.

Caso 2

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN LAS POBLACIONES Y DAÑOS DEL ACARO *Retractus elaeis* Keifer (ACARINA : ERIOPHYDAE), EN PUERTO WILCHES (SANTANDER)

Entre los problemas fitosanitarios que revisten importancia en la Zona Central del país, el ácaro *Retractus elaeis* Keifer, se perfila como una plaga de gravedad extrema. El daño de este ácaro, consiste en un anaranjamiento continuo y permanente del área foliar de la palma, el cual degenera en

un secamiento final del follaje afectado. Su incidencia es más notoria en las plantaciones del Magdalena Medio y se le asocia con disminuciones sensibles en la productividad de los cultivos.

El ácaro tiene una gran facilidad para adaptarse a condiciones de baja o alta luminosidad; esto último se consideraba como una limitante desfavorable para el desarrollo del ácaro. Con el propósito de encontrar medidas de control del ácaro y disminuir la incidencia de su daño, se planeó este estudio cuyo objetivo es el de manejar la plaga con una adecuada fertilización de la palma de aceite.

El presente estudio se desarrolla en la plantación Oleaginosas Las Brisas S.A., en Puerto Wilches. Para medir el efecto de la fertilización sobre la población y el daño del ácaro, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se evaluó el sistema comercial de fertilización que usa la plantación (T0) frente a los siguientes tratamientos:

T1 = Aplicación de azufre y potasio adicional; T2 = Adición de raquis; T3 = Adición de boro; T4 = Adición de zinc. En la tabla 1, se observa la definición de los tratamientos.

La fertilización del testigo se hizo con cloruro de potasio (150 g/palma); Agrofoscal (613 g/palma); bórax (50 g/palma); Carbonato de Magnesio (1000 g/palma). Las adiciones al testigo para formar los tratamientos fueron: Sulfato de Potasio (2500 g/palma = 425 g de S + 1250 g de K₂O); Kelatex Boro (37.5 gr./palma = 7.5 g de B); Kelatex Zinc (167 g/palma = 15 gr. de Zinc) y 600 Kg. de raquis /palma. La fertilización suplementaria se realizó en la primera semana de noviembre de 1996.

Tabla 1. Definición de tratamientos

Tratamiento	Nutriente (g/palma)				Raquis (kg/palma)
	K ₂ O	B	S	Zn	
T0	450	7.5	-	-	-
T1	1700	7.5	425	-	-
T2	450	7.5	-	-	600
T3	450	15.0	-	-	-
T4	450	7.5	-	15	-

El sulfato del potasio se aplicó en corona a 2 m del estipe; los quelatos en corona, a 50 cm del estipe; el raquis alrededor de la palma dejando libres el plato y la calle de cosecha.

Las evaluaciones de la población se hacen en 81 foliíolos por tratamiento (nueve foliíolos por palma y tres palmas por parcela); los foliíolos son cortados en la parte central de la hoja número 17, que es donde se ubica el mayor porcentaje de la población. El conteo de ácaros se hace al estereoscopio en laboratorio. El grado de anaranjamiento se califica mediante una escala de 0 a 5, en donde 0 es sano; y 5 es muy grave. Las evaluaciones de población y grado de anaranjamiento se realizan con una frecuencia mensual.

RESULTADOS INICIALES

En la tabla 2 se presenta el efecto de los tratamientos en el control del ácaro el cual, en el tratamiento 1 alcanzó y superó el nivel del 80% desde el segundo mes de su aplicación. Como puede apreciarse en la Figura 1, hasta ahora, la mayor disminución en la población del ácaro se viene dando en los tratamientos 1 y 3; en el tratamiento 1, la respuesta que se observa a la adición del azufre y potasio, como complemento a la fertilización comercial, muestra una disminución de la población promedio inicial de 965 ácaros por tratamiento a 101 a los 120 días.

En el tratamiento 3, también se observa una disminución en la población del ácaro, como respuesta a la aplicación del Boro, donde se pasó de 1647 a 489 ácaros por tratamiento, 120 días después de aplicado el tratamiento.

En el caso del tratamiento 2 que corresponde a la adición de 600 kg de raquis por palma, a los 120 días comienza a observarse alguna respuesta positiva y la población a descender ligeramente. El tratamiento cuatro, correspondiente a la adición de Zn, ha dado resultados negativos.

En el caso del anaranjamiento, se requiere de un mayor periodo de observación, ya que el daño ocasionado al follaje por el ácaro en el momento de su alimentación, se convierte en un anaranjamiento unos 45 días después. Sin embargo, en el tratamiento uno ya se observa a los 90 días, una tendencia a disminuir (Fig. 2).

Aún cuando la naturaleza de este tipo de estudio requiere de un mayor número de observaciones, es notorio el efecto de la adición de ciertos nutrientes en la población del ácaro. Con la información captada, pueden formularse las siguientes conclusiones preliminares:

- Una fertilización adecuada puede tener efectos favorables para el mantenimiento de niveles bajos de población del ácaro *R. elaeis*.

Con la adición de sulfato de potasio, se ha logrado un control del 86.3% del ácaro.

- Adicionando Boro, y raquis (tusa) también se ha logrado disminuir la población del ácaro en el follaje en un 27.5% y 33.6% respectivamente.

- En general puede decirse que la fertilización se perfila como un método alternativo para lograr un manejo de las poblaciones del ácaro e incluso de otras plagas del cultivo.

Tabla 2. Porcentaje de control del ácaro *R. elaeis* obtenido a los 30, 60, 90 y 120 días después de aplicados los diferentes tratamientos de fertilización, con relación al testigo (T0)

	T1	T2	T3	T4
Dic/95	37.2	2.1	6.3	0.0
Enero/96	80.2	42.3	57.9	0.0

Febrero/96	84.3	52.6	55.1	0.0
Marzo/96	86.3	27.5	33.6	0.0

Figura 1. Evolución de la población de *R. elaeis* en las parcelas sometidas a diferentes tratamientos de fertilización

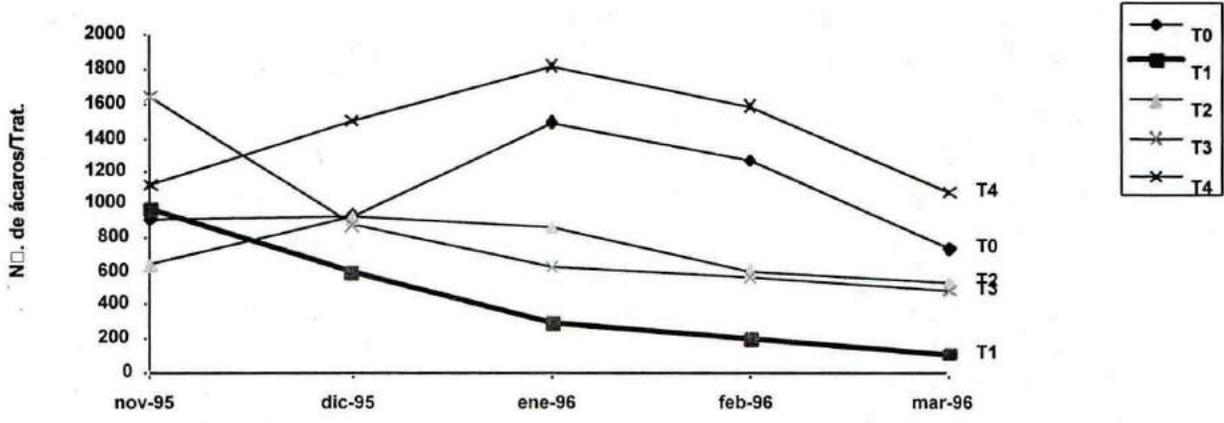
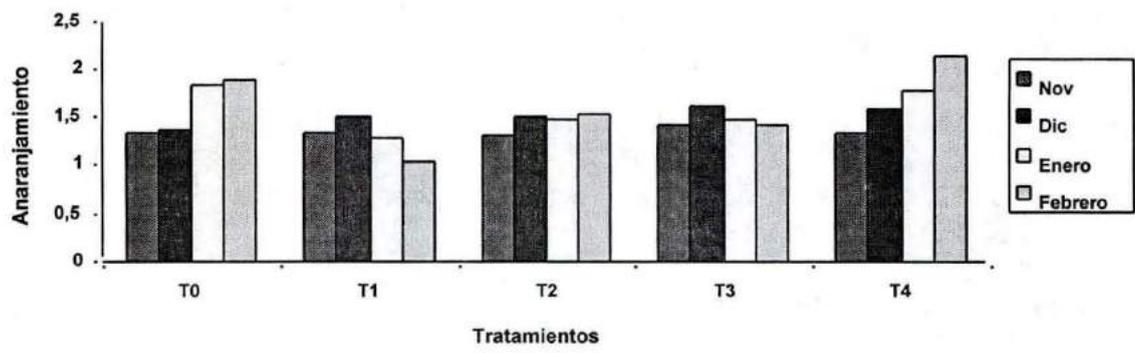


Figura 2. Grado de anaranjamiento promedio registrado en cada uno de los tratamientos



Caso 3

MANEJO DE *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (HEMIPTERA: TINGIDAE) CON LA HORMIGA *Crematogaster* sp.

Uno de los principales problemas fitosanitarios de la palma de aceite en las zonas Central y Norte del país está constituido por el añublo foliar o pestalotiopsis, el cual a su vez, está estrechamente correlacionado con la presencia y daño de insectos, especialmente la chinche de encaje *Leptopharsa*

gibbicularina Froeschner. El control de la enfermedad siempre ha estado dirigida al insecto inductor de la enfermedad y el método por excelencia de control ha sido el químico. En la actualidad este sistema de represión de plagas ha originado otros problemas como resistencia, presencia de otras plagas, disminución de polinizadores, e incremento de los costos de producción. Por esta razón se ha buscado en los factores de mortalidad natural el o los agentes reguladores más promisorios para la implementación de un programa de manejo integrado de plagas.

Dentro de este reconocimiento inicial, en la Finca Macaraquilla (Aracataca, Magdalena) se seleccionaron dos lotes, uno con alta población de la chinche y otro con muy baja población. El organismo regulador de esta situación contrastante siempre fue la hormiga *Crematogaster* sp. (Hymenoptera : Formicidae) lo cual fue verificado estadísticamente. Aun que se encontraron hongos afectando a la chinche con un porcentaje de mortalidad en adultos, superior al 30% dadas las condiciones de alta humedad registradas durante 1995, especialmente en el segundo semestre, siempre fue la hormiga la afectó el nivel de la población de la chinche.

En la finca Nuestra Señora ubicada en Aracataca Magdalena Zona Norte, se desarrolló un estudio dirigido a determinar la relación existente entre la chinche de encaje *L. gibbicularina* y las diferentes especies de hormigas asociadas a la palma de aceite, encontrándose 22 especies pertenecientes a 14 géneros, de los cuales los tres más importantes fueron, *Crematogaster*, *Camponotus* y *Ectatomma*. Se realizaron observaciones ecológicas detalladas de los tres géneros en cada una de las palmas donde se encontraban, y se colocaron cebos de pescado para determinar la dominancia de las hormigas más abundantes. Estos estudios mostraron a *Crematogaster* como el género de hormiga presente en el mayor número de palmas evaluadas.

Las observaciones de campo, los ensayos y los análisis estadísticos mostraron una relación inversamente proporcional entre la chinche y la hormiga, en dos lotes analizados uno con poblaciones altas y otro con poblaciones bajas de chinche se encontró que si aumentaba la población de hormigas disminuía la chinche y si la población de la chinche era alta posiblemente la hormiga se presentaba en baja población.

Paralelamente se desarrolló un trabajo en la finca las Delicias para conocer el efecto de depredación y repelencia de la hormiga. En este trabajo se recomendó un método para el mantenimiento de colonias y evaluación en condición de laboratorios, se planteó la necesidad de manejar esta hormiga como sociedad más no como individuo y se implementó una metodología para el transporte y distribución de colonias.

En la finca Las Delicias ubicada en el corregimiento de Tucurín (Ciénaga, Magdalena), después de comprobar la acción benéfica de la hormiga *Crematogaster* sp. sobre la chinche de encaje, se procedió a conocer el comportamiento ecológico de la hormiga dentro del sistema de palma de aceite; a evaluar los efectos de la introducción de la hormiga *Crematogaster* sp. en lotes de palma sobre la chinche; y establecer un sistema que permita incrementar las poblaciones de la hormiga *Crematogaster* sp. en campo.

Se observó la presencia de nidos naturales hechos por las hormigas sobre las bases peciolares de hojas de la palma, cortados por cosecha o poda. La colonia pudo ocupar un número seguido de estas bases peciolares en forma de espiral, circular, o de ambas. Las colonias de hormigas se

ubicaron en el estipe desde la base de la palma hasta una altura aproximada de 2,80 m, colonizando varias bases peciolares de una misma palma. En general, a las palmas que se les observó presencia de hormigas, tenían reducida la población de la chinche, en comparación con las palmas que no tenían hormigas. La sola presencia de una palma con hormigas en el estipe, puede ser fuente para que haya presencia de hormigas en algunas de sus hojas, como para otras hojas de palmas vecinas, debido al traslape o cruce entre las hojas de otras palmas, dando lugar a la formación de focos de hormigas, con solo una colonia. En las palmas a las cuales se les realizó la aplicación de químicos contra la chinche, en la gran mayoría no se observó presencia de hormigas sobre las hojas, pero sí se observaron sobre el estipe; esto ayuda a mostrar que hay una relación entre *L. gibbicularina* y la hormiga *Crematogaster* sp. Una palma con nidos en el estipe puede ser fuente de dispersión para otras palmas, al entrecruzarse las hojas esto se observa al encontrarse palmas que no tuvieron presencia de nidos de hormigas en su estipe pero si presentaban hormigas en sus hojas, siguiendo así una forma de dispersión.

Las hormigas al desplazarse por las hojas, no siguen un patrón definido de distribución. Y no buscan la chinche sino que, esta es depredada a medida que, la encuentran en su camino. La mayor cantidad de hojas colonizadas, se inició desde los niveles foliares inferiores y fue disminuyendo a medida que ascendió en el nivel.

No se llegó a encontrar hormiga depredando polinizadores ni invadir estas inflorescencias, los frutos en los cuales estuvo presente eran ya maduros o en estado de maduración. El mayor número de hojas fueron colonizadas en los primeros días, de haber puesto las bases peciolares y es allí donde se pasó la hormiga hacia otras hojas de palmas que se entrecruzaban, al igual que las construcciones de jardines. Cuando se pudieron visualizar pistas de hormigas claramente, entre palma y palma por el suelo, se encontró que iban siguiendo todas un mismo, recorrido y el trayecto mas largo observado fue de aproximadamente nueve metros.

Se debe utilizar una colonia completa por su funcionamiento como una sociedad por castas donde todo se realiza por orden de la hormiga reina, se observo que las hormigas obreras al no tener esta condición de mando o jerarquía, desaparecen.

No fue necesario instalar las colonias de hormigas en el estipe en partes altas, ya que estas hacen su nido a diferentes alturas sin importar donde se hayan colocado. Hay que ponerlas a la altura que se facilite. Se observó como las hormigas obreras descendían con los estados inmóviles a bases peciolares mas bajas y mas secas.

Hay un factor que está influyendo para que disminuyan las poblaciones de hormigas; el hecho que las hormigas desciendan al suelo, una precipitación alta puede inundar y cubrir parte de las bases de algunas palmas y producir una disminución de las población de estas.

Se observó que las palmas invadidas por plantas saprofitas y que tienen homopteros presentan mayor población de hormigas. En el lote se encontraron malezas que presentaron néctarios extraflorales, y algunas malezas que en sus yemas de crecimiento expelían o presentaban alguna sustancia que hacían que las hormigas estuvieran presentes.

Con base en lo anterior se estableció un programa de investigación para llegar a un manejo de la chinche en la Hda. Tequendama del municipio de Aracataca. Se estan evaluando 4 tratamientos para

el manejo de *Leptopharsa* y del complejo Pestalotiopsis, referidos a la adición de tusa al suelo, incremento de la hormiga, incremento de la flora benéfica, integración de los tratamientos anteriores y un testigo, todos dirigidos a incrementar la población de hormiga dentro de los lotes experimentales. En la actualidad, las plantas atrayentes de insectos benéficos apenas se encuentran en estado de desarrollo, circunstancia por la cual no se ven sus efectos. Sin embargo, los demás tratamientos ya tienen un efecto positivo respecto al testigo, en cuanto al número de chinches por hoja y al daño o quemazón de las hojas. Esta información es muy importante para la definición de una estrategia de manejo integrado del complejo *Leptopharsa* - pestalotiopsis, estrategia que cada vez se consolida como una alternativa para el manejo de esta plaga (Tabla 3).

TABLA 3. NUMERO DE PALMAS CON HORMIGA, NUMERO DE CHINCHES POR HOJA Y DAÑO DE PESTALOTIOPSIS EN CADA UNA DE LAS PARCELAS CON TRATAMIENTOS DIFERENTES. HDA. TEQUENDAMA 1996

TRAT.	LOTE	MARZO		MAYO	
		(1)	(2)	(3)	(2)
Hormiga	18B	40	5	1,6	3,8
	1C	23	0,7	1,5	2,1
	1C	31	3,2	1,2	2,2
	Promedio	31,3	3,0	1,4	2,7
Plant. benef	18B	15	21,6	2,5	2,8
	21B	9	4,6	2,9	28,8
	21B	12	18,2	2,6	7,1
	Promedio	12	14,8	2,7	12,9
Tusa	21B	10	10,1	1,9	7,6
	21B	5	7,7	2,0	8,2
	1C	5	7,8	2,0	8,6
	Promedio	6,6	8,5	2,0	8,1
Integración		13	12,2	0,8	10,3
		10	9,1	1,0	7,4
		25	1,5	0,8	3,2
	Promedio	16	7,6	0,9	7,0
Testigo	18B		56,0	2,5	33,0
	21B		55,0	2,7	36,0
	1C		19,6	3,0	39,0
	Promedio		43,5	2,7	36,0

(1) Número de palmas con hormiga

(2) Número de *Leptopharsa* por hoja

(3) Daño en una escala de 0 a 5 (0 = sin daño; 5 = daño muy grave)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CENIPALMA . 1995. Informe anual de labores 1994 - 1995. Fedepalma. Informe anual de actividades. Santafé de Bogotá. p 47 - 73

CENIPALMA . 1996 Informe anual de labores 1995. Fedepalma. Informe anual de actividades 1995 - 1996. Santafé de Bogotá. p 75 -108

DIAZ, L. 1995. Estudios básicos para un manejo integrado de la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans* (Diptera : Muscidae). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. 95 p.

LIZARAZO, L. F. 1996. Efecto de la fertilización en las poblaciones y daños del ácaro *Retractus elaeis* Keifer (Acari : Eriophyidae) en palma de aceite en Puerto Wilches (Santander). Tesis Ing. Agr. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 63 p.

LUNA, J.E. 1994. Evaluación de la entomofauna benéfica en la regulación de poblaciones de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera : Tingidae) en la Zona de Aracataca (Magdalena). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia., Santafé de Bogotá. 86p.

MONTAÑEZ, M. L. 1995. Estudios para la introducción de la hormiga *Crematogaster* en un lote de palma en la Zona de Tucurín (Ciénaga, Magdalena). Informe de pasantía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

DISEMINACION DEL ANILLO ROJO HOJA CORTA EN PALMA DE ACEITE

Hugo Calvache Guerrero

Ing. Agr. Líder Area de Entomología CENIPALMA A.A. 252171

Correo electrónico: cenipalma. zeus. uniandes. edu. co.

La diseminación del nematodo se realiza a través de insectos. Las pruebas realizadas para verificar si había diseminación por agua o suelo han sido negativas. Los estudios realizados hasta ahora en Colombia, en palma de aceite, han permitido registrar las siguientes especies como portadoras del nematodo: *Rhynchophorus palmarum* L., *Dynamis borassi*, *Metamasius hemipterus* L., *Limnobaris calandriiformis* Champion (Coleoptera : Curculionidae) y *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera : Scarabaeidae).

ESPECIES PORTADORAS DEL NEMATODO

Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera : Curculionidae)

Esta especie ha sido considerada como el principal, y para muchos, el único vector del nematodo. Sin embargo, los trabajos de CENIPALMA y los registros de algunas plantaciones de los Llanos Orientales, no han permitido visualizar alguna correlación entre la población capturada de *R. palmarum* y la incidencia de la enfermedad en las mismas. Por su parte en Centroamérica (Chinchilla, 1992), consideran que aunque no parece existir mayor duda sobre el papel de este picudo en la diseminación de la enfermedad, no necesariamente existe relación entre el nivel de su población y la incidencia de la enfermedad.

Este insecto se ha registrado en todas las zonas productoras de palma en Colombia y los porcentajes de la población portadora varían de una zona a otra, dependiendo del manejo dado al problema. De todas maneras, esta población siempre ha sido la más alta respecto a otros insectos portadores.

Esta especie, al igual que otros curculionidos relacionados con el problema, adquiere el nematodo en su estado larval, cuando se desarrolla en tejidos contaminados. En el estado adulto, puede inocular el nematodo en palmas sanas, por medio de sus procesos fisiológicos, especialmente a través de la oviposición, atraído por los tejidos en fermentación, en heridas, o en cortes de hojas.

***Dynamis borassi* L. (Coleoptera : Curculionidae)**

Especie muy parecida a la anterior, registrada en las zonas Occidental y Oriental. Hasta el momento sólo se ha registrado como portadora en la zona de Tumaco, donde los porcentajes de la población portadora es tan alta como la de *R. palmarum*.

***Metamasius hemipterus* (Coleoptera : Curculionidae)**

Especie ampliamente distribuida en todo el país, cuyas poblaciones alcanzan niveles muy altos, hasta 5 - 6 veces los de *R. palmarum*, en la Zona Oriental. Esta especie se ha encontrado como portadora y vectora del nematodo en los Llanos Orientales, donde, aunque el porcentaje de insectos portadores es bajo, por los altos niveles de las poblaciones se ha convertido en un problema real.

El insecto inmediatamente después del corte de hojas, llega a la superficie del corte o de la herida de la palma o de la hoja eliminada, para alimentarse y ovipositar en ella. Desarrolla los estados de larva y pupa en las bases peciolares de la palma o en los raquis de las hojas cortadas, localizadas en las paleras. La mayor concentración de adultos de *M. hemipterus* sobre una herida fresca, se presenta entre las 24 y 72 horas después del corte aunque estos pueden permanecer sobre ellos hasta 14 - 16 días después.

En uno de los reconocimientos realizados en un lote con alta incidencia de la enfermedad, se encontró que el 99% de las palmas tenían algún estado de desarrollo del insecto, huevo, larva, pupa o adulto. De 1.000 bases peciolares observadas, solo el 27,7% estuvo libre del insecto. Por su parte, el 100% de los raquis que se encontraban en proceso de descomposición en el suelo tuvieron algún estado de desarrollo de *Metamasius*.

Es bien claro que las condiciones para la sobrevivencia del insecto están dadas en el ambiente de la palma, en nichos relativamente pequeños, de manera que el adulto puede desplazarse fácilmente de la palma a la palera y viceversa, en distancias muy cortas, lo cual contribuye a la presencia de niveles altos de sus poblaciones en áreas más o menos reducidas, donde puede evolucionar la enfermedad más rápidamente, formando focos.

La superficie de los cortes de las hojas en la cosecha o en la poda constituye el punto de entrada del nematodo. El insecto, a través de la oviposición lo inocula y este continúa hacia el interior su proceso invasor.

***Limnobaris calandriiformis* Champion (Coleoptera : Curculionidae)**

Especie ampliamente distribuida en Colombia. Está asociado con prácticas de poda y cosecha; al igual que *Metamasius*, llega a la herida inmediatamente después del corte de las hojas. Esta especie se ha encontrado como portadora, únicamente en el municipio de Tumaco, en la Zona Occidental.

***Strategus aloeus* L. (Coleoptera : Scarabaeidae)**

Esta especie, en estado adulto, solamente se ha registrado como portadora en los Llanos Orientales, en una plantación cuya edad propicia para la presencia de este insecto como plaga, sin embargo, con anterioridad ya había sido catalogada como sospechosa.

MONITOREO DE INSECTOS PORTADORES

CAPTURA DE *R. palmarum*

La captura de *R. palmarum* por el sistema de trampas tiene por objeto, fundamentalmente, conocer el nivel de las poblaciones del insecto en diferentes áreas de una plantación y de acuerdo con ello establecer algún sistema de control. Al considerar el trapeo como un sistema de control, es conveniente tener en cuenta que por este medio, solo se ayuda en alguna forma a disminuir poblaciones, pero nunca a eliminarlas. Experimentalmente, solo se capturó el 52% de una población conocida, mediante el empleo de trampas a base de feromonas.

Para la captura de *R. palmarum* se debe tener en cuenta los siguientes puntos: atrayente, tipo de trampa, ubicación de trampas, localización en los lotes y distribución en la plantación.

Atrayentes

La caña de azúcar, estipe de palma de aceite, estipe de palma de moriche o estipe de palma de vino atraen muy bien a *R. palmarum* cuando se les adiciona melaza y agua, en una proporción de 1:1:3, o 1:1:2. Esta mezcla garantiza la atracción durante quince días en promedio, en las diferentes zonas palmeras del país. La mezcla con melaza y agua es muy importante puesto que con ella se ayuda a la fermentación de los tejidos vegetales, cuyo proceso es el que atrae al insecto.

Con la introducción de la feromona sintética para la atracción de *R. palmarum*, se incrementó la captura de insectos en una proporción de 5 a 7 veces, en promedio respecto a las trampas sin feromona.

Considerando los resultados experimentales obtenidos por CENIPALMA, se calcula como óptima una densidad de una trampa por cada 7,2 ha. Al aumentar el número de trampas por superficie, se incrementa el número de insectos capturados, aunque disminuye la eficiencia por trampa.

Tipo de trampas

La trampa constituye el complemento del atrayente en la captura del insecto. Esta debe garantizar la captura del mayor número de insectos a menor costo y con el menor deterioro ambiental. La trampa más efectiva, por el número de insectos capturados, ha sido la de tipo cerrado con dos aberturas supero - laterales. Este tipo de trampa por su alta seguridad, no requiere de la adición de insecticidas,

puesto que por su diseño y por los hábitos de *R. palmarum*, éste, una vez capturado no puede fugarse.

Localización de las trampas

Un factor importante en la captura de *R. palmarum* es la localización de la trampa. En palma menor de cinco años es posible localizarlas, bien sea en la palma, en la base de la palma o entre las palmas, debajo de las paleras. En cambio, en palma adulta, se ha conseguido mayor captura en las trampas localizadas en el suelo, debajo de las paleras.

La localización de las trampas debajo de las paleras, tiene otras ventajas con respecto a otros sitios. Proporciona mayor protección a la trampa, puesto que queda escondida debajo de las hojas de cosecha y permite mayor durabilidad del efecto del atrayente, especialmente en zonas donde la temperatura ambiental es muy alta y la humedad relativa baja.

Localización de las trampas en los lotes

No hay diferencias en el número de insectos capturados cuando se ubican las trampas en el borde de los lotes, entre las palmas 1 y 2 a lo largo de las carreteras; o cuando se ubican dentro de los lotes, bien sea en la parte central de los mismos o en la parte posterior de ellos. En estas circunstancias, es recomendable localizar las trampas a lo largo de los carreteables para agilizar el proceso de colección y recuento de la población capturada y para renovación de cebos.

trampas en la plantación Localización de las

En general, se han conseguido mayores capturas en las trampas localizadas en la periferia de la plantación, especialmente en aquellas áreas donde hay algún efecto de la palma nativa. Este es un punto muy importante para considerar cuando se toma la decisión de establecer un programa de trampeo en una plantación. La trampa a base de atrayentes, especialmente con feromonas, puede constituirse en un arma de doble filo, si no se usa correctamente, y en lugar de eliminar los insectos de su plantación puede atraer los de los vecinos. Las trampas deben colocarse de manera perpendicular a la corriente dominante de los vientos, teniendo en cuenta que los insectos vuelan en el sentido contrario de estos.

CAPTURA DE *M. hemipterus*

La captura de este picudo se rige por los mismos principios de *R. palmarum*. Es atraído por los mismos cebos, aunque se ha observado mayor atracción por los productos completamente fermentados. Por el tamaño del insecto, su gran movilidad y los niveles tan altos de su población, los cebos requieren de la adición de un insecticida para retener todos los especímenes atraídos y capturados.

BIBLIOGRAFIA

CALVACHE, H.; MEJÍA, A.; FERNÁNDEZ, M. Y MUÑOZ, J. 1994. Acción de *Metamasius hemipterus* L. (Coleoptera : Curculionidae) en la diseminación del Anillo rojo - hoja corta. Palmas (Colombia), V. 15 N°. 4 : 17 - 22.

CENIPALMA. 1993. Informe anual de labores, 1992 - 1993. En : FEDEPALMA. Informe anual de labores. Santafé de Bogotá, FEDEPALMA, p. 33 - 53.

CENIPALMA. 1994. Informe anual de labores, 1993 - 1994. En : FEDEPALMA. Informe anual de labores. Santafé de Bogotá, FEDEPALMA.

CHAVES, C.A. 1994. Densidad y distribución de trampas para la captura de *Rhynchoporus palmarum*, bajo las condiciones del Casanare. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Palmira. 86 p.

GENTY, Ph; DESMIERE DE CHENON, R.; MORIN, J.P. 1978. Plagas de la palma de aceitera en América Latina. Oleagineux V. 33, N°. 7 : 324 - 420.

MORA, S.; CALVACHE, H. Y AVILA, M. 1994. Diseminación de *Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb) Goodey, Agente causal del Anillo rojo - hoja corta de la palma de aceite. Palmas, (Colombia) V. 15, N°. 1 : 15 - 27.

MORALES, J. Y CHINCHILLA, C. 1990. Picudo de la palma y enfermedad del Anillo rojo - hoja pequeña en una plantación comercial en Costa Rica. Turrialba, V. 40, N°. 4 : 478 - 485.

**SIMPOSIO
ALGODONERO**

Monitoring System for the Management of Cotton Crops During Ontogeny

**Juan A. Landivar
Texas A&M University
Agricultural Research and Extensión Center
Corpus Christi, Texas**

**Texas Agricultural Experiment Station
August 16, 1995**

Introduction

The cotton plant *Gossypium hirsutum* L. is a perennial with an indeterminate growth habit that has been adapted for commercial production as an annual crop. Although it is often grown in humid or irrigated areas, it is classified as a xerophyte. Variation in growth habit among cotton genotypes exists, and has led to the grouping of cultivars into determinate and indeterminate classes (Eaton, 1955). Although all cottons are indeterminate, these groupings refer to the strong selection pressure that breeders have placed on cottons to produce an early crop (Niles, 1970). Determinate cultivars are generally classed as early or short-season varieties, and indeterminate cultivars are referred to as late or full-season varieties.

Ontogeny, or life cycle, of a cotton crop is the course of growth whereby plants develop from a seedling to the vegetative, the reproductive, the cutout, and finally, the maturation phase. Genetic and environmental interactions determine the time required to initiate each phase as well as its duration. Genetic variation in the ontogeny of cotton cultivar is diverse and producers can choose from a large number of early, mid, and full-season cultivars to fit a given production environment or management strategy. Due to the indeterminate growth habit of cotton plants, the environment plays an important role in determining the time and duration of the various growth phases. For example, physiological and insect induced abscission of reproductive structures reduce the competition for carbohydrates from reproductive organs, resulting in continued vegetative growth and delayed cutout and maturity. Understanding the main physiological processes that occur during each ontogenetic phase is important in the efficient management of field crop production and yield.

Efficient management of cotton crops requires close monitoring of plant growth throughout the production cycle. For the purposes of crop management, cotton ontogeny can be divided into the following four phases: (1) emergence to appearance of the first square, (2) first square to bloom, (3) bloom to cutout, and (4) cutout to maturation. The duration of the four ontogenetic phases are displayed in Figure 1 in relation to the time course of plant height development and the time of first square, bloom and cutout. Each phase of growth is characterized by a predominant physiological activity, and therefore, there are specific cultural practices that managers may use to optimize plant growth during the various stages of development. This chapter proposes a crop management system based on monitoring plant performance during each stage of development. The objective of this management technique is to achieve intermediate developmental goals set for each phase of development. Management decisions are made by quantifying and evaluating plant performance using plant map data.

Plant mapping is a powerful technique used to assist cotton managers in quantifying plant growth and yield potential throughout the various stages of plant development. Several plant mapping techniques have been proposed for cotton (Bourland and Watson 1990, Hake et al., 1991, Landivar et al., 1993). Some of these programs use computers to summarize and display the data. Our research group at the Texas A&M University Research and Extension Center, Corpus Christi, TX, has been involved in the development of a Plant Map Analysis Program for cotton or PMAP (Landivar, 1993). PMAP is a computer program especially designed to facilitate plant map data entry and analysis. Data entry and editing are accomplished through the use of a spreadsheet type template that resembles a cotton plant. The user can move to any fruiting position on the plant template displayed on the computer monitor screen by using a pointing device or the arrow

keys on the keyboard. Once the data is entered into computers files, PMAP can display the data in text or graphic form. A unique characteristic of PMAP is its ability to compare plant maps collected from different experimental treatments or commercial fields. The comparisons are displayed graphically or in tabular form to facilitate data analysis and interpretation. While PMAP was developed for research purposes, the flexible approach used to enter and display data makes it suitable for use in the analysis of data collected for many other purposes, including the management of commercial cotton fields (Hopkins et al., 1995).

Ontogenetic Stages of Cotton Crops

Phases 1 - Early Vegetative Phase, Emergence to First Square

The early vegetative stage of development begins with the unfolding of the cotyledons, continues through the formation of true leaves and ends with the appearance of the first square in position one of the first sympodial branch. Depending on temperature, this phase may last between 25 to 40 days from the time the cotyledons are fully expanded until the initiation of the first square (Baker and Landivar, 1991).

While above ground plant growth is low (in terms of dry weight gain) during this stage, plants are actively developing their root systems. The apparent low growth rate may be caused by low levels of solar radiation intercepted by the plant canopy and by cool air and soil temperatures that are normally encountered during early spring. McMichael (1990) presented data showing that the root/shoot ratio is approximately 0.35 at 12 days after planting and declines to 0.15 at day 80. He stated that in the developmental process, both total length and dry weight increases as the plant grows and continues until the maximum height is reached and the bolls begin to develop. Management objectives are to reach the end of this phase with: (1) an uniform plant population, (2) a vigorous root system and, (3) healthy foliage and growing points.

A large number of experiments to establish optimum plant populations have been conducted in many cotton producing regions of world. A consensus among workers is that cotton plants have the ability to adapt to a wide range of plant densities. Research conducted in Corpus Christi, Texas (Table 1) showed that while plant populations ranging from 6 to 18 plants per meter of row planted in conventional row spacing (96.5 cm) had no significant effect on final lint yield, maturity was enhanced as plant population increased. It seems that if plants are evenly distributed along the rows, yields are not affected in a wide range of plant populations. However, the incidence of large skips within the rows may cause proportional reductions in lint yield per unit of area, confound weed control, and reduce efficiency in the utilization of chemical input. We suggest considering plant populations in the range of 80,000 to 120,000 plants ha⁻¹ or 8 to 12 plants m⁻¹ in conventional one meter rows. These populations often result in a production cycle of 130 to 150 days from emergence to crop maturity. Since the frequency and length of plant-less spaces (skips) within a row are directly related to seed quality and seeding rate, the use of high seed quality and adequate seeding rates planted with well calibrated, high precision equipment provide steps toward accomplishing the goals of this stage of development. Nevertheless, in most fields, yield should not be limited by a plant population lower than 45,000 or higher than 150,000 plants ha⁻¹.

The second goal to achieve during this phase of development is the production of a vigorous root system. McMichael (1990) presented data showing an exponential root weight gain pattern from 10 until 40 days after planting. One of the most limiting factors to root growth during the early vegetative phase is low soil temperatures. Data presented by Bland (1993) shows that cotton roots may grow downward at a rate of 1.7 cm d⁻¹ in a soil profile uniformly warmed at planting to a temperature of 18°C and progressively

warmed to 30°C at 100 days after emergence. Treatments simulating a fast and slow warming of the soil profile decreased downward root growth to 1.4 and 0.7 cm d⁻¹, respectively. In many fields, root growth may be further restrained by herbicides incorporated in the top 3-6 cm of soil. Recently, the use of plant growth regulators that promote root and shoot growth under less than optimum temperature conditions has been evaluated by researchers in many locations in the USA. Oosterhuis and Zhao (1994) presented data from a greenhouse experiment showing that the application of the growth regulator PGR-IV significantly enhanced root and top growth. In a controlled environment study, Cadena et al., (1994) obtained similar results and demonstrated that the growth enhancement caused by PGR-IV was greater under 20°C than at 30°C. They also documented a decrease in water use efficiency at 30°C but no change at 20°C (Cadena et al., 1994). This result was associated with increased root growth as well as increased transpiration and conductance in the well-watered PGR-IV treated plants. The enhancement of root growth would presumably result in increased top growth, initiating a vigorous growth cycle of roots and shoots. Locke et. al. (1994) presented data from a field experiment showing that the application of PGR-IV at the planting and square initiation stage resulted in increases in above ground plant dry weight at approximately 50 days after emergence. The application of PGR-IV and other plant hormone based growth promoters may help to enhance early vegetative growth, particularly for early planted fields or in years with lower than normal temperatures.

The third goal to achieve during the first stage of development is the protection of the foliage and growing points against insects. Early insect infestations such as aphids (*Aphis gossypii*, Glover) and thrips (*Frankliniella* spp. and *Thrips* spp.) can cause a considerable reduction in leaf area, leading to reduced plant vigor. In addition,

fleahoppers (*Pseudaatomoscelis seriatus*), and lygus (*Lygus lineolari*, Palisot de Beauvois) can attack young growing points, causing square losses and damage to the terminal point. Fleahopper and lygus damage often result in the outgrowth of several monopodial branches from the injured terminal. This unusual growth habit is commonly referred to as "crazy top". Close monitoring of fleahopper and lygus populations is essential at this stage and the use of soil applied systemic insecticides to control aphids and thrips efficiently prevents early damage.

Phase 2 - Juvenile phase, First Square to Bloom

The juvenile phase of plant development begins with the appearance of the first square, continues throughout the initiation of sympodial branches on the mainstem and ends with the appearance of the first bloom on the plant. The duration of this phase is determined by temperature and usually lasts 25 to 35 days (Baker and Landivar, 1991).

Plants enter a linear phase of dry weight gain and main stem elongation during this stage of growth. The early vegetative phase and, in particular, the juvenile phase seems to give cotton plants the opportunity to develop a canopy that is capable of capturing most of the incoming solar radiation before the initiation of the reproductive or boll filling period. Cotton plants initiate the first flower bud at the four to six mainstem node, depending on cultivar and temperature. At temperatures of 22 to 25 C, plants produce one sympodial branch every 3 days. Temperatures below 22 C delay the time interval to initiate a new sympodial branch. Conversely, temperatures above 25 C reduce the time interval to less than three days (Baker and Landivar 1991, Hodges et al., 1993). Upon the appearance of the first bloom, plants normally develop 14 to 16 mainstem nodes above the cotyledons. The first four to six nodes are capable of initiating monopodial or vegetative branches. Mainstem nodes develop into sympodial or reproductive branches above the last

vegetative node. Fruiting sites along sympodial branches are initiated, depending on temperature, every five to six days (Baker and Landivar, 1991, Hodges et al., 1993). Unstressed plants of cultivar DPL-50 may reach a plant height of 55 to 65 cm with an average internode length of approximately 4.0 to 5.0 cm per node at the time of the first bloom. In conventional row spacing, the plant canopy at first bloom may be capable of intercepting approximately 70-75% of the incoming solar radiation. The main objectives to accomplish during the juvenile phase of development are to insure: (1) adequate control of mainstem elongation and leaf area expansion rate and (2) the production and retention of flower buds.

Due to the indeterminate growth habits of cottons and providing the adequate environmental conditions (temperature, light, nutrients, etc), vegetative organs will continue to grow until competition for carbohydrates from reproductive organs slows down and eventually stops vegetative development. The plant growth regulator Mepiquat Chloride (Pix) is commonly used to control excessive vegetative growth. Most of the effects that Pix has on cotton appear to result from the suppression of stem elongation rate. The reduction in plant height and branch length results in stem weight reduction of approximately 15-20%. Pix only slightly affects leaf weight in that it reduces leaf size but increases leaf thickness. In general, Pix treated cottons invest less energy and growth into leaves and stems, leaving more energy for fruit retention and boll development. This can result in increased fruit retention, increased boll size, reduced vegetative growth, earlier cutout and enhanced crop maturity.

Cotton workers agree that most square shed prior to the development of the boll load may be insect related rather than physiologically related. Lygus and fleahoppers can damage the terminal point of reproductive branches, stopping the development of the

branch. Overwintering population of boll weevils (*Anthonomus grandis* Boheman) infest cotton fields as square reaches the matchhead stage. For the above reasons, the main management activities during the juvenile stage of growth consist of monitoring insect populations to prevent square and terminal damage. The use of insecticide applications at matchhead square are effective to control overwinter boll weevil populations and helps to suppress subsequent generations.

Phase 3 - Reproductive phase, Bloom to cutout

This important stage of development begins at bloom, continues with the initial filling of the bolls, and ends with the fertilization of the last harvestable bolls (cutout). Phase three can last between four to six weeks, depending on environmental conditions. The end of this stage of growth coincides with the time in which the uppermost first position bloom is located five nodes below the terminal, and for practical purposes, the date of this event is defined as the date of cutout.

During this phase of development, plants continue to grow linearly in terms of main stem elongation rate. Maximum plant height and light interception (canopy closure) are attained during this phase. The initiation of reproductive development characterizes this period in the production cycle. As the boll load increases, the potential capacity of the sink formed by these organs increases in direct proportion to their number. In contrast, the carbohydrate supply does not increase proportionally to the number of leaves, but approaches an asymptote set by light interception. The plant continues to grow according to environmental conditions (temperature, light, water, nutrients). Thus, the capacity of the sink will eventually exceed the carbohydrate supply, and sinks will therefore compete with each other for carbohydrates both within and between classes of organs. This event has been recognized as the cause of cessation of growth, commonly referred to as cutout (Guinn, 1984, 1985).

Cutout is affected by the growth habit of the cultivar, environmental limitations and management practices. The fast fruiting habits of early maturing cultivar result in a high demand of carbohydrates for reproductive organs at a time when the canopy, root system and other vegetative organs are still expanding. This often results in a crop with incomplete canopy cover and reduced rates of photosynthesis per unit of land area. For these reasons, determinate cultivars tend to cutout and mature earlier. Similarly, environmental constraints such as drought reduce vegetative development (leaf area and root expansion), photosynthesis and induce premature cutout. Cutout can also be induced by management practices that increase fruit retention such as early insect control practices and the use of plant growth regulators. Cutout practically dictates the end of the growing season in areas where cotton is grown as an annual crop. For practical purposes, the date of cutout can be defined as the time in which the last bloom is five nodes below the terminal. At this time, the last harvestable bolls are being fertilized. Bolls reaching anthesis after cutout develop under intense competition for carbohydrates and nutrients, as well as under an increasing insect pressure. For these reasons, late set bolls have reduced chances of reaching maturity. The crop has reached its potential yield at the end of this phase, and from this point on, the best the farm manager can do is to maintain the existing yield potential. Management objectives during this period are: (1) obtain final plant height control, (2) minimize fruit abscission and promote boll filling, and (3) induce cutout

The mainstem elongation rate proceeds linearly at early bloom, and therefore, height control continues to be an important objective to accomplish. Final plant height should be approximately 10 to 20% greater than the row spacing. High retention of first and second position fruiting structures on sympodial branches often creates sufficient

competition for carbohydrates and induce delays in morphogenesis (Baker and Acock, 1986). These delays can stop the initiation and elongation of mainstem nodes. However, for fruitless situations (rank cotton), high doses of Pix may be the only alternative a manager has to control excessive vegetative growth and induce cutout.

The first and second generations of boll weevils normally emerge during this phase of development. Boll weevil pressure and outbreaks of populations of the boll worm complex (*Helicoverpa pa sp.*) represent the major limitations to lint yield in many cotton producing areas of the world. Close monitoring of pest population and timely insecticide applications insure normal cutout and prevent delayed maturity of the crop.

As the boll load develops, the need for nutrients increases. Providing adequate nutrition to the developing bolls is often confounded by reduced root activity due to the competition for carbohydrates from reproductive structures. If the root system is not capable of providing the necessary elements, foliar fertilization should be considered as a means of preventing physiological abscission and insuring adequate boll filling. The nitrogen requirements of a highly productive cotton crop may be as high as 3-4Kgs per ha¹ day¹, and therefore, frequent applications of high amounts of nitrogen are needed in order to obtain a yield response to foliar applications. Single foliar applications of 5 Kgs N ha¹ or less during the boll filling period are often futile.

Phase 4 - Maturation Phase, Cutout to Maturity

The final period of the production cycle begins at cutout and ends with the application of defoliant and boll openers. This stage may last four to six weeks, depending on fruit load, water supply and temperature.

At the initiation of this phase, boll filling continues at a high rate and a large number of harvestable green bolls may continue to be susceptible to insect damage. Vegetative

growth during this phase has completely ceased and photosynthetic capacity of the canopy decreases as the leaves age (Peng and Krieg, 1991). Management objectives during this stage of growth are: (1) to protect the last harvestable bolls from insect damage and (2) to determine the proper time for the application of defoliant and boll openers.

Determining the date of cutout can help in estimating the time for the termination of insecticide applications (Bernhardt et al., 1986). Applications of pesticides may be needed until the last harvestable bolls are 12 to 16 days past anthesis. After this time, young bolls are no longer susceptible to the attack of boll weevils. The date of cutout is also important in approximating the time for the application of defoliant. As a first approximation, the date for defoliation is about 30 days after cutout, however, it should be determined at a later date by studying the harvestable fruit load distribution from plant mapping samples or other monitoring techniques.

Plant Mapping Sampling to Evaluate Crop Performance

The plant mapping analysis consists of sampling fields at key stages of development. The recommended sampling method is to divide a field into management units according to soil type, planting date, cultivar, etc. We suggest limiting the size of a management unit to approximately 50 has, however, it may be larger than 50 has if a field is uniform. A minimum of 24 plants should be mapped from 6 or 8 randomly selected sites. Care should be taken to select sites with plant population equal to the average plant population of the field being evaluated. The plant mapping procedure suggested here requires recording the type of structure present at the two first fruiting positions of each reproductive branch as well as measurements of plant height and number of vegetative nodes. Plant mapping is most easily done with teams of two persons per field. One person records the data and the other reads the plant. At bloom stage, it takes

approximately one hour to map 24 plants and 10 minutes to enter the data into computer files. Plant mapping should be performed at the following stages: (1) early juvenile, (2) early reproductive, (3) late reproductive, (4) maturation and (5) an optional sampling prior to final harvest.

First Plant Mapping, Early Juvenile Stage

The first plant mapping is recommended at approximately 10 to 15 days after the initiation of the juvenile phase (first square). At this time, plants may have initiated 10 to 12 mainstem nodes above the cotyledons. Objectives of this sampling are to evaluate the percentage of square retention and plant vigor. Seventy-five to eighty-five percent retention of the first and second position squares have been subjectively rated as normal. Levels above and below those percentages are rated high as and low square retention, respectively. Low levels of square retention at this time may be a warning for the need to scrutinize early-season insect management in order to avoid further losses of squares. It may also be the first indication of a potential for rank growth and subsequent plant map data collected during the early juvenile stage should confirm this potential for rank growth. The application of Pix to fields with low retention may be increased somewhat, particularly under conditions of high soil moisture and fertility.

The first fruiting branch has a well defined node number by this time and should be four or six nodes above the cotyledon. Cotton crops initiating the first reproductive node at or above node six of the mainstem have a tendency toward developing a large vegetative mass and delayed maturity; therefore, higher rates of Pix may be needed in these fields. PMAP generates a frequency distribution of the number of squares and main stem nodes for the plants sampled. This frequency distribution is useful in determining the uniformity of the field and in quantifying the fraction of the plants that are much behind and ahead of the average development for the crop.

Second Plant Mapping - Early Bloom Stage

The second plant mapping sample is recommended 7 to 14 days after the appearance of the first bloom. At this time, plants should have 2 to 5 green bolls and have initiated approximately 12 to 15 reproductive nodes. In addition, plants have also initiated most of the reproductive structures that contribute to final lint yield. The objective of this mapping sample is to verify the efficacy of early insect control and to estimate potential lint yield. Crops with 60 to 70% retention of first and second position structures (squares, blooms and bolls) are rated as having an average yield potential. Crops with retention levels below or above this level are rated as having a yield potential below or above the historical average yield, respectively. Although final lint yield is still heavily dependent on subsequent weather conditions, the retention level of reproductive structures at this stage of development is helpful data in estimating the possible pay-off of management alternatives. Fruit retention levels obtained during this stage of development should confirm the potential for rank growth and delayed maturity of the crop, as well as provide information on the need for additional applications of Pix and nutrients. Table 2. provides a management guideline based on the level of fruit retention measured at sympodial positions one and two.

Third Plant Mapping - Late Bloom Stage

The third plant mapping sample, which should be collected during the third or fourth week of bloom (20 to 25 days after first bloom), may provide the most important information to crop managers. The objective of this mapping sample is to determine when the fruiting position with the last harvestable bolls were (or would be) pollinated and to obtain an update on final yield potential. The date when the last harvestable fruiting positions were pollinated is important because it allows the estimation of the number of insecticide

applications that would be required to protect young bolls from insects such as boll weevils. The information is generated by analyzing the distribution of the number of nodes above uppermost bloom or green boll for each plant sampled. For Example, figure 2 displays the distribution of the nodes above the uppermost bloom for a crop treated with 3 lbs per acre of Temik 15G (aldicarb) soil insecticide versus a non-treated control. The data shows that the aldicarb treated crop is more mature and has a more compacted and uniform distribution of the nodes above uppermost bloom than the non-treated crop. The data suggests that an additional insecticide treatment may be needed to protect the fruit of the latter crop from boll weevil damage.

The number and distribution of green bolls provide important information on the potential yield of the crop. PMAP estimates yield potential using a predetermined potential yield contribution of each fruiting site on the plant. The unit for this parameter is the number of bolls at a given position needed to produce a pound of lint. The potential lint yield per unit of area is obtained by multiplying the number of bolls at a given position needed to produce a pound of lint by the average number of bolls per acre recorded at each position. This information along with the data on the distribution of nodes above last bloom can be used to determine the cost/benefit of subsequent insecticide treatments. The data provided from this mapping sample also provides information to estimate crop maturity. This estimation is made by adding 30 to 35 days to the date when the uppermost bloom is located five nodes below the terminal. The fourth plant mapping sample would confirm the timing for the termination of the crop.

Fourth Plant Mapping, Early Boll Opening

The fourth plant mapping sampling should be performed approximately a week after the appearance of the first open boll. The objective of this sampling is to accurately

estimate the time to apply chemical defoliators and to evaluate the potential consequences of untimely applications of defoliants. Defoliation timing can be determined by analyzing the distribution of green and open bolls by reproductive branch. Figure 3 shows the cumulative distribution of green and open bolls by reproductive branch for cultivar MD-51-ne. The data displayed in Figure 3 shows that 90% of the boll load (green and open bolls) on the plant is located up to reproductive branch 12. The remaining 10% of the bolls are located above branch 12 and are normally made up of small green bolls that are often of poor fiber quality.

We suggest using data such as that presented in Figure 3 to locate the uppermost reproductive branch containing 90% of the green and open boll load. Then, use the data displayed in Figure 4 to determine the percent open boll up to the branch containing 90% of the total boll load (target branch). The data presented in Figure 4 shows that approximately 60% of the bolls up to reproductive branch 12 are open. Preliminary evaluation of this technique to determine defoliation scheduling indicates that crops can be defoliated any time there is 50-55% or more open bolls up to the target branch.

Fifth mapping, Harvest (optional)

A final plant mapping sampling may be taken at harvest to assess the final distribution of bolls contributing to final lint yield. The PMAP program estimates the values of each open boll and produces a plot displaying the economic value of each reproductive branch. Figure 5 is an example of the information generated and illustrates the effects of Pix in increasing the value of the lower reproductive branches. Similar observations have been reported by Kerby et al., 1986. It also shows that the most valuable reproductive branches are located in the middle of the plant as reported by Jenkins et al., 1990.

Summary

Ontogeny, or life cycle, of a cotton crop is the course of growth whereby plants develop from a seedling to the vegetative, the reproductive, the cutout, and finally, the maturation phases. Efficient management of cotton crops requires close monitoring of plant growth throughout the production cycle. For the purposes of crop management, cotton ontogeny can be divided into the following four phases: (1) emergence to appearance of the first square, (2) first square to bloom, (3) bloom to cutout, and (4) cutout to maturation. This chapter proposes a crop management system that is based on monitoring plant performance during each phase of development. The objective of this management technique is to achieve intermediate developmental goals set for each phase of development. Management decisions are made by quantifying and evaluating plant performance during each stage of growth using plant map data.

Plant mapping is a powerful technique used to assist cotton managers in quantifying plant growth and yield potential throughout the various stages of plant development. Plant mapping should be performed at the following stages: (1) early juvenile, (2) early reproductive, (3) late reproductive, (4) maturation and (5) an optional sampling prior to final harvest. The plant mapping data is used to evaluate plant performance during each stage of growth and to select the proper management options needed to reach the developmental goals set for each ontogenetic stage.

References

- Baker, D.N. and B. Acock. 1986. A conceptual model of stress effects. pp. 245-257. In J.R. Mauney and J. McD. Steward (eds.). Cotton Physiology. The Cotton Foundation, Memphis, TN.
- Baker D.N. and J.A. Landivar. 1991 Simulation of plant development in GOSSYM. pp. 153-170. In T. Hodges (ed.). Predicting Crop Phenology. CRC Press. Boca Raton, FL.

Bland, W. L. 1993. Cotton and soybean root system growth in three soil temperature regimes. *Agron. J.* 85:906-911.

Bernhardt, J.L., J.R. Phillips and N.P. Tugwell, 1986. Position of the uppermost white bloom defined by node counts as an indicator for termination of insecticide treatment in cotton. *J. Econ. Ent.* 79:1430-1438.

Bourland, F.M. and C.E. Watson. 1990. COTMAP, a technique for evaluating structure and yield of cotton plants. *Crop Sci.* 30:224-226.

Cadena, J., J.T. Cothren, and C.J. Fernandez. 1994. Carbon balance of PGR-IV treated plants at two temperature regimes. pp. 1309-1313. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). *Proceedings Beltwide Cotton Conf.* National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Eaton, F. M. 1955. Physiology of the cotton plant. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 6:299-328.

Hake, D. K., F.M. Bourland and T.A. Kerby. 1991 Early season Management: How can plant mapping help ? pp. 100-102. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). *Proceedings Beltwide Cotton Conf.* National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Hodges, H.F., K.R. Reddy, J.M. McKinion and V.R. Reddy. 1993. Temperature effects on cotton. *Mississippi Agricultural Experiment Station, Bull.* 990. Miss. State University, MS.

Hopkins, S.W., D.L. Biediger and S.L. Pickel. 1995. PMAP: Plant mapping as a cotton insect management tool. pp. 801-802. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). *Proceedings Beltwide Cotton Conf.* National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Guinn, G. 1984. What causes cutout. p. 58. *In* J. Brown (ed.). *Proceedings Beltwide Cotton Conferences.* National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Guinn, G. 1985. Fruiting of cotton. III. Nutritional stress and cutout. *Crop Sci.* 25:982-985.

Kerby, T.A., K. Hake, and M. Keeley. 1986. Cotton Fruiting modifications with mepiquat chloride. *Agron. J.* 78:907-912.

Jenkins, J.N., J.C. McCarty, Jr. and W.L. Parrot. 1990. Fruiting efficiency in cotton: Boll size and boll set percentage. *Crop Sci.* 30:857-860.

Landivar, J.A. 1993. PMAP, A Plant Map Analysis Program for Cotton. Texas Agricultural Experiment Station. MP. 1740. Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX.

Landivar, J.A., S. Livingston and R.D. Parker. 1993. Monitoring plant growth and yield in short-season cotton production using plant map data. pp.1201-1205. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). *Proceedings Beltwide Cotton Conf.* National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Locke, D. H., J. A. Landivar and D. Moseley. 1994. The effect of PGR-IV and soil insecticides on early-season square retention and lint yield. pp. 1272-1273. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). Proceedings Beltwide Cotton Conf. National Cotton Council of America, Memphis, TN.

McMichael, B.L. 1990. Root-shoot relationships in cotton. pp. 232-249. *In* J.D. Box Jr. and L.C. Hammond (eds.). Rhizosphere Dyanmics. Westview Press, Inc. Boulder, CO.

Niles, G.A. 1970. Development of plant types with special adaptation to narrow-row culture. pp. 63-64. *In* J. Brown (ed.). Proceedings Beltwide Cotton Conf. National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Oosterhuis, D.M. and D. Zhao. 1994. Enhanced root growth with PGR-IV. pp. 1348-1350. *In* D.J. Herber and D.A. Ritcher (eds.). Proceedings Beltwide Cotton Conf. National Cotton Council of America, Memphis, TN.

Peng S. and D. R. Krieg. 1991. Single leaf and canopy photosynthesis response to plant age in cotton. *Agron. J.* 83:704-706.

Table 1. Lint yield and % of cotton harvested during the first harvest as affected by plant density. Cultivar DPL-50, 1991-1992. Corpus Christi, TX. (Landivar J.A., Unpublished)

Population Plants/meter	-----Year-----			% First Harvest
	1991	1992	Avg.	
6	896	979	939	47
12	927	981	954	52
18	893	1005	949	55
	ns*	ns	ns	

ns = not significant according to the LSD method

Table 2. Interpretation of levels of fruit retention obtained during the early reproductive stage of development (second plant mapping sampling). Fruit retention of 60 to 70% are considered average.

	<u>Fruit Retention of first and second position of</u>	
	<u>Below 60%</u>	<u>Above 70%</u>
Yield Potential	Below average	Above Average
Potential for Rank Growth	Higher	Lower
Needs for Pix	Higher	Lower
Need for Nutrients	Lower	Higher

Time Course of Plant Height and Ontogenetic Phases

Short-Season Production

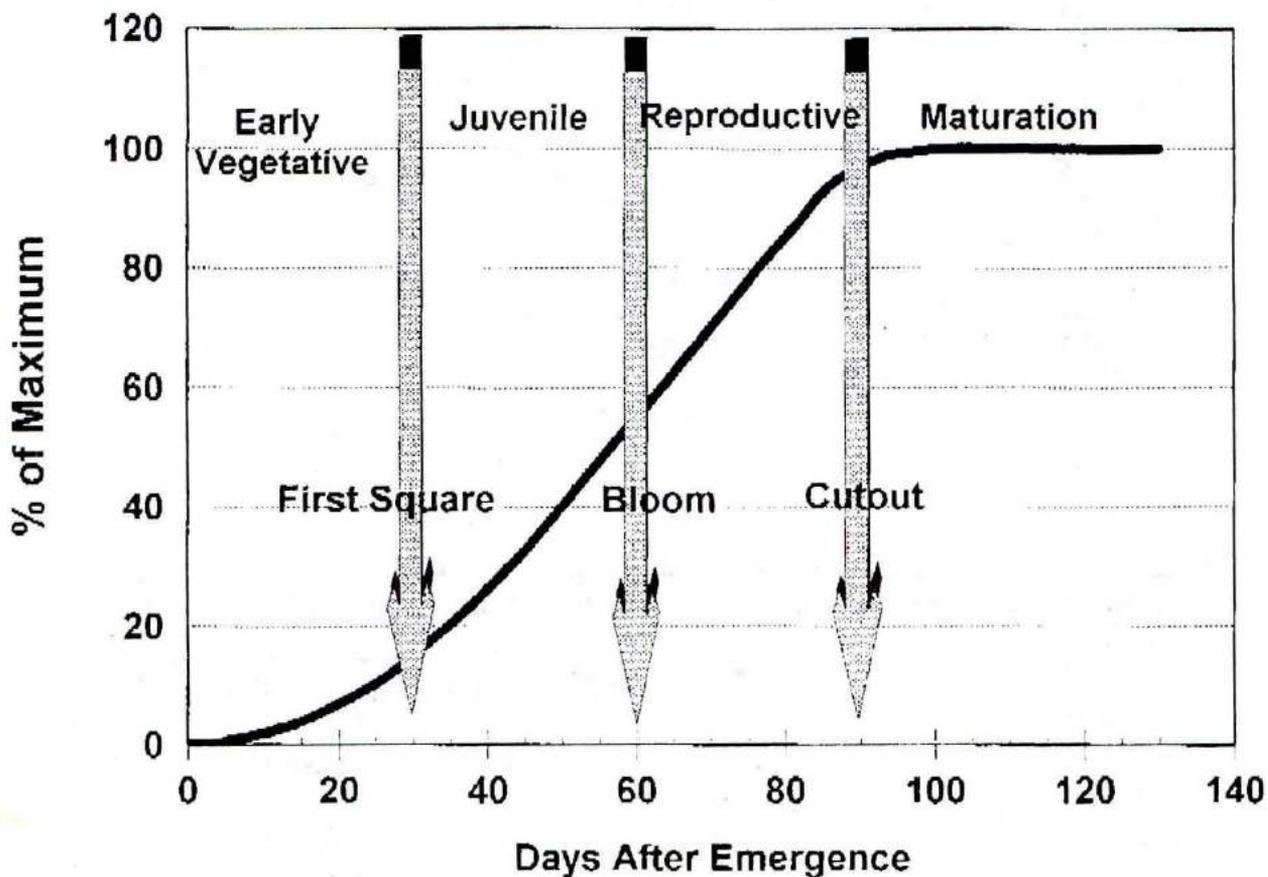


Figure 1. Ontogenetic phases of cotton crops development in relation to time course of plant height increase and time of first square, bloom and cutout.

Nodes Above Uppermost Bloom

Cultivar DPL-51 Sampling date: June, 19, 1991

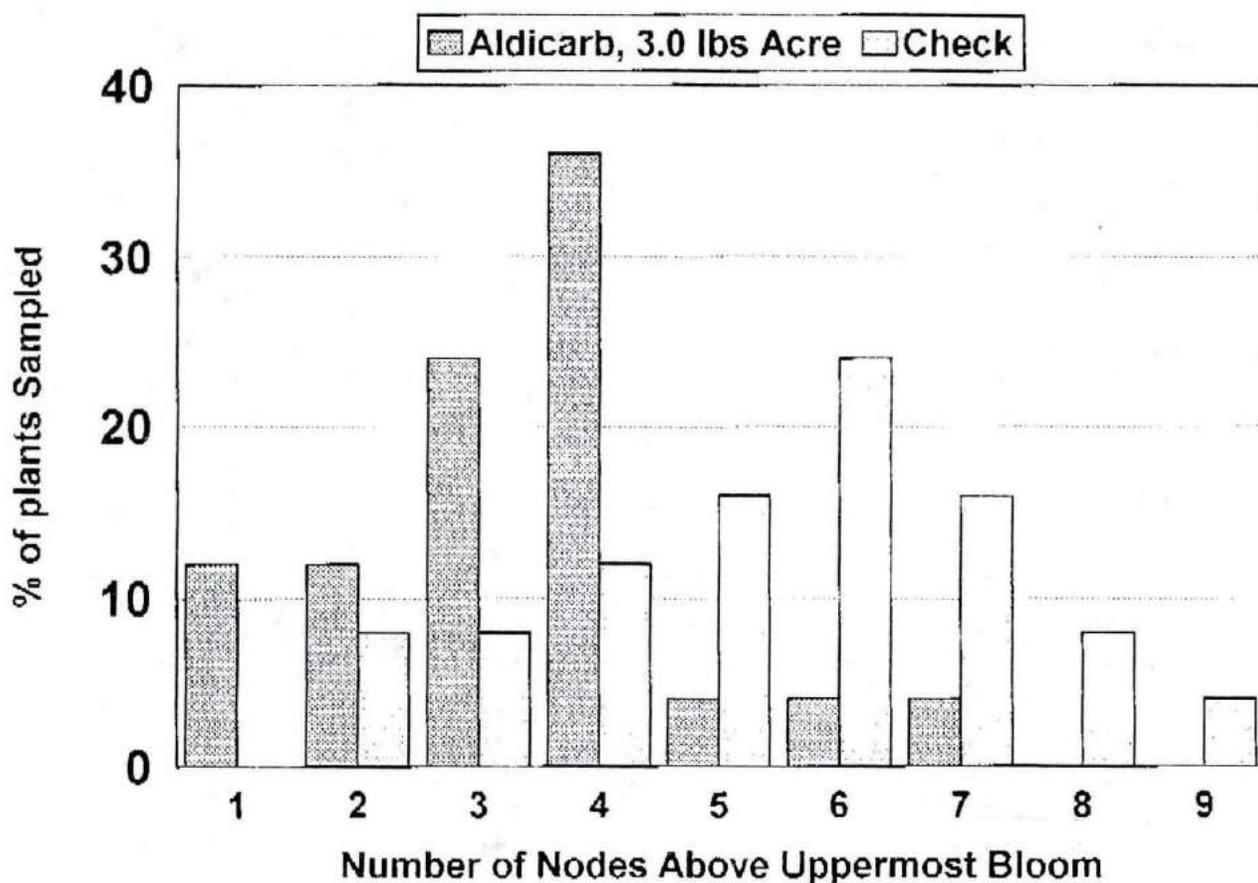


Figure 2. A comparison of the distribution of nodes above uppermost mainstem bloom for cultivar DPL-51 treated with 3.0 lbs per acre of Aldicarb applied in the furrow at planting with an untreated control. Corpus Christi, TX.

Cummulative Distribution of Green and Open Bolls

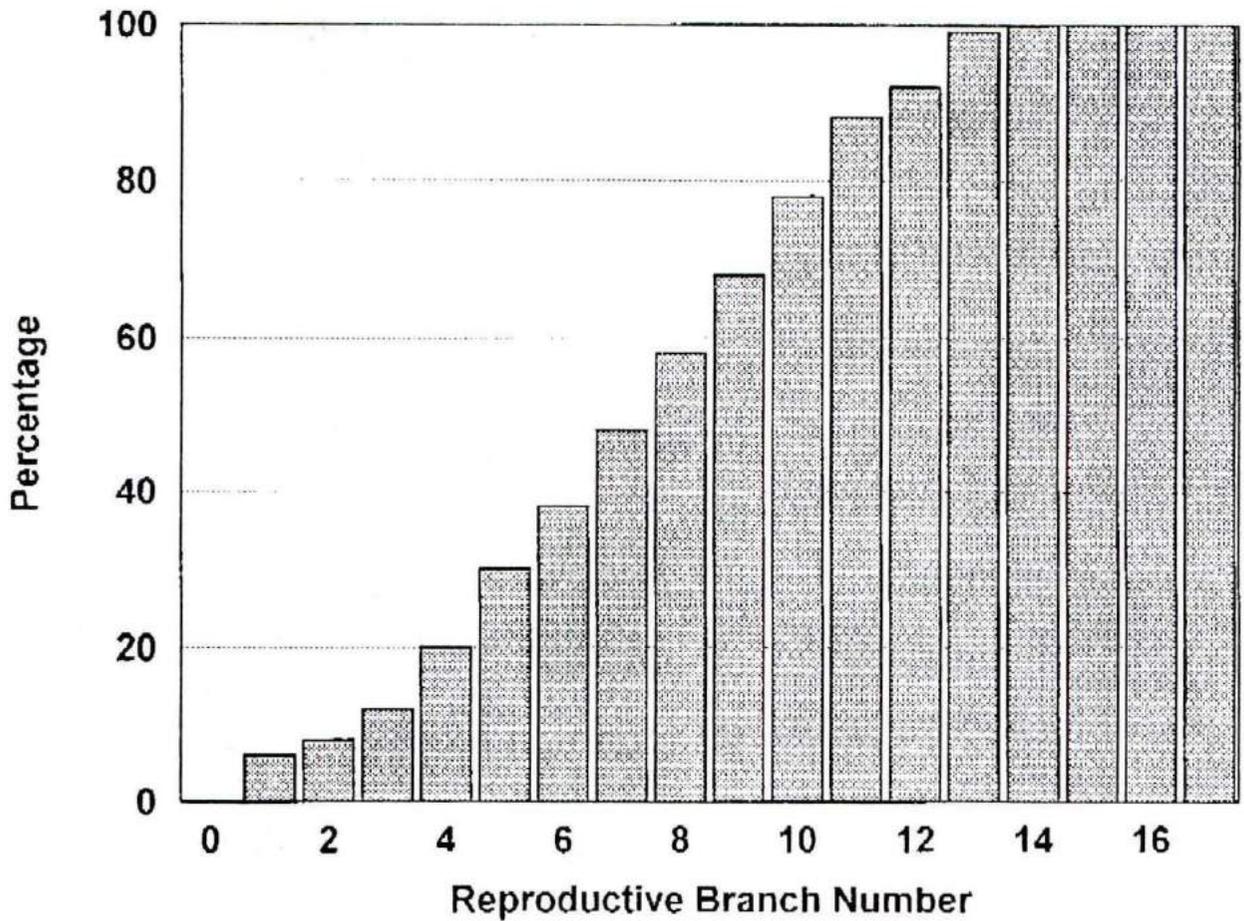


Figure 3. Cummulative distribution of green and open bolls by reproductive branch for cultivar MD-51-ne at maturity. Corpus Christi, TX, 1992.

Cummulative Distribution of Open Bolls

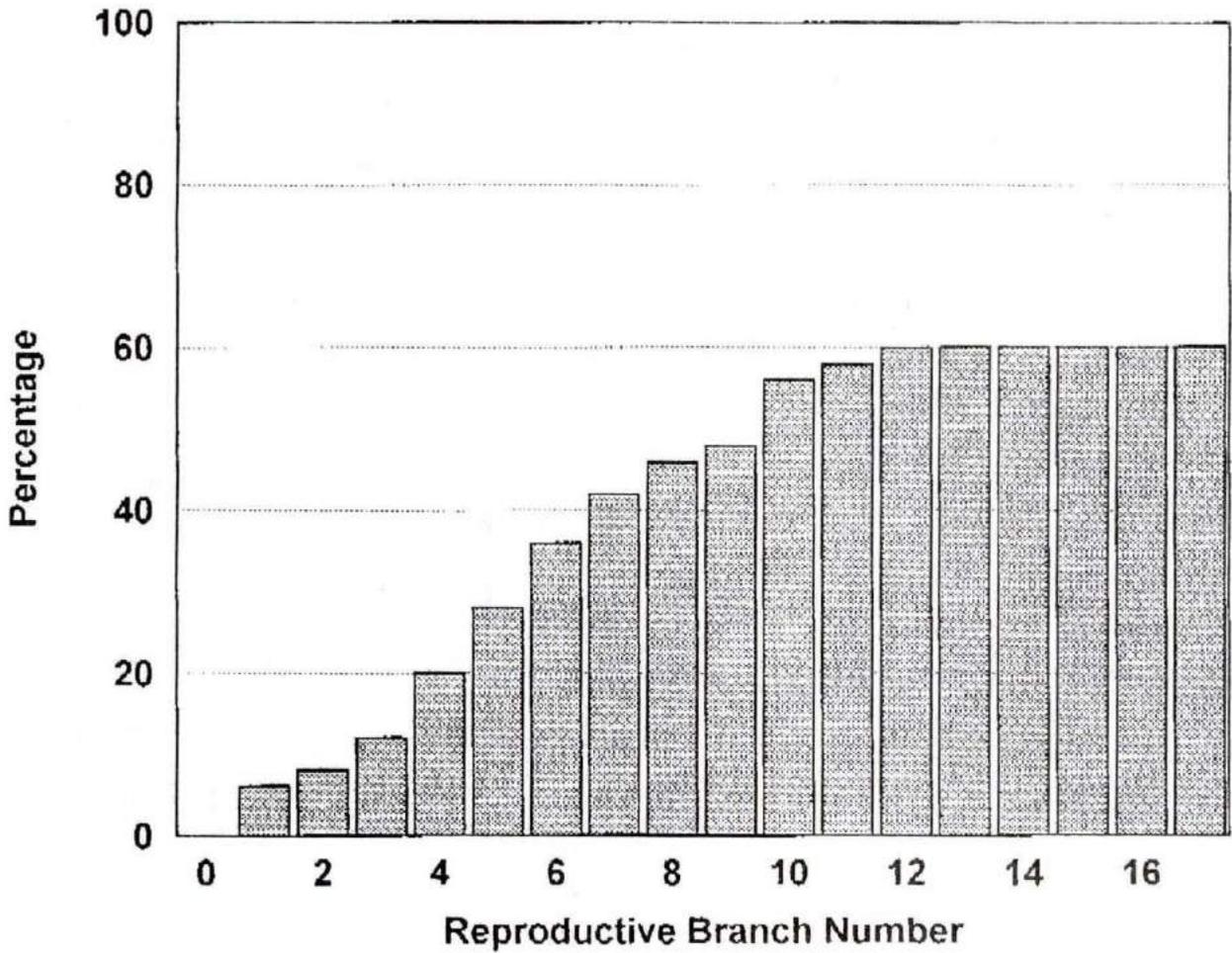


Figure 4. Cummulative distribution of open bolls by reproductive branch for cultivar MD-51-ne at maturity. The data was calculated as follows $(\text{open bolls}/\text{open} + \text{green bolls}) * 100$. Corpus Christi, TX, 1992.

Dollar Value of Each Fruiting Branch

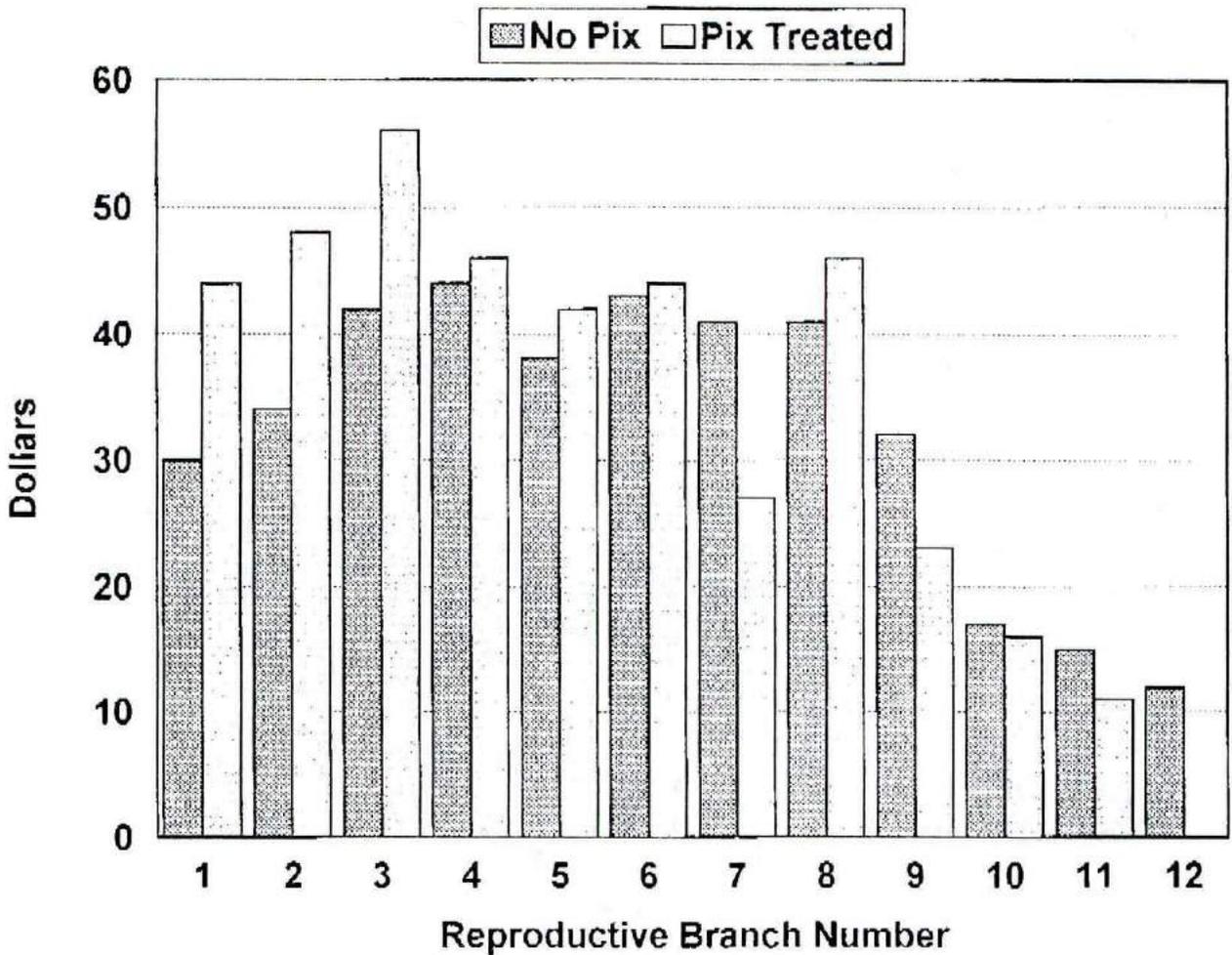


Figure 5. The effect of Pix application on the dollar value of individual reproductive branches. Pix was applied in two applications (3 and 4 oz.) prior to bloom. The dollar value estimation assumes a price of 0.50 dollars per lb. of fiber. Corpus Chrsti, TX, 1991.

Bioecología y Manejo del Picudo del Algodonero, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae)

Rainer Daxl
FUNDA-USAID, Managua, Nicaragua

1. Importancia Económica

En Nicaragua el picudo históricamente ha destruido ± 380 kg/ha de algodón rama (± 144 kg/ha de fibra). A un precio de US\$ 1.76/kg fibra el picudo ha destruido US\$ 255/ha, a pesar de mas de 20 aplicaciones de insecticidas (el ± 80 % de todas realizadas durante la temporada) que costaron unos US\$ 216/ha. En los Estados Unidos de América (EUA) por año se perdieron \$200 millones por daño de picudo y su control costó \$75 millones adicionales; ___ del total de insecticidas aplicados en EUA se usó contra picudo (Cross 1973).

Como el picudo aparece temprano en el ciclo algodonero y requiere insecticidas "duros" para su control, la fauna benéfica desaparece ya en el cultivo joven favoreciendo erupciones de otras plagas (bellotero, mosca blanca, chinches, gusano rosado, *Alabama* etc.). Mayores cantidades de insecticidas se necesitan contra las demás plagas y se reducen las opciones del control biológico (*Trichogramma*, entomopatógenos). La protección del cultivo se vuelve costosa reduciendo o eliminando su rentabilidad.

La caída drástica del área algodonera en Nicaragua al inicio de los años '90 (figura 1) se debió en gran parte al picudo. En este período de precios bajos de la fibra los altos costos de la protección del cultivo negaron su rentabilidad. Desapareciendo el algodón perjudicó a la economía nacional. Durante las décadas de los '70 y '80 el algodón generó anualmente unos \$130 millones en exportación, 1/5 de todos los ingresos por exportación. El algodón creó unos 500,000 empleos por año e hizo circular millones de dólares. Así otros sectores como las industrias pequeñas y medianas, servicios y el comercio fueron afectados también. El retiro del algodón fue una causa importante del porqué la esperada mejora económica no había ocurrido. Así el picudo fue una causa mayor del estancamiento económico y de la miseria social.

2. Sub-Especies del Picudo y su Distribución

La especie *Anthonomus grandis* se ha clasificado en varias sub-especies (Warner 1966, Burke 1968): *A. grandis grandis*, *A. grandis thurberiae* que vive en Arizona sobre un algodón silvestre *Gossypium thurberi*, y *A. grandis* "intermedio", el "picudo mexicano" que posee cualidades de *grandis grandis* y de *thurberiae*. Fig.1 presenta la distribución predominante de las sub-especies. Burke & Cate (1979) descubrieron en los trópicos del Sur de México la especie *Anthonomus hunteri*, taxonómicamente la mas cercana a *A. grandis*.

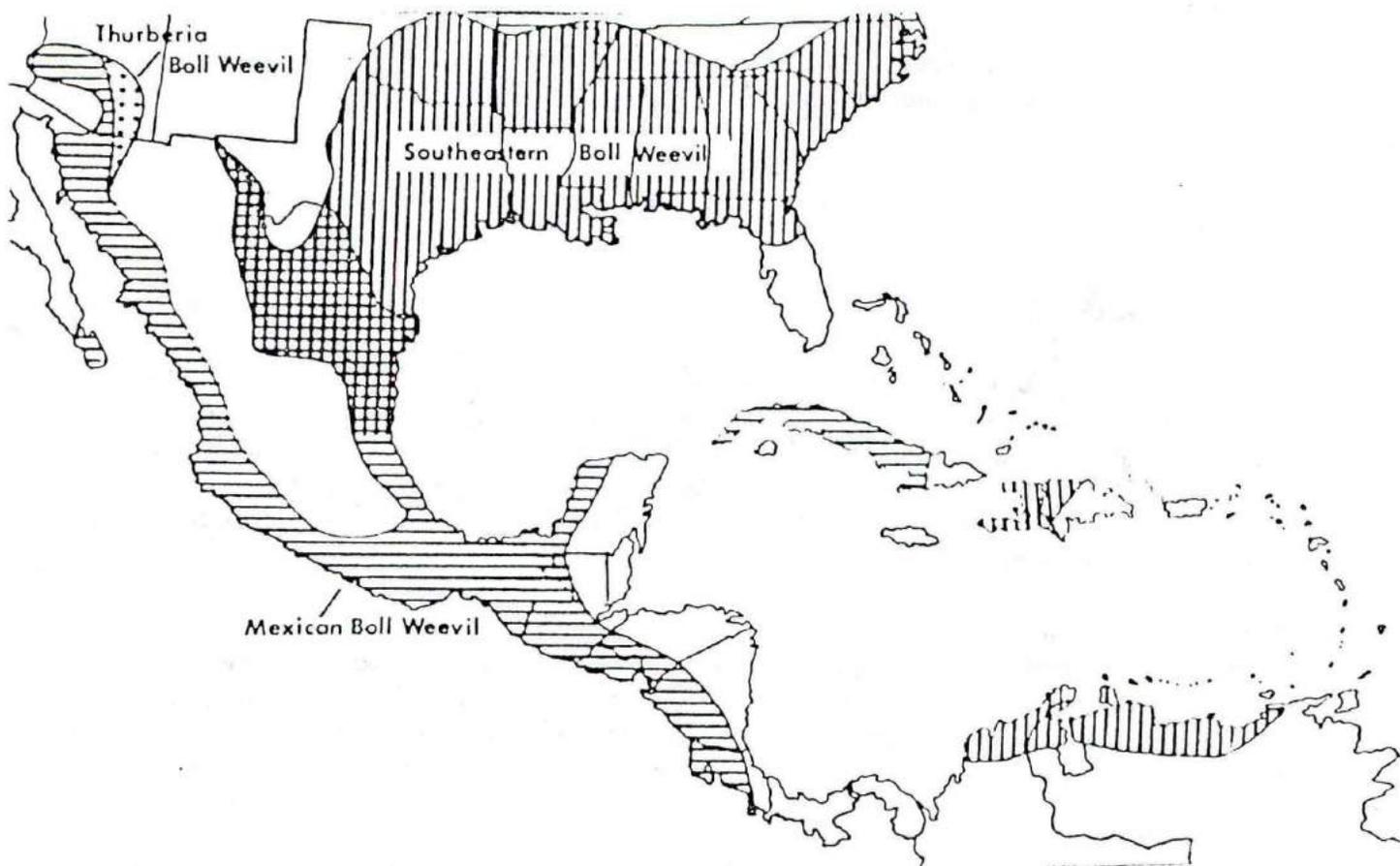


Figura 1 Distribución de las razas del picudo del algodón *anthonomus grandis* Boh - Tomado de Cross et al 1975.

En Colombia el picudo fue introducido en el área de Cartagena por una importación privada de semilla (Anthony & Bravo 1970). J.Mejía Quintana reporta (Informe interno sin año, no publicado) que el picudo llegó al interior del país en 1980 cerca a Puerto Bocayá y se generalizó en los departamentos de Tolima y Huila (Valle del Río Magdalena). En el Valle del Cauca se encontró cerca de Palmira en Abril 1992. Desde entonces se está dispersando a través del valle desde el Sur (municipios de Candelaria, Palmira, Yumbo, Vijes y Cerrito) hacia el Norte. En Febrero 1993 se encontró en el municipio de Buga. En Enero 1996 fue reportado a unos 40 km desde la ciudad de La Unión.

3. Ciclo de Vida

Una hembra de picudo puede producir mas de 300 huevos durante su vida (Cushman 1911). En Nicaragua (Daxl & Hernández 1977) una hembra de picudo, después de un período de pre-oviposición de 3.5 días, pone 5.4 huevos por día prefiriendo botones florales 6.8 veces sobre cápsulas, atacando botones de un diámetro de 6.5 mm y cápsulas de 19.5 mm. Hay 3 estadíos larvales. Botones cayeron 10.26 días, pequeñas cápsulas 7.3 días después de ser perforadas por picudo. El ciclo inmaduro tardó en botones 16 días, en cápsulas 19.4 días, en medio 17.3 días. El desarrollo en días de las fases individuales fue:

	huevo	L ₁	L ₂	L ₃	pupa
en botones	3.5	3	4	2	3
en cápsulas	4	3.9	4	4.1	3.3

En Texas el ciclo inmaduro tardó 11 días en botones, 31 días en cápsulas (Cross 1973).

La duración de las fases del ciclo puede cambiar con el avance de la estación. En Tennessee, EUA, el período de pre-oviposición se alargó desde 1.96 días en Julio hasta 6.19 días en Agosto (Lambert et al. 1979) (cuadro 1). En Texas (Sterling & Adkisson 1966) los días preoviposicionales aumentaron desde 4 en Julio hasta 18 en Septiembre. El rango del número de días del ciclo inmaduro aumentó en cohortes de huevos puestos el mismo día: desde 3 días para cohortes de Julio/Agosto hasta 36 días (nacidos de botones) y 51 días (nacidos de cápsulas) en Septiembre. La temperatura explica el fenómeno solo en parte porque **a)** no cambió mucho durante el estudio de Lambert et al. (1979) hasta fines de Agosto (cuadro 1) y **b)** los individuos de una cohorte experimentan la misma temperatura. Otros factores como el fotoperíodo y sobre todo cambios en la fisiología de la planta aldononera juegan un papel importante. La gran variación de la duración de las fases excluye su uso para pronósticos en el manejo práctico del cultivo. En el campo habrá un traslape de estadíos y generaciones, cuanto mas pronunciado tanto mas ha avanzado la temporada. Solamente el muestreo puede rendir información útil.

Cuadro 1: Períodos de pre-oviposición y tasa de oviposición del picudo en Tennessee, EUA. Tomado de Lambert et al. 1979, parte de su cuadro 1.

fecha de emergencia	días pre-oviposición	huevos/_/día	temperatura promedio °C
JUL 25	1.95 ± 0.57	5.19	25.0
AGO 1	2.22 ± 0.83	4.49	24.4
AGO 7	2.45 ± 0.62	3.45	25.0
AGO 15	3.18 ± 0.87	3.61	26.1
AGO 22	4.58 ± 1.40	2.26	25.0
AGO 29	6.18 ± 2.59	1.64	22.2
SEP 5		1.11	21.6

4. Diapausa

Para sobrevivir condiciones adversas (escasez de alimento, sequía, helada) el picudo entra en un estado fisiológico de quiescencia o diapausa. En regiones tropicales la quiescencia es facultativa y puede ser sexual solamente (cese de reproducción), locomotora solamente (los picudos quedan

inmóviles dentro de viejas cápsulas algodonereras [México, Guerra et al 1984], en hojarasca [EUA, Meso-América], en cogollos del zacate *Pennisetum purpureum* [Nicaragua] y otros similares refugios), o de ambos tipos a la vez. En EUA el frío inmoviliza los picudos y obliga un diapausa sexual.

Factores que inducen diapausa son (Cross 1973): 1) fotoperíodo (11 horas luz), 2) cápsulas como alimento, tanto para larvas como adultos, 3) cantidad limitada de botones disponibles, 4) frescas temperaturas nocturnas (EUA, 10°C). El pólen de los botones y flores es obligatorio para la ovogénesis. Sin el pólen, alimentándose de cápsulas, la reproducción cesa.

La diapausa sexual se diagnostica disectando picudos bajo binocular. Un plato Petri con fondo de parafina negra (mezclar espelma con carbón molido) se llena con agua. Al picudo se le quitan las élitras con una pinza fina. Con un alfiler atravesando el pronotum se fija el picudo sobre la parafina dorso arriba. La pinza cerrada se introduce en la punta del abdomen y se deja abrir rompiendo el abdomen flotando los órganos en el agua. Los órganos blancusco-hialinos contrastan bien contra la base de parafina negra. Síntomas de diapausa sexual son (Brazzel & Newsom 1959, Brazzel & Hightower 1960): a) *hembras* - ovarios atrofiados (no mas largos que 2 mm), ningunos huevos visibles, depósitos de grasa; b) *machos* - testes atrofiados (diámetro 0.6mm o menos), no hay esperma en los testes (ellos no son lechosos sino amarillos traslucen), depósitos de grasa.

En EUA *Anthonomus grandis grandis* pasa el invierno en hojarasca, nunca en cápsulas algodonereras; *A. g. thurberiae* lo pasa solamente encerrado en cápsulas de *Gossypium.thurberi*; *A.g. intermedio* pasa los tiempos adversos en hojarasca, en cápsulas y muchos otros lugares (Cross 1973).

5. Potencial de Daño

El número de botones destruidos por el picudo varía mucho (cuadros 1 y 2) según la temporada, el vigor de los picudos, la fisiología del algodonerero. En Centroamérica se observan en los rastrojos algodonereros durante la época seca (Marzo) flores abundantes a pesar de la presencia del picudo, indicando muy bajo actividad destructora del picudo en este período adverso. Una manera oportuna de medir el potencial de daño del picudo es regresar la cantidad de botones dañadas/ha sobre el número de picudos/ha durante el mismo período. El coeficiente de regresión *b* estima la cantidad de botones destruidos/picudó.

Cuadro 2: Botones destruidos diariamente por picudo, alimentación y ovipostura.

Autor(es), año	Localidad	Daño ¹)	Número de frutos destruidos por picudo	Promedio general
Cushman 1911	Louisiana, EUA	O	5.9 (picudos invernados) 4.78 (picudos 1ª generación)	5.34
Isely 1928	EUA	O	5.19	5.19
Lloyd et al. 1961 ²⁾	Mississippi EUA	A, O	13.4 por pareja en 4-5 días	1.49

Bailey et al. 1961 ³⁾	Mississippi EUA	O	pruebas de laboratorio	2.99
Mitchell 1965	Mississippi EUA	A, O	13.5	13.5
Mitchell & Cross 1969	Mississippi EUA	O	0.97 huevos/hora /hembra en 12 horas luz diurna	11.64
Hopkins et al 1969 ⁴⁾	Carolina Sur EUA	A, O	1.05 - 3.91	2.40
Daxl y Hernández 1977	Nicaragua	A, O	5.92	5.92
promedio total				6.28

1) A = alimentación, O = oviposición

2) calculados de su cuadro 1 usando solamente las cifras para 1 par de picudos/planta por 4.5 días, dividiendo entre 2 para promediar 1 picudo

3) calculado como promedio general/hembra día de sus cuadros 1 y 2

4) calculado de su cuadro 1 por división de las cifras en columna 8 : [col.5+6] : [col.3+4], y promediando los resultados. Las cifras con marcas de referencia fueron excluidas.

En Nicaragua (Daxl & Hernández 1977) botones cayeron 10.26 días, pequeñas cápsulas 7.3 días después de ser perforadas por picudo. El efecto de la temperatura sobre estos intervalos muestra el cuadro 3. Porcentajes considerables de botones quedan sobre la planta después de 7 días aún en temperaturas tropicales de 26-30°C.

Cuadro 3: Efecto de la temperatura sobre el número de días entre la oviposición por picudo y la caída del botón. Tomado de Bachelier et al. 1975 (su cuadro 1), estudio de laboratorio.

temperatura °C	días hasta caída			% botones no caídos a los 7 días
	promedio	desviación estándar	rango	
18	18.6	6.0	9-33	100
22	9.5	2.0	4-14	79
26	7.6	1.9	5-14	47
30	7.1	1.1	5-11	36
34	5.8	0.7	4-8	7

6. Comportamiento

Después de nacer de la pupa los picudos llegan a una planta algodonera caminando, raras veces volando, y necesitan en promedio 4 horas para alcanzar una planta (EUA, Cross 1973). Se alimentan inicialmente de hojas. La oviposición comienza unos 20 minutos después del apareamiento. El color que mas atrae al picudo es verde-azul, luz de 500-525 nanometros (Cross 1973). Buena atractividad muestran los colores fluorescentes limón-amarillo.

En Nicaragua se observan muchos picudos en las flores algodoneras como lugar predilecto, especialmente los adultos rojizos recién eclosionados (adultos tenerales). Como muchos curculios los picudos se dejan caer al sentir vibración y permanecen largo rato inmóviles simulando muerte. Este comportamiento puede mermar la eficacia del muestreo y de la aplicación motorizada de insecticidas. Picudos no son activos de noche; máximas de ovipostura ocurren a las 9 a.m. y 12 m (Mitchell & Cross (1969).

7. Plantas Hospederas

El picudo es estenófago, subsiste en pocos hospederos. El cuadro 4 presenta un listado de huéspedes (Stoner 1968, Cross et al. 1975 y otras fuentes). El algodón es considerado huésped original y principal porque se encontró un picudo en una cápsula de *Gossypium hirsutum* fechada del año 900 en la cueva Guila Nacqitz en México cerca de Mitla, Oaxaca (Cross 1973). En *Hampea nutricia* (Veracruz, México) el picudo ataca solamente las flores machos de esta especie diécica; *Gossypium barbadense* y varias especies diploides (D-genom) son hospederos de menor importancia (Cross 1973). En Tamaulipas, México, se halló pólen de Compositae (29.9%), Leguminosae (14.6%), Malvaceaea (5.3%) y Fagaceae (0.6%) en el tracto alimentario del picudo (Jones et al.1993), fuentes de emergencia cuando no existen hospederos reproductivos. Factores de resistencia contra el picudo en variedades algodoneras son: brácteas en forma de helix (variedad Frego); color rojo del follaje, precocidad. En EUA, si un cultivo de ciclo corto (siembra densa y variedad precoz) escapa de la generación F₁ de picudo, será demasiado maduro para experimentar daño económico de la generación F₂, no importa la magnitud de la F₂.

Cuadro 4: Plantas hospederas del picudo

<u>alimentación solamente</u>	<u>oviposición y alimentación</u>
<i>Callirhoe involucrata</i>	<i>Cienfuegosia</i> spp.
<i>Hibiscus esculentus</i> , okra	<i>Gossypium</i> spp, algodón
<i>Pseudabutilon</i> spp.	<i>Hampea</i> spp.

Sphaeralcea spp.

Hibiscus syriacus, althea

Hibiscus tiliaceus

Thespesia populnea, clemón

El picudo condiciona la planta algodonera, la mantiene por mayor tiempo en la fase productora de botones, alimento preferido, impidiendo la formación de cápsulas que causarían un cese de la fructificación (Gutiérrez et al. 1979). La planta a su vez condiciona al picudo induciendo en él la producción de feromona y la diapausa cuando predominan cápsulas en su alimentación. Picudos criados en cápsulas sobrevivieron el invierno mejor que criados en botones (Cross 1973).

8. Feromona

El macho del picudo, después de haber comido sobre frutos algodoneros, produce una feromona que no solamente atrae a la hembra (feromona sexual) sino también a los machos, especialmente en temporada temprana y tardía (feromona agregadora). El efecto agregador ayuda en colonizar las plantas hospederas que en la naturaleza crecen bastante aisladas. Hembras no-apareadas responden 3 veces más a la feromona que hembras ya fertilizadas (Cross 1973).

La feromona está en los heces y consta de 2 etanoles y 2 aldehidos acéticos muy volátiles. Fue sintetizada a finales de los años '60 en el Boll Weevil Research Laboratory, Mississippi, EUA, y es comercializada hoy día en varios productos (trampas, tubos matapicudo).

La trampa de feromona (trampas Leggett, Hardee, HERCON etc.) es un excelente instrumento para detectar y estimar poblaciones de picudo. La trampa sola tiene poca eficacia para suprimir poblaciones: gran parte de los picudos atraídos no entran a la trampa, pocos picudos caben en el receptáculo en la punta de la trampa, el alto número de trampas necesario para un efecto controlador sería muy costoso considerando el valor de la trampa y la necesidad de cambiar la feromona cada 2 semanas. En EUA se han usado agregaciones de trampas en las partes barloventos de campos algodoneros para concentrar los picudos en las partes trampeadas y matarlos con insecticida en el área reducida. Este efecto podría lograrse posiblemente con dispensadores de feromona solamente, fijados en los tallos algodoneros.

En Nicaragua y El Salvador se pierden muchas trampas por hurto y destrucción premeditada.

9. Control Biológico

Se conocen unos 42 especies de parasitoides del picudo (Cross 1973). Los más importantes son *Bracon mellitor* en EUA y *Heterolaccus grandis* en Meso-américa. En Nicaragua se reportan especies de *Catolaccus*, *Critogaster*, *Heterolaccus*, *Zatropis*. De El Salvador se reportan *Urosigalphus schwartzi* (Hym.: Braconidae) y *Heterolaccus hunteri* (Hym.: Pteromalidae) (Quezada y Benavides 1977). En Colombia se reportan 4 parásitos (V. Lobatón G., comunic. personal): *Catolaccus hunteri* y otra especie que causan solamente un 2% de mortalidad, *Bracon* sp. introducida de México y una cría masal de *Catolaccus grandis* para fines del control biológico. En Nicaragua *Heterolaccus* parasita una parte

significante de la población inmadura, pero lo hace en el período entre cultivos. En temporada algodонера (AGO-ENE) el control biológico natural no puede evitar la fuerte multiplicación del picudo. En EUA se ha tratado realizar el control biológico por cría y liberación masivas de parásitos: *Bracon kirkpatricki* del Africa (sin éxito a nivel comercial), y recientemente *Catolaccus grandis* en Texas con éxito promisorio a nivel experimental: 65-74% parasitación (Slosser y Montandon 1995).

Pocos patógenos del picudo se han observado en el campo. En Nicaragua se investiga el uso de *Beauveria bassiana* a nivel experimental con resultados inconclusivos. El producto Naturalis a base de *B.bassiana* (Fermone Corp., Phoenix, Arizona) es registrado en EUA contra picudo, mosca blanca y pulga saltona *Pseudaatomoscelis seriatus*. Crías masivas en EUA fueron infectadas por las protozoas *Mattesia grandis* y *Glugea gasti*; su aplicación sobre hábitats de invernación del picudo resultó en significativamente menor emergencia de la plaga en la siguiente primavera, pero los costos de producir las protozoas fueron prohibitivos para fines comerciales (Cross 1973).

Como depredadores se conocen sobre todo las hormigas: *Solenopsis invicta* (fire ant) en EUA; en Guatemala se ha reportado la hormiga *kelep*.

10. Ecología

Las condiciones ecológicas de Nicaragua se asemejan a las de Colombia mas que las de los EUA, por lo que aquellas se reportan aquí. En Nicaragua el algodón se cultiva en Agosto en la planicie Pacífica a unos 50m sobre nivel de mar donde llueve entre 1,200 y 2,000 mm/año durante la estación lluviosa entre Mayo y Noviembre.

El picudo es estenófago (subsiste en pocos hospederos). El algodonero es su hospedero principal, y la ecología del picudo es íntimamente ligada a la fenología de la planta algodонера. Abundancia y tamaño de los botones determinan la natalidad de la población e indirectamente el comportamiento migratorio. Calor y sequía determinan en gran parte la mortalidad/sobrevivencia de las larvas en los botones caidos al suelo. Así planta y clima son los 2 factores claves que determinan la densidad de las poblaciones del picudo.

La incidencia del picudo no es uniforme en tiempo y espacio. Ocurren años de altas infestaciones que generalmente son años húmedos. En años secos se observan poblaciones menores del picudo. Determinados lugares, "fincas picudosas", reciben siempre mayores infestaciones que otras, y dentro de las fincas son determinados campos que se infestan primero, "focos" que luego expanden a toda la siembra. La proximidad a refugios del picudo determina tiempo y magnitud de la infestación.

10.1 Período entre temporadas algodoneras Enero (época seca).

Los rastrojos recién cosechados tienen pocos botones florales. Las plantas están envejecidas y secas. Hay escasez de alimentación: el picudo se concentra en los pocos botones. En este tiempo adverso no reproduce. Parcelas trampa bien desarrolladas capturarían grandes cantidades de picudo. En Guatemala colocan al campo traileres con barriles llenos de tierra conteniendo plantas algodoneras en

plena fructificación para aprovechar este período crítico. Los trailers se mueven periódicamente a los lugares de máxima captura.

Febrero, Marzo, Abril (época seca).

Empiezan los retoños de los rastrojos. Cada vez hay más alimentación y sitios de oviposición. En Marzo se ven los rastrojos en plena floración aunque no se aplican insecticidas y el picudo está presente. Las plantas retienen los órganos frutales de tal grado que en tiempos pasados se esperaba una segunda pequeña cosecha, la "abrilena". El factor CALOR-SEQUIA impide la reproducción del picudo (mientras no hay cápsulas). Cada botón infestado con su larva adentro cae al suelo caliente; la larva muere por calor y desecamiento en pocos días. No se observan picudos rojos. Los picudos en los rastrojos son adultos viejos de la temporada anterior, su fecundidad es agotada.

Muchos van a los refugios para diapausar. Buscan lugares húmedos como las cercanías de ríos, bananeras, cañaverales, o áreas montosas. Picudos se han hallado en las lomas de volcanes y en campos de lava que retienen humedad en los poros.

La chapoda alborota las poblaciones de picudo, se tornan móviles, migratorias. Se concentran en los últimos lotes de rastrojos; esto permite "arrearlas", determinar hasta cierto grado la dirección de su vuelo (*chapoda orientada*). Si la concentración es densa, los picudos emigran nuevamente. La chapoda de fincas vecinas puede traer una ola invasora del picudo. Las parcelas trampa frondosas son muy atractivas en este tiempo. El parasitismo del picudo es alto en este período seco.

Al retoñar los tocones después de la chapoda, la alimentación y reproducción del picudo se mejoran. Además, los retoños compiten con las parcelas trampa.

Mayo, Junio, Julio (época lluviosa)

termina la incorporación de los tocones; ahora hay cero alimentación ni reproducción. Los picudos llegan al máximo de su diapausa.

La diapausa es facultativa (voluntaria): si hay alimentación, el picudo queda mayormente reproductivo. Si no hay alimentación, más el calor y la sequía, el picudo alcanza niveles mayores de diapausa. Pero aún en este período se encuentran picudos reproductivos.

Los picudos en diapausa pueden ser activos o inactivos. Los inactivos pasan el verano en los refugios: en cápsulas secas, en hojarasca, cogollos del zacate Napier (*Pennisetum purpureum*), bajo la corteza de árboles, etc..

Las lluvias de Mayo activan a los picudos, pero todavía están en diapausa sexual. Los mayores niveles de diapausa se han observado en Mayo-Junio.

10.2 Temporada algodonera (Agosto en adelante)

Siembra hasta primeros botones

El picudo llega de sus refugios y se alimenta de la plántula. No puede reproducir por falta de botones, y no es plaga a menos que llegue a tan altas densidades que devore los cotiledones o las yemas

terminales. Las poblaciones son muy móviles; en un día están en un campo, el siguiente día han desaparecido. Responden bien a la feromona: esta tiene función agregativa. La diapausa desaparece progresivamente.

Primeros botones hasta plena fructificación. El picudo coloniza los campos iniciando focos de infestación. El mayor factor de mortalidad, calor/sequía, dejó de operar; los suelos son húmedos y pronto el cultivo sombrea el suelo cerrando calle.

El picudo se asienta en el cultivo; vuela poco. La feromona funciona ahora como atractivo sexual, hay menos capturas en las trampas de feromona. El picudo comienza la fase exponencial de su crecimiento poblacional en la abundancia de botones florales.

Un picudo daña en promedio hasta 10 botones por día. Los recuentos permiten calcular la tasa de daño actual. Durante 3 días desde la eclosión el picudo tiene color rojizo. Picudos rojos en el campo indican que la población está reproduciendo.

Maduración de la cosecha Escaseándose los botones, tanto por vejez de la planta como por daño insectil, el picudo se vuelve móvil. La densidad poblacional fluctúa ampliamente, las capturas en trampas de feromona aumentan: la feromona cambia a función agregativa. Cantidades menguantes de botones obligan al picudo de utilizar cada vez más las cápsulas para alimentación y oviposición. Pueden encontrarse numerosas larvas de picudo en una cápsula. Se alimentan de las semillas inmaduras y completan su desarrollo dentro de la cápsula. El adulto no sale hasta que la cápsula se abra.

11. Dinámica Poblacional

En un campo no tratado con insecticida el picudo al comienzo (20-60 días desde la siembra) aparece en pequeños números y desaparece temporalmente. Son los adultos saliendo de los refugios del "verano" (época seca) en búsqueda de hospederos; la población es muy móvil: FASE MIGRACIÓN I. A los 60 días el picudo se asentó en el plantío y comienza su multiplicación exponencial en la abundancia de botones. Se distinguen 3 generaciones: 1 (60-80 días), 2 (80-100 días), 3 (100 días en adelante). Es la FASE DE INFESTACIÓN con menor respuesta a las trampas. Escaseándose los botones por fuerte daño y transformación en cápsulas (110 días), el picudo empieza fuertes fluctuaciones poblacionales (FASE MIGRACIÓN II). Es la "dispersión espectacular de temporada tardía" (Cross 1973) correlacionada con poblaciones densas y cese de la fructificación aldonera. El picudo responde bien a las trampas. Después de la cosecha (Enero-Marzo) la población declina en los rastrojos no destruidos, y en la sequía la respuesta a las trampas es baja. La supresión del picudo por medio de tecnología de feromona debe aprovechar la fase Migración II por la alta respuesta del picudo a la feromona.

12. Dispersión

El picudo se dispersa por vuelo activo y arrastre pasivo (vientos, convecciones térmicas, remolinos). La distancia mas larga de dispersión encontrada en un experimento (Mississippi, EUA) fue de 45 millas (72 km) (Johnson et al. 1976); de los 2 picudos llegados tan lejos uno necesitó 15-16 días, el otro 29-

13. Manejo

13.1 Determinar los sexos

Los sexos se distinguen

a) de la proboscis (el pico): de la hembra es más lisa, delgada y brillante. La del macho es más gruesa con una superficie más áspera;

b) de los 2 últimos segmentos posteriores del abdomen como muestra fig.2 (Agee 1964). En el macho el octavo *tergum* tiene la mitad de la anchura y longitud del séptimo *tergum* de la hembra, y el 8º *tergum* tiene una muesca en su porción ventral.

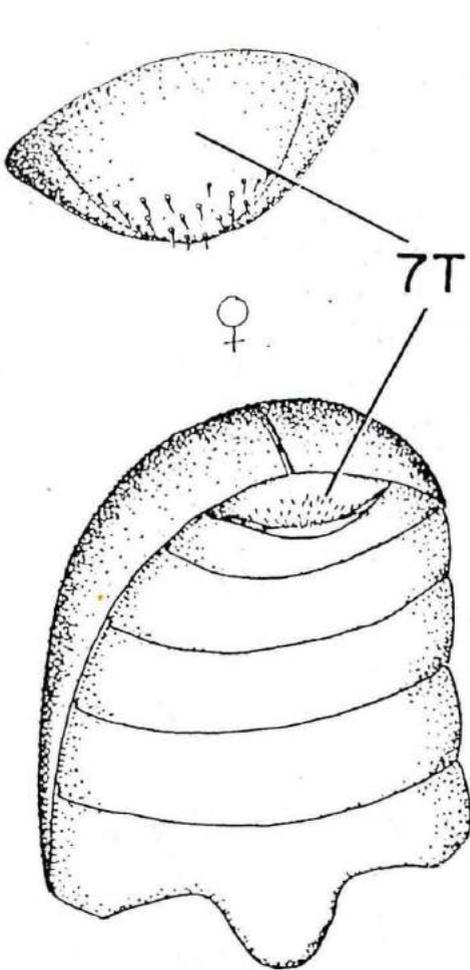


FIG. 1.—Posteroventral view of the 7th tergum and last sternum of the female boll weevil.

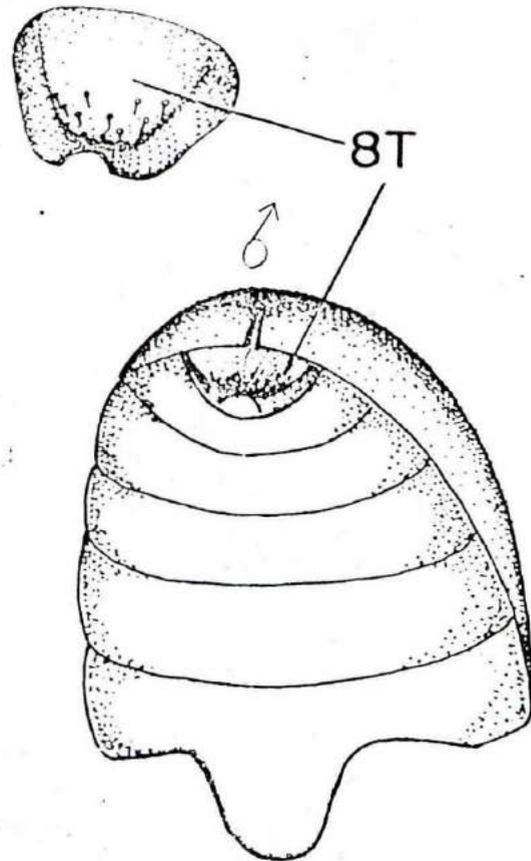


FIG. 2.—Posteroventral view of the 8th tergum and last sternum of the male boll weevil. Note the notch in the 8th tergum in the enlarged drawing.

† In cooperation with the South Carolina Agricultural Experiment Station. Received December 2, 1963; accepted for publication March 5, 1964.

‡ Thanks are extended to Francis A. Kutyna, Clemson College, for preparation of illustrations.

Figura 3. Determinación del sexo del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boh.

T= tergum

Tomado de Agee 1974

13.2 Muestreo

El conteo de picudos en el campo se dificulta por color y pequeñez del insecto, su predisposición de dejarse caer y su ubicación escondida bajo las brácteas y en los cogollos de las plantas. Parte de los picudos presentes no se detecta; el 34.5% en un estudio de Mitchell & Mistic (1965). Solamente en la flor se ven los picudos fácilmente, sobre todo los picudos tenerales prefieren la flor. Debidamente calibrado el muestreo de la flor podría llegar a ser un método rápido de censo.

La distribución del picudo sobre la planta algodonera es correlacionada con la ubicación de los botones; el picudo prefiere la zona superior y periférica de la planta (Lloyd et al. 1969, Bonham & Fye 1971).

Existen varias clases de muestreo: en EUA el "point sample", el porcentaje de botones dañados y el muestreo secuencial. El primero cuenta un número fijo (50) de botones dañados por picudo en plantas sucesivas sobre el surco; después se mide la distancia necesaria para llegar al número fijo. Permite computar la cantidad por unidad de superficie. El porcentaje de botones es riesgoso: 10% de daño cuando en temporada temprana el total de botones es 100,000/ha serían 10,000. Mas tarde cuando hay 500,000 botones el 10% sería inaceptable, criaría una población devastadora de picudos. El muestreo secuencial compara los números acumulados de picudos o de botones dañados (Pieters & Sterling 1975) encontrados en el campo con tablas especiales que indican 3 niveles críticos: 1) no hacer nada, 2) postergar una decisión, seguir muestreando, 3) ejercer control. Este método requiere conocer a) los parámetros de la distribución espacial del picudo en el campo, b) el umbral económico o de acción y c) el nivel de riesgo aceptable (usualmente 10 -20%) en hacer una decisión equivocada. El método debe ser calibrado para cada zona ecológica.

En Nicaragua se usa un método trabajoso originario de la investigación por su valiosa información, permisible por el bajo costo de la mano de obra. Se examinan todas las plantas algodoneras en una "estación", sección de surco cuya longitud corresponde a 1/5000 manzana (1 mz = 0.7 hectárea). Se cuentan picudos y estructuras sanas y dañadas (y otros artrópodos plagas y benéficos). En tiempos de alta infestación también se colectan los botones caídos dentro de la estación y se abren para conocer la proporción de los estadíos inmaduros. Si hay gran parte de pupas con ojos oscuros se espera 3 días con la aspersión para incluir estos futuros adultos en el control. Este muestreo es absoluto, basado en la unidad de superficie; pueden compararse campos con diferentes números de plantas/ha. El denominador común de todas las cifras: la unidad de superficie, permite contabilizar: daño, plaga y producción frutal. Ejemplo: hay 1,000 picudos, 10,000 botones dañados por picudo y 500,000 botones sanos. El daño es el 2%. Un picudo daña 10,000, 1,000 = 10 botones/día en este período. La tasa de producción de botones se calcula por $[(\text{botones de este recuento}) - (\text{botones del último recuento})] / [\text{no. de días entre estos recuentos}]$. Ejemplo: 500,000 botones en este conteo, 300,000 en el último, diferencia es 200,000; con un intervalo de 7 días = $\pm 30,000$ botones que el cultivo produce por día, mucho mas que la tasa de daño de 10/día. Puede asignarse valor monetario a la cosecha formada y al daño proyectado, considerar costos de control y generar un nuevo umbral económico en cada día de recuento.

13.3 Estrategia del Manejo

El manejo del picudo es sobre todo PREVENTIVO: destrucción de socas, parcelas trampa, corto ciclo algodouero, *tecnología de feromona*, eliminación de focos de infestación por recolección manual y aspersión circunscrita de insecticida . En la prevención no se consideran umbrales críticos de la densidad poblacional. Muchas de las medidas se toman bastante antes de sembrar el cultivo algodouero por la certeza de que sin estas medidas el picudo causará significativo daño y/o costos elevados del control. Hay que hacer todo posible para impedir que el picudo se asiente en el campo. Una vez colonizado el algodoual la batalla está casi perdida; requiere múltiples y costosas aplicaciones de insecticida que provocan otras plagas y merman la rentabilidad.

Frente al poder dispersador del picudo su manejo por la entera comunidad es indispensable. Unos pocos productores negligentes en la supresión de la plaga pueden arriesgar a toda la producción algodouera de la zona. De ahí la obligación de destruir las socas antes de una fecha límite. Pero también las demás medidas preventivas, especialmente la tecnología de feromona, debieran ser mandatorias para todos los productores.

13.4 Supresión por medidas agrícolas

La **destrucción temprana de las socas**, recomendada desde 1926 (Anthony & Bravo 1970), es la base de todo el control integrado de plagas algodoueras. Se enfatiza *destrucción y temprana*. Chapodar es solamente una parte de la destrucción; el retoño de los tocones debe impedirse por una labranza pronta. Cuanto más temprano ocurre la eliminación de socas tanto mayor la supresión de las plagas. Tarde o temprano hay que destruir las socas de todos modos, es un costo inevitable, pero su beneficio puede aumentarse significativamente si se hace temprano. Sin eliminar las socas no funcionan bien ni las parcelas trampa ni los tubos matapicudo.

Siembra tardía resulta en emergencia suicidal de picudos que no encuentran su hospedero principal. El **cultivo de ciclo corto** sembrando una variedad precoz a mayor densidad poblacional madura la mayor parte de las cápsulas antes de que las poblaciones de picudo alcancen niveles económicamente dañinos. El ciclo corto permite la siembra tardía.

Sembrar en **camellones altos** hace resbalar los botones caídos fuera de la sombra de las plantas exponiéndolos al sol que mata las larvas y pupas por calor/sequía (apoxeraenosis). No debe haber muchas malezas.

Eliminar los botones tardíos que no contribuyen a la cosecha pero crían picudos, mediante capa manual o química usando una sub-dosis de un defoliante.

13.5 Supresión del picudo con parcelas trampa

Parcelas trampa fortificadas con la feromona sintética suprimen el picudo en época entre cultivos y en temporada algodouera temprana de tal manera que aparezca más tarde en el cultivo y en menores números. Se ahorran muchas aplicaciones de insecticida. El costo de producción algodouera se baja

drásticamente. En Nicaragua durante 4 años consecutivos (1981-84) se había ahorrado cerca del 50 % del costo de control de picudo (cuadro 5).

Cuadro 5: Beneficios del Programa Parcelas Trampa (PPT) en Nicaragua 1981-1983

año	zona	fincas muestreadas		picudo x días ('000/ha)		insecticidas ahorrados			beneficio US \$/ha
		PPT	testigo	PPT	testigo	no.asper-siones	kg/ha	% testigo	
1981	1 finca	1	2	no determin.		9	no determinado		94
1982	1	8	5	214	566	1	63	54	100
1982	2	6	6	24	210	8	39	06	85
1983	1	14	12	424	526	0	0	47	- 103)
1983	2	15	14	282	562	12	60	47	185

*) estadísticamente no significativo

La eficacia de las parcelas trampa se basa en 3 hechos: 1) el picudo (casi) solamente come algodón, 2) no hay algodón (no debe haber) durante 5-6 meses entre 2 ciclos algodoneiros, 3) la diapausa del picudo es facultativa; él permanece activo en presencia de plantas algodoneiras, responde a las parcelas y a la feromona. Significa 5-6 meses de supresión continua. En este tiempo la base de vida del picudo, la planta algodoneira, está concentrada en pequeñas áreas.

Para el éxito del trampeo son indispensables:

- la destrucción temprana de rastrojos, para que las parcelas trampa sean el único algodón en el campo y los picudos se concentren en ellas. Cuanto más temprana la destrucción de rastrojos, tanto más largo es el período efectivo de la supresión;
- borre temprano de camellón para eliminar el retoño de los tocones que competirían con las parcelas trampa;
- el buen cuidado de las parcelas trampa (fertilización, deshierbe, protección contra ganado);
- el control frecuente del picudo atraído mediante aplicaciones de insecticidas y recolección de botones caídos;
- ejecución del programa en grandes áreas: debido a la alta movilidad del picudo no puede tener resultados si solamente unas pocas fincas ejecutan las medidas y los vecinos no lo hacen.

El programa de parcelas trampa descrito abajo asume condiciones agroecológicas de Nicaragua que son muy similares a la zona de Costa Atlántica en Colombia.

13.5.1 Período de cosecha, antes de la chapoda

Ubicar las parcelas trampa

Mientras se está cosechando, definir dónde dejar las parcelas trampa. Se ubican en las áreas picudosas de la propiedad, por donde entra el picudo cada año, donde tiene sus refugios (ríos, montes, montañas). Dentro de estas áreas, seleccionar los lugares con rastrojos verdes, en las orillas de los campos.

Demarcar las parcelas amarrando en sus 4 esquinas cintas plásticas de color rojo o naranja. Una parcela mide 4 surcos de ancho por 50 pasos de largo (unos 175 m², =0.0175 ha). En su centro se coloca una unidad de feromona para fortificar la atracción de la parcela. También puede poner una trampa de feromona (cono amarillo, cazapicudo) como indicadora de la cantidad de picudos que visitan la parcela. Las trampas tienen su precio y frecuentemente se roban o destruyen.

Las parcelas se ubican como líneas de defensa en los lugares picudosos, dejando 100 pasos entre parcelas. También pueden dejarse cordones continuos de rastrojos donde la presión del picudo es grande y donde hay equipo de aplicación montado en tractor.

No colocar las parcelas dentro del campo, para no estorbar la preparación del suelo. Para ganar más tiempo pueden receparse las parcelas antes de ser cosechadas. Las plantas cortadas se arrojan sobre el algodón parado para ser recolectadas junto con él.

La cantidad de parcelas depende del tamaño de las áreas críticas, y de los recursos disponibles para manejar las parcelas (mano de obra, bombas aspersoras etc.)

Recepa de rastrojos en las parcelas trampa. Con machete se cortan los rastrojos a la altura de rodilla para estimular un vigoroso retoño. La baja altura de los tocones facilita aplicar insecticida: reduce la deriva porque el chorro se dirige hacia abajo.

13.5.2 Período de la chapoda

Chapodar lo antes posible una vez terminada la cosecha. Mientras recolectan la última parte del campo en repela, debe empezar la chapoda en la primera parte. Eliminar los rastrojos también en las bordas y terrazas de los campos.

Siempre que sea posible, hacer CHAPODA ORIENTADA: comenzar chapodando lo más lejos de las parcelas trampa y avanzar hacia ellas. Así se empuja al picudo rumbo a los tocones trampa que ya deben haber retoñado bien.

Las últimas partes de los campos con rastrojos frondosos ("ISLAS RASTROJO") se pueden tratar 1 ó 2 veces con metil paration o malation UBV antes de chapodarlas, si un muestreo previo indicó población densa de picudo.

El período de la chapoda es decisivo en la supresión temprana. Los picudos son muy móviles; las mayores capturas ocurren en este tiempo. Para aprovechar este período, los rastrojos trampa deben ser operacionales, recepadas con suficiente anterioridad para estar en buen retoño a esta altura. Los tocones en todos los campos deben ser incorporados lo antes posible una vez terminada la chapoda. El retoño de los campos anularía la atraktividad de las parcelas trampa.

La chapoda en propiedades vecinas puede causar nuevas capturas masivas en las parcelas trampa. Vigilancia y frecuente control deben mantenerse.

Si las parcelas de tocones retoñan tan fuertemente que impidan la penetración del insecticida y la recolección de botones caídos, despeje las calles con machete. Con las lluvias de verano los tocones trampa crecerán vigorosamente y mantienen su atracción aún hasta la floración del cultivo algodónero. Se pueden dejar hasta Octubre ahorrando el costo de sembrar cultivos trampa. En Octubre se recepan nuevamente, el retoño sirve de trampa tardía capturando los picudos que salen de los algodones envejecidos en Diciembre-Enero.

13.5.3 Control del picudo en parcelas trampa

Los picudos atraídos se controlan por aplicaciones de insecticidas. Sirve todo insecticida que controle picudo. El metil paration es bien eficaz, pero tiene una vida corta en las plantas. Se recomiendan aplicaciones diarias si se usa este producto. Se aplican 45 ml por parcela de Metil 48% (corresponde a 2.8 l/ha). Del Metil 800 son 30 ml por parcela, siempre en suficiente agua para rociar todas las plantas. No aplicar en BV o UBV. Si la disponibilidad de agua es un problema, se coloca 1 barril a cada décima parcela, enterrado hasta su mitad y llenado con agua. Tapando el barril sirve de mesa e impide que el ganado beba el agua. Las aplicaciones con mochila son más cómodas y más rápidas si se hacen del tractor. Los cordones trampa se tratan con bomba de motor montada sobre tractor. Los trabajadores deben tomar todas las precauciones para evitar envenenamiento.

Control mecánico: una vez por semana se recolectan todos los órganos frutales caídos en las parcelas trampa; evita reproducción de picudo. Los frutos se dejan podrir al sol en bolsas plásticas cerradas con nudo fuerte. Enterrar los frutos cuesta tiempo, y los picudos pueden salir de grandes profundidades del suelo. Quemar los frutos verdes húmedos es ineficaz, muchos quedan inafectados. También cuesta tiempo y contamina si se usan llantas para el fuego.

13.5.4 Cultivos trampa

En lugares donde no fue posible establecer tocones trampa, o donde los tocones no crecieron bien por sequía o daño de ganado, se siembran CULTIVOS TRAMPA con las primeras lluvias de Mayo. Miden también 4 surcos por 50 pasos de largo, o son cordones continuos. Todo su manejo es igual al de los tocones trampa, con las siguientes excepciones:

- requieren fertilización y control de malezas para crecer rápidamente,
- deben ralearse (deshije).

Los cultivos trampa pueden establecerse fuera de los lotes para no estorbar las labores del cultivo. Recepándolos en Octubre, su follaje joven en Diciembre y Enero captura los picudos que salen de los plantíos envejecidos.

Cultivos trampa tardíos, sembrados en Septiembre-Octubre, ofrecen plantas tiernas y fructíferas durante Diciembre y Enero cuando el cultivo comercial se vuelve seco. Esta medida suprime el picudo en Enero-Febrero cuando los campos casi no tienen botones florales, y los tocones de las parcelas trampa aún no han retoñado. Los cultivos tardíos pueden sembrarse en lugares baldíos fuera de los algodonales, o en los sitios donde se han destruido las parcelas tempranas.

Algunos agricultores a veces reclaman que los focos de picudo comienzan en las áreas de los cultivos trampa, que los cultivos traen el picudo. Pero es al revés: los cultivos trampa se han colocado precisamente donde suelen desarrollarse los focos. En vez de tener el picudo en todo el campo, las parcelas lo concentran.

13.5.5 Cuido de las parcelas trampa

Si el ganado destruye las parcelas, encerrarlas con alambre. Sirve el alambre viejo, los restos de la renovación de cercos.

La meta es tener parcelas trampa bien frondosas y tupidas. En caso que crezcan demasiado densas dificultando la recolección de botones caídos, abrir las calles con machete. Eliminar la maleza en las parcelas para facilitar la recolección de frutos caídos.

Si no se manejan bien las parcelas pueden convertirse en criaderos de picudo.

Con las lluvias de verano, las parcelas trampa crecerán vigorosamente; mantienen su atracción aún durante la fructificación temprana del cultivo algodonero. Las parcelas funcionan hasta Septiembre y Octubre. Después se eliminan, o se dejan y se cosechan junto con el cultivo.

13.5.6 Ventajas y desventajas de las parcelas trampa

Las parcelas funcionan también sin la feromona si esta no fuera disponible en situaciones de emergencia. La instalación, el cuidado y el tratamiento de las parcelas requieren trabajo y costos, aunque relativamente menores. Existe el riesgo de envenenamiento de los trabajadores. Si el productor no sabe si sembrará algodón, no estará dispuesto instalar parcelas trampa. Si luego decide sembrar a corto plazo, no habrá tiempo para iniciar las parcelas. Sin cuidado y tratamiento frecuente las parcelas más bien producen picudos.

13.6 El Tubo MataPicudo (TMP®)

Es un tubo de cartón, 90 cm de alto con 1 pulgada de diámetro, cubierto de pintura de color atractivo para picudo. La pintura contiene malation y sustancias que estimulan al picudo comerlas. Una lámina plástica, 3x3 pulgadas, impregnada con 60 mg de la feromona, se enrolla lado activo adentro y se inserta en el extremo superior del tubo. Insertarla completamente, no debe sobresalir del extremo para retener la feromona por más tiempo. El tubo se fija sobre una clavija de madera pegada en el suelo.

Cambiando tubos la clavija queda en su lugar; el nuevo tubo es puesto sobre la misma clavija. Las clavijas vienen con los tubos. La vida eficaz del tubo dura hasta 50 días según las condiciones de campo.

La feromona atrae a los picudos desde lejos. Luego ven el color del tubo y descienden sobre él. Caminan sobre el tubo por unos segundos hasta varios minutos absorbiendo suficiente veneno para la muerte instantánea o atrasada, o para irrumpir la oviposición o la alimentación, o para debilitar al picudo que no sobreviva la diapausa y los meses entre cultivos.

Se enfatiza que el TMP es para PREVENCIÓN y para ser usado dentro de un completo programa de manejo integrado (destrucción temprana de rastrojos, combate de focos, recolección manual etc.). El tubo no dispensa con las demás medidas. El tubo no es eficaz contra altas poblaciones ya que los picudos machos en el campo producen su propia feromona que compete con los tubos.

Un macho produce en promedio 0.3-0.5 mg/día de feromona. Un TMP libera 1.2 mg/día (60 mg/50 días de vida) = 1,200 mg/día. Es la cantidad equivalente a 2,400-4,000 machos. Mientras los tubos ofrecen más feromona que los machos en la población, los picudos van por los tubos. Hay indicación en los EUA que los tubos siguen controlando picudo aún en plena floración del cultivo, siempre que las poblaciones no estén establecidas y los tubos produzcan más feromona que los machos. Esto puede justificar un turno adicional de tubos en Octubre para mantener el plantío libre de picudo durante la formación de cosecha.

Cuándo colocar los Tubos Mata Picudo

Los tubos se aplican 4 veces:

- .1 mes (alta presencia de picudo) o ½ mes (baja presencia) antes de la siembra,
- .50 días después del primer turno,
- .caducado el plantío, fines de Diciembre,
- .durante la chapoda o fines de Enero.

Los primeros 2 turnos protegen la nueva siembra. El tercer turno elimina los picudos que se han criado en el cultivo. El 4º turno, en el tiempo de máxima supresión, es preventivo para la próxima siembra. Considerar 1 turno adicional en la cima de la fructificación algodonera, turno, si la población de picudo es baja o nula. En los focos de infestación se coloca 1 tubo en el centro.

En la producción del algodón orgánico (sin agroquímicos sintéticos), los Tubos Mata Picudo se aplican continuamente cada 50 días empezando 2 meses antes de la siembra.

Forma correcta de colocar los Tubos Mata Picudo

Los tubos se colocan alrededor de los campos algodoneros, unos metros fuera del cultivo, para que estén visibles desde lejos y para no llevar al picudo hacia adentro del cultivo. La topografía de la finca determina los perímetros que reciben tubos. Campos aledaños se juntan en un perímetro común. Ríos o cauces atravesando la finca reciben líneas de tubos a ambos lados. La longitud total de los perímetros se divide en la distancia apropiada entre tubos (cuadro 6) para saber la cantidad necesaria de tubos. Las peculiaridades del terreno y el número de manzanas que determinan la cantidad de tubos a colocar.

Distancia entre Tubos Mata Picudo

Los TMP se colocan normalmente 30 metros aparte. En campos menores (20 ha) este distanciamiento resultaría en números ineconómicos de tubos. Se aumenta la distancia según el cuadro 6. En los turnos 3 y 4 la distancia entre tubos se puede duplicar a 60m.

Cuadro 6: Cantidades de TMP según tamaño de lote (Fuente: Plato Industries Inc.)

tamaño del lote	instalación de TMP
menor de 2 ha	1 solo tubo en el centro del lote. Cacear 2-3 m alrededor del tubo.
2-4 ha	1 TMP cada 75 m
4-10 ha	1 TMP cada 60 m
10-20 ha	1 TMP cada 45 m
>20 ha	1 TMP cada 30 m

El cuadro 7 ayuda en estimar la cantidad de tubos necesaria según tamaño de lotes.

Colocar los TMP correctamente puede aumentar su eficacia por un 88%. Puede ser la diferencia entre éxito y fracaso del programa.

Costo-beneficio del Tubo Mata Picudo

En Nicaragua 1 TMP vale US\$ 9.50 (todos precios de 1996); 0.7 tubos se aplican en promedio por manzana = 6.65 US\$/mz + costos de celador = 9.50 US\$/mz. Un litro Metil-48 vale US\$ 4.80; se aplican 1.5 l/mz + 5.60 US\$/mz para servicio de aplicación = 12.80 US\$/mz. El control del metil dura 1 día máximo; el del TMP dura hasta 50 días = 0.19 US\$/día x mz.

Tres aplicaciones de TMP cuestan unos 32 US\$/mz. El programa de parcelas trampa costó 29 US\$/mz, pero bajo éste se hicieron todavía 12 aspersiones generales contra picudo comparado con 3 bajo el programa TMP. Las 9 aspersiones ahorradas representan 115.20 US\$/mz. Además, como el TMP atrasa la llegada del picudo mas que cualquier otro método, se salva la fauna benéfica, las demás plagas se suprimen por mayor tiempo resultando en ahorros adicionales.

Sin ninguna supresión preventiva del picudo, es decir sin parcelas trampa y sin TMP, se hicieron 26 aplicaciones de insecticida contra el picudo. Comparado a esta situación los TMP ahorran 23 aplicaciones (294 US\$/mz). Con los TMP se ahorran también los costos de las parcelas trampa.

Las figuras en el Anexo muestran la fuerte supresión ejercida por los TMP sobre el picudo en Nicaragua 1993 y 1994.

Cuadro 7: CANTIDADES DE TMP NECESARIAS SEGÚN TAMAÑO DE LOS LOTES ALGODONEROS: CIFRAS APROXIMADAS BASADAS EN ÁREAS CUADRADAS. Fuente: Plato Industries Inc.

hectáreas del lote	distancia entre Tubos Mata Picudo		
	30 m	45 m	60 m
4	24	18	12
8	36	27	18
16	51	38	26
24	63	47	31
32	74	56	37
40	82	62	41
64	106	80	53
129	149	113	75
194	183	138	92
259	211	159	100

Cuadro 8: Efecto de la ubicación del TMP: capturas promedio en 5 tubos durante 36 horas en Tennessee (fuente: Dr. P. Roberts, Universidad de Tennessee, EUA, 1995)

ubicación de TMP	picudos en 5 tubos		diferencia
libre de malezas	505		
entre malezas		371	36%
fuera de árboles	428		
debajo de árboles		150	185%
sobre el suelo	284		
elevados a 75 cm		128	122%
en total	1,217	649	88%

Como beneficio indirecto se ahorran aplicaciones contra las demás plagas porque se preserva la fauna benéfica que controla orugas y chupadores, se permite usar biológicos (*Trichogramma*, *Bacillus thuringiensis*, hongos), se combate la resistencia de plagas a los insecticidas.

Debidamente usado el tubo puede reemplazar las parcelas trampa. Es mucho menos contaminante y riesgoso ya que no se asperjan insecticidas.

Semanalmente se revisan los tubos para ver si están bien mantenidos. Tubos destruidos o desaparecidos se reemplazan.

·Levantando los tubos pueden encontrarse picudos muertos adentro.

·Evitar que los tubos se doblen por la humedad colocándolos en lugares ventilados, no encharcados. Tubos doblados se rectifican insertando un palito.

Evitar que los tubos se llenen de polvo. Quitarlos durante la preparación del suelo; ponerlos viento arriba de los caminos traficados o colocarlos en un potrero cercano. El polvo no afecta la toxicidad del tubo, pero su atraktividad por ocultar el color atractivo.

- Durante el tiempo de la recolección del algodón se quitan los tubos para evitar pérdidas o molestias. Se colocan de nuevo cuando los cortadores han salido del lote. Si las socas se destruyen simultáneamente con la recolección, espere hasta que habrá terminada la chapoda.

- El tubo es biodegradable, se entierra después del uso. El cartón, el malation y la feromona se descomponen completamente.

13.7 Control químico

Por su eficacia y bajo costo el paratión metílico (metil) es el insecticida preferido. Hay poca resistencia en el picudo contra los organofosforados. Metil y malation poseen poca persistencia en el campo: 4-6 horas a 550 g/ha; el azinfosmetil en la misma dosis quedó activo >24 h (Cross 1973). BV y UBV son mas eficaces que la aspersion convencional. Los piretroides deben usarse solamente en el período de su uso contra bellotero, y en presencia de otra plaga a ser controlada con piretroides. Evitar usar piretroides únicamente contra picudo.

Hay otros insecticidas eficaces que pueden lograr buen control si se procura pH correcto de agua, calibración exacta del equipo, hora y manera correctas de aplicación:

	<u>g i.a./manzana</u>
azinfosmetil (Guthion)	200
malation	630-780
fenitroton	
oxamyl (Vydate)	200
endosulfan (Thiodan)+metil	300+200
dicrotofos (Bidrin)	260-400
pyrazol fenilico (Fipronil)	
fosmet (Imidan)	200-780

Los piretroides con buena eficacia contra picudo son: ciflutrin (Baythroid), beta-ciflutrin (Bulldock), lambda-cyhalotrin (Karate), tralometrin (Scout X-tra), deltametrin en forma de Bitam-flow, una suspensión de microcristales.

Detección y tratamiento de focos: Los focos de infestación, detectados por un plagueo minucioso, se fumigan con equipo terrestre. Se tratan las rondas cuando las infestaciones empiezan en ellas.

En EUA, productores tratan unos surcos exteriores del cultivo con aldicarb (Temik G) y colocan feromona para atraer y matar picudos inmigrantes.

Umbrales de acción para control químico: en temporada temprana hay que prevenir que el picudo se establezca en el cultivo. En EUA recomiendan 1 o 2 aplicaciones de insecticida en la fase de "botones tamaño de alfiler"; en Mississippi hay que aplicar si hay 8% de botones dañados en la fase de "botones tamaño cabeza de fósforo" hasta 1ª flor, y 10% de botones dañados en la fase flor hasta caducamiento (Wagner et al.1995). Entre caducamiento y defoliación se aplica si 35% de capsulas <2mm diámetro están dañadas por picudo.

En Nicaragua asperjan ya con 1,000 o 500 picudos/manzana (1,400 o 700/ha) para impedir su establecimiento en el cultivo.

Prevención de diapausa: en EUA asperjan en temprada tardía 2 o mas veces en intervalos de 5-10 días para reducir longevidad del picudo y controlar la última generación de hembras reproductoras para que no produzcan la generación que irá a diapausa.

Eradicación del picudo en EUA: reducen las poblaciones de picudo con 1) prevención de diapausa en otoño, 2) trampas de feromona en primavera, 3) cultivos trampa + aldicarb + feromona en primavera, 4) 1 aplicación de insecticida al formarse los botones tamaño de alfiler, 5) liberación de machos estériles para eliminación completa del picudo.

Referencias bibliográficas

- Agee, H.R. 1964. Characters for determination of sex of the boll weevil. J. Econ. Entomol. 57: 500-501
- Anthony, K.R.M., Bravo, R. Cotton production in Colombia. 1970. Cotton Growing Review 47: 81-92
- Bachelor, J.S., Jones, J.W., Bradley Jr., J.R., Bowen, H.D. 1975. Influence of temperature on abscission of cotton squares infested with boll weevil eggs. J. Econ. Entomol. 68: 298-300
- Bonham, C.D., Fye, R.E. 1971. An empirical model for predicting boll weevil distribution on cotton plants. J. Econ. Entomol. 64: 539-540
- Brazzel, J.R., Hightower, B.G. 1960. A seasonal study of diapause, reproductive activity and seasonal tolerance to insecticides in the boll weevil. J. Econ. Entomol. 53: 41-46
- Brazzel, J.R., Newsom, L.D. 1959. Diapause in *Anthonomus grandis* Boh. J. Econ. Entomol. 52: 603-611
- Burke, H.R. 1968. Geographic variation and taxonomy of *Anthonomus grandis* Boheman. Dept. Entomol., Texas A & M University, ERD Contract No. 12-14-100-7733 (33).
- Burke, H.H., Cate, J.R. 1979. A new species of Mexican *Anthonomus* related to the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 72: 189-192

- Cross, W.H. 1973. Biology, control and eradication of the boll weevil. *Ann. Rev. Entom.* 18: 17-46
- Cross, W.H., Lukefahr, M.J., Fryxell, P.A.S., Burke, H.R. 1975. Host plants of the boll weevil. *Environm. Entomol.* 4:19-26
- Cushman, R.A. 1911. Studies on the biology of the boll weevil in the Mississippi Delta region of Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 4: 432-448
- Isley, D. 1928. Oviposition of the boll weevil in relation to food. *J. Econ. Entom.* 21: 152-155
- Daxl, R., Hernández, J. 1977. *Anthonomus grandis* (var. interm.) Boh.: biología con relación a niveles económicos de daño permisible en algodón. Memoria del Sexto Seminario Técnico sobre el Cultivo del Algodonero. Banco Nacional de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Daxl, R., Ruiz Centeno, B., Bustillo Cáceres, J. 1995. Performance of the boll weevil attract & control tube (BWACTION) in a 3-year area-wide Nicaraguan boll weevil control program. *Proc. Beltw. Cotton Conf. Vol.2* : 933-937. National Cotton Council of America
- Guerra, A.A., García, R.F., Bodegas V., P.R., De Coss F., M.E. 1984. The quiescent physiological status of boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) during the noncotton season in the tropical zone of Soconusco in Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.* 77: 595-598
- Gutiérrez, A.P., Wang, Y., Daxl, R. 1979. The interaction of cotton and boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) - a study of co-adaptation. *Canadian Entomologist* 111: 357-366
- Hopkins, A.R., Taft, H.M, James, W. 1969. Life history of the boll weevil in field cages. *J. Econ. Entom.* 62: 964-965
- Johnson, W.L., Cross, W.H., McGovern, W.L. Long-range dispersal of marked boll weevils in Mississippi during 1974. *Ann. Entom. Soc. Am.* 69: 421-422
- Jones, R.W., Cate, J.R., Martínez H., E., Salgado S., E. 1993. Pollen feeding and survival of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) on selected plant species in Northeastern Mexico. *Environm. Entomol.* 22: 99-108
- Lambert, L., Lentz, G.L., Cherry, E.T. 1979. Preoviposition periods and oviposition rates of insectary-reared boll weevils in West Tennessee. *Environm. Entomol.* 8: 1092-1094
- Lloyd, E.P., McMeans, J.L., Merkl, M.E. 1961. Preferred feeding and egg laying sites of the boll weevil and the effect of weevil damage on the cotton plant. *J. Econ. Entomol.* 54: 979-984
- Mitchell, H.C. 1967. Natural boll weevil behavior: interrelationships of field movements, matings and oviposition. Unpubl. Master Thesis, Mississippi State University

Mitchell, H.C., Cross, W.H. 1969. Oviposition by the boll weevil in the field. J. Econ. Entomol. 62: 604 - 605

Mitchell, H.C., Mistic Jr., W.J. 1965. Concepts of population dynamics and estimation of boll weevil populations. J. Econ.Entom. 58: 757-763

Pieters, E.P., Sterling, W.L. 1975. Sequential sampling cotton squares damaged by boll weevils or *Heliothis* spp. in the Coastal Bend of Texas. J. Econ. Entomol. 68: 543-545

Quezada, J.R., Benavides A. 1977. Hallazgo de dos enemigos naturales del picudo *Anthonomus grandis* en El Salvador. Memoria del Sexto Seminario Técnico sobre el Cultivo del Algodonero. Banco Nacional de Nicaragua, Managua, Nicaragua.

Slosser, J.E., Montandon, R. Potential of *Catolaccus grandis* for managing the boll weevil in the Texas Rolling Plains. 1995. Proc. Beltwide Cotton Conferences, tomo 2, pág.1020-1021. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, EUA.

Sterling, W.L., Adkisson, P.L. (1966?) Seasonal biology of the boll weevil in the High and Rolling Plains of Texas as compared with previous biological studies of this insect. (desconozco el lugar de publicación)

Stoner, A. 1968. *Sphaeralcea* spp. as hosts of the boll weevil in Arizona. J. Econ. Entomol. 61: 1100-1102

Wagner, T.L., Williams, M.R., Willers, J.L., Akins, D.C., Olson, R.L., McKinion, J.M. 1995. Knowledge base of rbWHIMS: an expert system for managing cotton arthropod pests in the Midsouth. Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station Tech. Bull. 205

Warner, R.E. 1966. Taxonomy of the subspecies of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. 59 (6): 1073-1088

CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DEL ALGODONERO

Fulvia García Roa
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CORPOICA - A.A. 1301 - FAX: (57) 2733687
Palmira, Colombia, S.A.

Durante muchos años la agricultura ha dependido del uso de agrotóxicos para el control de plagas en cultivos, situación que ha deteriorado drásticamente el medio ambiente, causando serios disturbios ecológicos, desequilibrios biológicos entre agentes benéficos y dañinos y muy especialmente ha interferido la salud humana por efecto de inhalaciones de tóxicos y residuos de ellos en alimentos. Además, su frecuencia y los problemas de resistencia creados por el uso continuado, obliga a buscar alternativas que ayuden a su reducción y/o desplazamiento en la implementación de programas sobre Manejo Integrado de Plagas.

El Manejo Integrado de Plagas (*MIP*) reúne estrategias que garantizan la reducción poblacional de las plagas en cultivos, con enfoques de sostenibilidad y competitividad.

Para llevar a equilibrios biológicos las plagas, es fundamental integrar medidas culturales, biológicas, físicas, mecánicas, etológicas, microbiológicas, no convencionales y aún tradicionales como el control químico, buscando productos que den selectividad a la fauna benéfica y usándolos en situaciones plenamente justificadas, cuando se hayan agotado las demás alternativas.

Sin embargo, cuando se acude con oportunidad y se obtiene información de la situación de plagas en el campo, bajo un sistema de monitoreo frecuente, registrando la dinámica poblacional de las especies dañinas, sus reguladores biológicos, los factores bióticos y abióticos que intervienen y esta información se relaciona con el desarrollo de las plantas, la intensidad y avance de daño fresco, podemos balancear técnicamente la situación del cultivo y tomar con oportunidad la decisión más acertada de manejo.

Entre las alternativas que mayor contribución pueden dar al Manejo Integrado de Plagas está el *Control Biológico*, a través del cual se emplean las mismas herramientas que existen en la naturaleza

para combatir las plagas. Por varios decenios el uso del control químico como única alternativa para controlar plagas eliminó su fauna benéfica natural dejando las especies dañinas sin reguladores biológicos suficientes. Es necesario ahora restituir la población de enemigos naturales acudiendo a la cría masiva de ellos en el laboratorio para devolver al campo mediante programas de liberaciones inundativas o inoculativas, reforzando así la actividad de parasitoides, depredadores y entomopatógenos nativos.

La conservación de parasitoides, depredadores y entomopatógenos nativos unido a su incremento bajo técnicas de cría masiva y liberación en el campo, son actividades que en Colombia se vienen desarrollando con notable resultado en diversos cultivos, bajo el esfuerzo combinado de entidades oficiales, investigadores del estado, empresas privadas y empresarios particulares.

Específicamente en el Valle del Cauca, región suroccidental de Colombia, altamente tecnificada, los estudios realizados para estructurar programas de Manejo Integrado de Plagas en cultivos, durante los últimos 15 años, han estado dirigidos a reducir las poblaciones de especies dañinas mediante la integración de métodos, dando especial importancia a los controles biológicos naturales e inducidos, microbiológicos y culturales.

Los resultados sobre el uso y aprovechamiento de parasitoides, depredadores y entomopatógenos ha permitido restablecer equilibrios biológicos de plagas en caña de azúcar, algodón, tomate, soya, frijol, sorgo, maíz, yuca, plátano y otros cultivos, hasta el punto de reducir y en otros casos sustituir el control químico. Esto ha significado ventajas de carácter ecológico, económico y de protección a la salud del hombre.

Se ha buscado en primer lugar sanear o descontaminar el medio ambiente bajo sustitución gradual del uso de insecticidas. Esta estrategia ha permitido la recuperación y resurgencia del control biológico natural, su conservación y favorecido el establecimiento y efectividad de los controles biológicos inducidos. La situación anterior ha propiciado un descenso notable en los costos de control de plagas y equilibrios biológicos en especies plagas de importancia económica.

Trichogramma pretiosum Riley y *T. exiguum* Pinto & Platner, son los agentes biológicos más empleados en Programas de Manejo. Estos parasitoides son producidos comercialmente y liberados en los cultivos tan pronto se detectan las primeras posturas ó adultos de plagas lepidópteras. La calidad de este insumo biológico es controlada por el Instituto Colombiano Agropecuario, entidad oficial y CORPOICA es la entidad encargada de investigar el comportamiento y el manejo de *Trichogramma* en el campo, de suministrar el material parental de nuevas especies de *Trichogramma* a los laboratorios comerciales, de renovar las cepas y de supervisar todos los aspectos relacionados con la efectividad del parasitoide en el campo.

En la zona algodonera del Valle del Cauca pudo implementarse un programa de manejo de las poblaciones de *Aphis gossypii* Glover, *Alabama argillacea* (Hübner) *Heliothis virescens* (F.) y *H. zea* Boddie, con la integración de métodos biológicos, microbiológicos, culturales y físicos.

EL cambio de criterio sobre niveles de daño económico, especialmente en las etapas de prefloración y floración, contribuyó exitosamente al manejo de áfidos, *Alabama* y *Heliothis*. La no aplicación de insecticidas en época temprana en el cultivo, favorece la llegada y multiplicación de agentes de control natural, los cuales, unidos al efecto de un control biológico inducido mediante liberaciones periódicas del parasitoide de huevos *Trichogramma pretiosum* Riley, logran regular las poblaciones de especies dañinas. Necesariamente a este control biológico deben unirse medidas de carácter cultural especialmente relacionadas con uniformidad de siembras, humedad del suelo, vigor, manejo de malezas, fertilización, inspecciones frecuentes ó monitoreo, destrucción de socas ó residuos de cosecha y un período libre del cultivo ó veda.

MANEJO DE AFIDOS o PULGONES *Aphis gossypii*

Los áfidos ó pulgones del algodonero son plagas que pueden presentarse a través de todo el período vegetativo del cultivo. Sin embargo, sus poblaciones más altas ocurren en los primeros 30 días después de la emergencia de las plantas. Por mucho tiempo se consideró que la presencia de 20 ó más áfidos por hoja era un nivel de daño económico que justificaba un control químico. Bajo este

concepto se iniciaban aplicaciones muy tempranas que destruían los agentes benéficos naturales que apenas empezaban su proceso de colonización. La destrucción de estos enemigos naturales dejaba campo abierto para que otras plagas como *Alabama* y *Heliothis* incrementaran sus poblaciones y tuvieran que ser sometidas a nuevos controles químicos. Esta situación generó una dependencia muy marcada al uso de insecticidas en algodón y propició el resurgimiento de problemas entomológicos más serios como fué el caso del complejo *Heliothis*, plaga que recibía 20 ó más aplicaciones por cosecha.

El cambio de criterio para manejar los áfidos ha favorecido la conservación y aprovechamiento de la fauna benéfica que llega al cultivo atraída por ellos. Actualmente se recomienda permitir una población mayor a 20 por hoja y solo cuando se observan signos de daño económico como inicio de encrespamiento y secreción de melaza, en época seca, se puede acudir al control químico selectivo de sistémicos, en dosis tan bajas como 0,05 - 0.1 kg i.a./ha.

La mayoría de las veces no es necesario acudir al control químico de áfidos con sistémicos puesto que la integración de controles culturales como una buena humedad en el suelo por riego ó por tiempo lluvioso, al favorecer el desarrollo de plántulas vigorosas habilita a éstas para soportar el daño inicial de alimentación de los áfidos mientras la fauna benéfica se establece y actúa.

En la mayor parte del área aldonera del Valle del Cauca no se dirigen controles químicos contra *Aphis gossypii* debido al magnífico control biológico que tienen estos chupadores por predadores de la familia Coccinellidae como *Hippodamia convergens*, *Cycloneda sanguinea*, *Scymnus sp.* y otros como *Chrysopa sp.*, *Orius sp.*, *Syrphidae*, arañas y el parasitoide *Lysiphlebus testaceipes*.

MANEJO DE GUSANOS BELLOTEROS (*Heliothis virescens* y *H. zea*)

Su llegada al cultivo coincide con la etapa de formación de botones, es decir, 25-30 días después de la emergencia. Para detectar la presencia de huevos y larvas pequeñas de *Heliothis* deben examinarse los terminales principales de plantas tomadas al azar, registrando el número de estados del insecto. Se

recomienda dos inspecciones semanales y una muestra no inferior a 100 plantas por cada 10 hectáreas.

Los resultados de la investigación en los últimos 15 años ha demostrado que *Heliothis* es altamente susceptible en su estado de huevo al control biológico por *Trichogramma*, siendo las especies nativas *T. pretiosum* y *T. exiguum* las que causan más altos parasitismos. Las liberaciones deben iniciarse tan pronto se observen los primeros huevos del insecto y continuarse semanalmente, empleando una dosis que puede fluctuar entre 20-30 pulgadas por hectárea (40.000 - 60.000 avispas/ha). El éxito de este control biológico de *Heliothis* radica en la oportunidad de las liberaciones, en la frecuencia de las inspecciones y evaluaciones de campo que informen sobre la evolución de la plaga y su daño al cultivo. En ecosistemas más limpios como el Valle del Cauca, donde la mayoría de los agricultores liberan *Trichogramma*, las respuestas de parasitismo son tan altas que frenan la plaga en su estado de huevo, no permitiendo su paso a larva. En ecosistemas menos limpios, con alta interferencia por aplicaciones de agrotóxicos se recomienda aumentar la dosis (40-50 pulgadas/ha) y la frecuencia de las liberaciones (dos veces por semana).

El paso del control químico de *Heliothis* al manejo biológico del insecto en estado de huevo fue gradual. En el proceso de implementación se integraron controles biológicos y químicos. A medida que se reducían las aplicaciones de insecticidas, se empleaba con mayor presión el insumo biológico *Trichogramma*, realizando entre 8 y 15 liberaciones de 20 a 30 pulgadas/hectárea/cosecha. Esta presión provocó una reducción y después un desplazamiento de los insecticidas no solo en algodón sino en otros cultivos infestados por *Heliothis*.

La práctica de liberación fue adoptada entre los agricultores algodoneros y de otras especies agrícolas lo cual ha derivado un beneficio ecológico a la región, cuantificándose incrementos en la actividad de los agentes de control biológico natural e inducidos.

Al comparar las poblaciones de larvas de *Heliothis* registradas en algodón durante 1977, cuando ocurrió la máxima explosión de *Heliothis* en el Valle del Cauca, realizándose entre 19 y 25 aplicaciones de insecticidas, con las poblaciones de larvas de *Heliothis* registradas en 1987, cuando se hizo un

manejo biológico de *Heliothis* liberando *Trichogramma* (Ver Anexo), se puede advertir claramente una reducción en las poblaciones de *Heliothis* superior a 350 veces, en un lapso de 10 años. Esta reducción de la población está altamente relacionada con el incremento de la actividad de *Trichogramma* (Ver Anexo) al ser usado de manera continua y generalizada por más del 90% de los agricultores de la región. En el anexo se presenta información relacionada con la producción y el manejo de *Trichogramma*, en Colombia.

La conservación de los enemigos naturales, especialmente depredadores que llegan al cultivo desde época temprana, ayudan eficientemente a regular las poblaciones de huevos y larvas de *Heliothis*, complementando así el trabajo realizado por el parasitoide de huevos.

MANEJO DEL GUSANO DE LAS HOJAS (*Alabama argillacea*)

La estrategia de permitir el establecimiento de la fauna benéfica natural en la primera etapa de desarrollo del algodón al no hacer aplicaciones de insecticidas, reforzando el control biológico natural con liberaciones de *Trichogramma* e instalación de nidos de *Polistes erythrocephalus*, ha facilitado el manejo de *Alabama* defoliador que si se presenta en cultivos del Valle del Cauca lo hace después de los 90 días de edad de las plantas, en poblaciones subeconómicas de larvas que son fácilmente reguladas por otros agentes biológicos.

Es conveniente advertir la presencia de *Alabama* bajo inspecciones dirigidas al envés del follaje para localizar los huevos y proceder a coordinar las liberaciones de *Trichogramma* con oportunidad. Las liberaciones dirigidas contra *Heliothis* actúan sobre *Alabama*, otros defoliadores y belloteros del algodón. La dosis de liberación, bajo las condiciones actuales, en el Valle del Cauca, con baja población de *Heliothis* y *Alabama*, es de 20 - 30 pulgadas/ha/semana. El incremento de la dosis y su frecuencia de liberación dependerá del grado de infestación de huevos de la plaga.

Si el control biológico de *Alabama* no es suficiente se puede acudir a la recolección manual de larvas cuando la plaga se presenta en focos. En caso de infestaciones generalizadas, que amenacen más del 30% del follaje, lo más indicado será el uso de *Bacillus thuringiensis* (800 - 1000 g/ha).

OTROS BELLOTEROS (*Pectinophora gossypiella* , *Sacadodes pyralis*)

Su manejo es especialmente cultural con siembras uniformes dentro del menor tiempo posible, destrucción de socas ó residuos de cosecha. Estas medidas deben tener un respaldo legal para su total cumplimiento. Actualmente se implementa el manejo de estos bellotereros con liberaciones de otras especies de Trichogrammatidae (*T. bactrae*, *T. exiguum*) y empleo de trampas con feromona.

La recolección manual de estructuras infestadas (flores en forma de roseta y bombillo) es un método mecánico de reducir la infestación, la cual ocurre generalmente después de los 90 días de edad del cultivo. Muchas veces se ha frenado la infestación de *Pectinophora* y *Sacadodes* con la recolección oportuna de estructuras infestadas en los bordes del cultivo.

PICUDO DEL ALGODON (*Anthonomus grandis*)

El picudo del algodón es la plaga más importante de este cultivo en Colombia. Su presencia en las principales zonas algodonerías del país data desde el año 1950. Su control por más de 40 años ha dependido del uso de insecticidas interfiriendo esta práctica, el desarrollo de programas de manejo integrado de plagas del cultivo en las localidades de la Costa Atlántica y el Tolima.

El uso frecuente de productos insecticidas contra picudo (10 - 15 aspersiones/cosecha) ha alterado el medio ecológico en estas regiones, destruyendo agentes benéficos, ocasionando problemas de resistencia, disturbios en el medio ambiente, intoxicaciones en humanos y aumento en los costos de producción.

Existen recomendaciones de tipo cultural, físico y mecánico para bajar las poblaciones de picudo tales como, la destrucción oportuna y correcta de socas, la uniformidad en las siembras, la recolección manual de la plaga en focos, el establecimiento de cultivos trampa e islas socas, trampas con

feromonas, medidas que integradas ayudan a reducir ó retardar la incidencia de picudo y que podrían permitir un mejor manejo de cada generación de la plaga. Infortunadamente no todos los agricultores cumplen con estas recomendaciones y acuden permanentemente al uso de insecticidas. Esta dependencia al control químico y la no destrucción de socas, mantienen niveles muy altos en la población de picudo.

En las anteriores zonas aldoneras se han intensificado trabajos con trampas "mata picudo" colocándolas especialmente después de la cosecha, para recoger adultos circulantes antes de que vayan a refugios. Esta práctica ha logrado reducir la incidencia de la plaga y el número de aplicaciones en la cosecha posterior.

Para el Valle del Cauca, el problema de picudo es reciente, pues solo a partir de 1992, se registró su presencia en este sector del país. Dada la importancia de la plaga por sus altas poblaciones, la gravedad de su daño y el deterioro que puede causar su control químico a los Programas MIP ya implementados para áfidos, *Alabama* y *Heliothis* en el aldonero, es urgente buscar más alternativas de manejo. Por ello se viene investigando el control biológico del picudo con el ectoparásito *Catolaccus grandis* y los entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae* y *Steinernema* sp.

Los trabajos de laboratorio para el desarrollo de la cría masiva de *Catolaccus* indican que el *Acanthoscelides obtectus* puede servir de huésped alterno.

La técnica de multiplicación de *Catolaccus* generada por J. Cate, ha permitido el progreso en el campo del control biológico del picudo y en la metodología usada en Colombia, incorporando a ella el huésped alterno *A. obtectus*. Resultados preliminares de liberaciones en el campo indican que el ectoparásito es una alternativa promisoría para la implementación de un programa MIP del picudo. Las primeras liberaciones realizadas en 1994, dieron un 13,6% de parasitismo al evaluar botones infestados, recogidos del campo y examinados en el laboratorio. Estos trabajos se continuarán y ampliarán incorporando otros parasitoides nativos para diversificar herramientas de control biológico.

Los estudios sobre control microbiológico realizados en el laboratorio muestran alta susceptibilidad de adultos de *Anthonomus* a los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae* y al nematodo *Steinernema* sp., alcanzando para los hongos infecciones de 82% (*B. bassiana*, $3,6 \times 10^9$) y de 66% (*M. anisoplae* 1×10^9).

Hubo muy baja infección de los patógenos en el campo y solo un 9% de los adultos evaluados estaban infectados por *Beauveria*.

Es conveniente integrar esfuerzos de investigación que lleven a la consolidación de un programa MIP para reducir las altas poblaciones de *A. grandis*, principal plaga del algodón.

BIBLIOGRAFIA

1. **García, R., F. 1971.** Summary of Research work on *Heliothis* in Colombia. In: Ecology and behaviour of the *Heliothis* complex as related to the sterile - male technique. FAO/IAEA/ICA. Panel, May 1970. Bogotá. International Atomic Energy Agency, Vienna. IAEA 129. p.81-96.
2. **García R., F. 1975.** Insectos y plagas del cultivo del algodón en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Curso de Control Integrado de Plagas, Villavicencio. 28 pp. (Material mimeografiado).
3. **García, R., F. 1978.** Evaluación de las pérdidas en rendimientos ocasionados por el daño de *Heliothis* spp, en el algodón. Rev. Colombiana de Entomología. 4(1,2):35-43.
4. **García, R., F. 1980.** Acción de agentes biológicos y químicos en la reducción de las poblaciones de huevos de *Heliothis* spp, en el algodón. Rev. Colombiana de Entomología. 6(1,2):11-20.
5. **García, R., F. 1990.** Avances y perspectivas del Control Biológico en Colombia. Colombia, Ciencia y Tecnología. COLCIENCIAS. Vol. 8(3):8-12.

6. **García, R., F. 1990.** Successful utilization *Trichogramma* spp, in biological control programs in the Cauca Valley, region of Colombia. En: Resúmenes *Trichogramma* and other egg parasitoids 3rd Symposium. San Antonio, Texas. September 23-27, 1990. (Material mimeografiado).
7. **García R., F. Sánchez, R.M.; Tróchez P., A. 1994.** Determinación de huéspedes para la cría masiva de *Catolaccus* sp. parasitoide de *Anthonomus grandis* Boheman. Resúmenes. XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Medellín 27 - 29 de Julio de 1994. pg. 80.
8. **García R., F. y Sánchez R., M. 1995.** Evaluación del comportamiento de *Catolaccus grandis* (Burks) parasitoide del picudo del algodónero. Resúmenes. XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santafé de Bogotá. Julio 26 - 28 de 1995. pg. 19.
9. **Jojoa Z., G. B. 1995** Evaluación de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill y *Metarhizium anisoplae* (Metsch) Sorokin, para el control de *Anthonomus grandis* Boheman, en el Valle del Cauca. Tesis de Grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 74p.PJL ENTER LANGUAGE PCL

ORIGEN Y EVOLUCION DEL PICUDO DEL ALGODONERO Y SUS PLANTAS HOSPEDERAS SILVESTRES: IMPLICACIONES PARA SU MANEJO

Dr. Robert W. Jones.
El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR),
Apartado Postal 63, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

El picudo del algodón (*Anthonomus grandis* Boheman) es la plaga de mayor importancia en el Nuevo Mundo. Es de origen Mesoamericano y las evidencias sugieren que su hospedero original son plantas del género *Hampea* y no *Gossypium*. La evidencia más convincente es el descubrimiento de tres nuevas especies de *Anthonomus* asociados solamente con *Hampea* y que son taxonómicamente cercanas a *Anthonomus grandis*. El género *Hampea* se encuentra en el sur de México, centro América y Colombia.

Las plantas de este género son árboles pequeños que generalmente se encuentran en hábitats mesófilos en altitudes a nivel del mar y hasta 2000 m. La producción de botones y flores de *Hampea* es sumamente alta y su período de esta reproducción es corto. A pesar de esto, el picudo del algodón y sus especie cercanas son capaces de encontrar plantas y reproducirse rápidamente sobre las botones de *Hampea*, alcanzando poblaciones relativamente altas en poco tiempo. Estas adaptaciones para explotar *Hampea*, aparentemente son "preadaptaciones" para explotar el algodón cultivado en densidades altas en monocultivos. Esto contrasta con el poco éxito que tiene *A. grandis* en encontrar y explotar poblaciones de algodón silvestre. Las implicaciones de que *Hampea* es el hospedero ancestral con un largo período de evolución con *A. grandis* son importantes en el entendimiento del picudo del algodón y en el desarrollo de programas de control integrado de esta plaga. Algunos de estas implicaciones son: 1) la mayoría de los enemigos naturales de *A. grandis* se encuentran atacando poblaciones de los picudos asociados con *Hampea* y no al algodón, 2) hay más probabilidad de encontrar factores de resistencia contra el ataque de *A. grandis* en *Hampea* que con el algodón, 3) para entender la sobrevivencia de *A. grandis* durante el período de ausencia de plantas hospederas reproductivas ("diapausa"), se requiere estudiar la plaga bajo las condiciones ecológicas tropicales donde se originó, en lugar de las condiciones templados, en el cual, la mayoría de las investigaciones se han realizado. Se presentan evidencias de estas implicaciones y su importancia en el desarrollo de programas de manejo integrado del picudo del algodón.

FLUCTUACION ESTACIONAL Y MANEJO DE *Heliothis virescens* Fabricius y *Pectinophora gossypiella* Saunder EN TRES REGIONES DEL VALLE DEL CAUCA.

Hernando Pino

Ing. Agr. Asistente Técnico Particular

El *Heliothis* spp, se convirtió en la principal plaga del cultivo del algodón, durante las décadas de los años 60 y 70, esto implicó el uso indiscriminado de agroquímicos para su control, con un costo de 30% del valor de la producción y también se inició o incrementó la resistencia del insecto a todos los productos existentes, por esto dos motivos se determinó incluirlo en un programa de manejo integrado de plagas; el uso de *Trichogramma* sp y no usar insecticidas de amplio espectro fueron los fundamentos del proyecto.

La liberación del parásito una o dos veces por semana, las evaluaciones y montajes de muestras en panales y frascos de huevos y larvas cada 4 días y el conocimiento de otros agentes benéficos naturales, fueron de mucha ayuda en el desarrollo del programa, lo anterior implicó que durante 14 cosechas no se efectuará una sola aspersión de insecticidas de 1980 a 1994.

Para el *Pectinophora gossypiella* Saunder, plaga endémica en el Valle del Cauca, se desarrolló un manejo estrictamente cultural, como la destrucción de socas y residuos de cosechas, limpieza en planta de desmote y bodegas de semilla almacenada, en campo se efectuó un estricto monitoreo con Feromona en Trampas deltas desde la veda y durante el cultivo para cuantificar la población de adultos y el lugar de procedencia.

Estudio de la biología y dinámica poblacional del insecto fueron vitales para el desarrollo del programa de *P. gossypiella*.

El uso de Feromona lo mismo que el seguimiento del insecto en el campo y laboratorio, fueron decisivos para el manejo del problema, ya que un ataque de este insecto significa un daño del 30 al 40% de la cosecha.

EL REGISTRO OFICIAL DE INSECTICIDAS PARA USO EN EL ALGODONERO

Carlos Alberto Nieto Camero
I.A. PhD Grupo de especialistas
División de Insumos Agrícolas ICA

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, a través de la División de Insumos Agrícolas tiene la responsabilidad de ejercer el control técnico de la industria, comercio y ampliación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines.

Como parte del proceso de modernización del sector público y acorde con los criterios de competitividad, sostenibilidad y equidad, la Institución ha integrado toda la reglamentación existente que regula la industria y comercio de los insumos agrícolas en la Resolución 3079/95, la cual ha sido el resultado de las relaciones con la industria de agroquímicos, gremios del sector agrícola, centros universitarios, especialistas de los Ministerios de Salud y del Medio Ambiente, consultores internacionales y directivos y profesionales del ICA, cuyas sugerencias y recomendaciones quedaron plasmadas en esta norma.

Vale la pena resaltar dentro de los cambios introducidos en este ámbito de los Insumos Agrícolas, el establecimiento del carácter indefinido para la vigencia de todos los registros, pero se introduce un exigente servicio de vigilancia y seguimiento, basado en el análisis de calidad y eficiencia a nivel del campo. Igualmente se refuerza el concurso del sector privado, al darle suma importancia al reconocimiento de los departamentos técnicos particulares para el estudio de la eficacia de los agroquímicos y agrobiológicos, así como, el desarrollo de algunas de las actividades propias del control de los insumos agrícolas a través de la acreditación de sociedades de profesionales altamente calificados y entrenados por el ICA.

En la agricultura mundial y aun mas en nuestro país, el cultivo del algodón ha sido tradicionalmente el que ha demandado el mayor consumo de insecticidas. Comparativamente con otros cultivos comerciales como arroz, sorgo y café, prácticamente duplica en el caso del primero de los cultivos y es cuatro veces mas con relación al sorgo y café.

Actualmente son 175 los insecticidas con registro de venta del ICA con recomendaciones de uso para el cultivo del algodón y en el que están involucradas en su elaboración 28 empresas de agroquímicos, la mayoría de las

cuales hacen parte de la Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos de la ANDI.

De acuerdo con los numerosos estudios entomológicos realizados, en el cultivo del algodón se han detectado más de noventa (90) especies de insectos. Las recomendaciones de uso de los insecticidas registrados en el ICA abarcan el control de cerca de treinta y cinco (35) especies de insectos y cinco (5) de ácaros.

De todas ellas, son catorce (14) especies de insectos las que acaparan el mayor número de productos para su control, destacándose el *Alabama argillacea* y el *Heliothis virescens* con cerca de cincuenta (50) productos cada uno.

El cultivo del algodón ha sido para las empresas productoras de plaguicidas como un laboratorio experimental para la obtención de nuevas moléculas químicas dirigidas al control de las plagas que lo atacan. Hasta el presente, se encuentran vigentes 58 ingredientes activos de insecticidas, predominando los grupos de organofosforados, carbamatos y piretroides.

Con una oferta tan alta de insecticidas químicos y su utilización desde la siembra hasta después de la cosecha (socas), obliga a un mayor esfuerzo de todos los entes públicos y privados involucrados en esta actividad, en la difusión y puesta en práctica de las recomendaciones para el mejor uso y manejo de los plaguicidas sin riesgo para la salud humana y el medio ambiente, aún más si se tiene en cuenta que la proporción de insecticidas para el cultivo del algodón de categorías I y II es mayor del 60%.

Hoy en día, hace parte primordial en los controles fitosanitarios de los cultivos el Manejo Integrado de Plagas, pero con una proyección mayor hacia el Manejo Integrado de cultivos. Las feromonas como atrayentes sexuales y los entomopatógenos entre otros, están a la orden del día para la ejecución del control integrado, predominando en estos últimos los elaborados a base de *Bacillus thuringiensis* principalmente para el control de *Alabama argillacea* (7)*, *Heliothis virescens* (1), *Spodoptera frugiperda* (3), *Trichoplusia ni* (3) y *Pseudaletia includens* (2).

* Total de productos registrados para el control de la plaga.

**FORO
BROCA DEL
CAFETO**

EL DESARROLLO Y USO DE ENTOMOPATOGENOS EN EL CONTROL DE LA BROCA DEL CAFÉ

Alex E. Bustillo P. y Francisco J. Posada F.

19584

Investigador Principal e Investigador Científico respectivamente
Cenicafé, Disciplina de Entomología - A.A. 2427 - Manizales, Colombia

Los hongos entomopatógenos para el control de la broca del café son un arma fundamental en el desarrollo de un programa de manejo integrado que tenga por finalidad la preservación del medio ambiente y la racionalidad en el uso de insecticidas químicos. Los hongos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, se considera que pueden jugar un papel muy importante en el control de *Hypothenemus hampei* bajo las condiciones de los ecosistemas cafeteros colombianos. Estos agroecosistemas son permanentes, debido al sombrío o autosombrío del café hay bastante protección de la radiación solar y la humedad relativa alcanza niveles óptimos para estos hongos durante ciertos momentos del día.

Estas consideraciones han hecho que en Colombia se emprenda un vasto programa de investigación que comprende desde la obtención de aislamientos hasta la producción masiva y evaluación de su eficacia bajo diferentes condiciones ecológicas de campo para su inclusión dentro de un programa de manejo integrado de la broca (Figura 1).

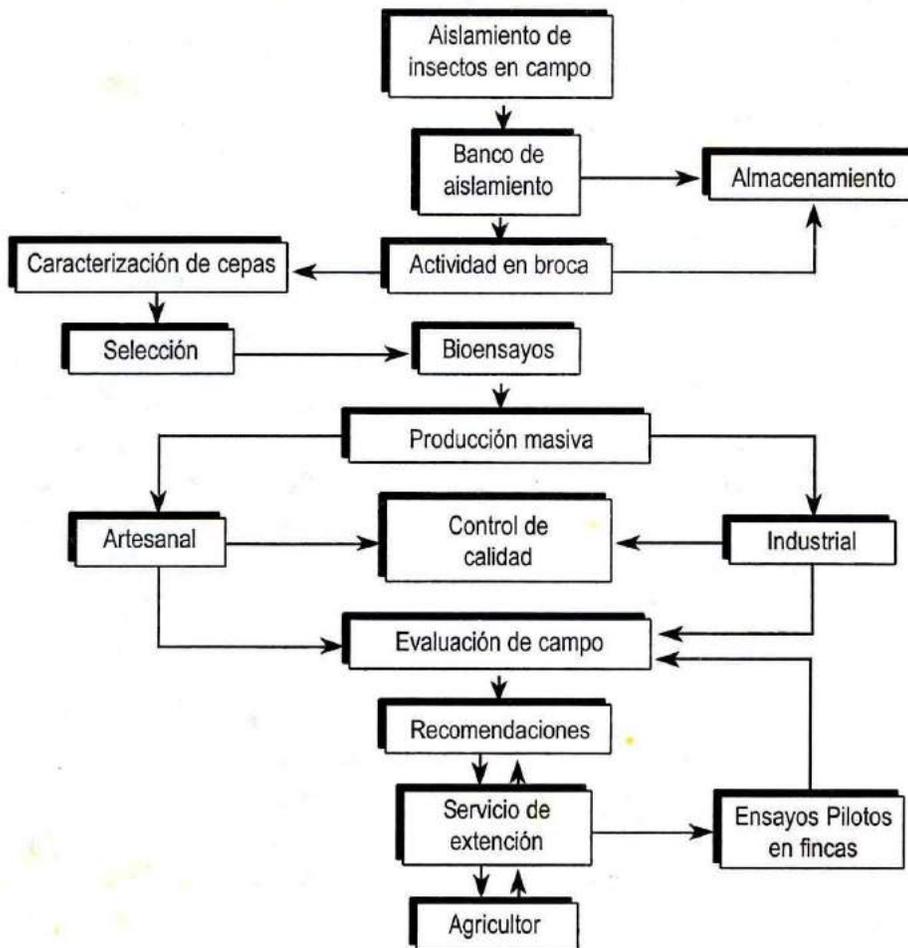
1. Investigaciones con *Beauveria bassiana*

Con el fin de presentar un panorama del conocimiento a nivel mundial de este hongo se presenta la siguiente revisión la cual se contrasta al final con información reciente desarrollada en Colombia para el caso de la broca del café.

Las especies de *Beauveria* causan enfermedades en insectos conocidas como muscardinas blancas. El género se caracteriza por presentar un micelio blanco, conidióforos sencillos, irregularmente agrupados o en grupos verticilados, en algunas especies hinchados en la base y adelgazándose hacia la porción que sostiene la conidia, la cual presenta forma en zig-zag después de que varias conidias se producen; las conidias son hialinas, redondeadas a ovoides, unicelulares y naciendo en pequeños esterigmas (Barnett y Hunter 1972).

El género *Beauveria* está compuesto por varias especies, sin embargo las más frecuentemente aisladas y estudiadas son *B. bassiana* y *B. brongniartii* (De Lacroix) Siemszko. *B. bassiana* presenta por lo menos el 50% de las conidias redondeadas, mientras que *B. brongniartii* alrededor del 98% de las conidias son ovoides (Kuno *et al.* 1982). Samson y Evans (1982) describieron dos nuevas especies encontradas en Suramérica: *Beauveria velata* y *Beauveria amorpha*. *B. velata* Samson y Evans, encontrada en larvas de Arctiidae alimentándose en plantas de cacao e Inga en el Ecuador. Esta especie se caracteriza por tener

conidias elipsoides verrugosas cubiertas por una capa gelatinosa. En medio de agar malta o avena cuando esporula es blanca o crema. El reverso del cultivo en la caja de petri al principio es sin color, luego cambia a amarillo. La otra especie *B. amorpha* Samson y Evans, encontrada en el Brasil atacando un coleóptero en bosques secundarios de colecciones de cacao, se caracteriza por presentar un synnemata muy largo sobre el cuerpo del insecto. Las colonias en agar malta o crema inicialmente son de color blanco algodonoso, luego se vuelven polvosas y de color amarillo con el tiempo. El reverso al principio es incoloro, más tarde se torna amarillo.



Mugnai *et al.* (1989) han demostrado que las características de los cultivos son bastante variables y no se pueden utilizar para la determinación de especies, la forma de la espora es la característica más útil para

distinguir entre especies. Los datos bioquímicos obtenidos soportan la separación de *Beauveria* en seis especies basadas en concepto puramente morfológicos.

Para la caracterización y selección de razas se han evaluado diversas técnicas. El estudio de la conidiogénesis ha demostrado ser inadecuado para identificar razas. Otros autores han usado técnicas electroforéticas e inmunolectroforéticas combinadas con actividad enzimática y técnicas serológicas. La virulencia de varias razas de *B. brongniartii* se ha correlacionado con un arco de precipitación obtenido por

inmunolectroforesis. También se ha obtenido una conexión entre la virulencia y la actividad de la lipasa en esta especie (Ferron 1981).

En Rusia se ha desarrollado bastante investigación tratando de modificar artificialmente la virulencia por mutagénesis, hibridación o producción de heterokariones, sin embargo las nuevas razas originadas no parecen ser mejores que las razas originales de *B. bassiana* (Ferron 1981).

El número de hospederos del género *Beauveria* es amplio, en el mundo se ha registrado en más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes. *B. bassiana* se ha encontrado en más de 60 especies de insectos en el mundo. En Colombia, aún cuando no se han desarrollado labores específicas para este fin (Bustillo 1995), hasta el momento *B. bassiana* se ha aislado de más de 30 especies de insectos pertenecientes la mayoría a lepidópteros y coleópteros. Su presencia es más frecuente en cultivos de palma africana en donde ataca varios lepidópteros como: *Brassolis sophorae*, *Sibine* sp., *Opsiphanes* sp., *Stenoma cecropia* Meyrick, *Durrantia* sp., *Euprosterma* sp., y *Loxotoma elegans* (Zeller). En arroz se ha encontrado en la zona de Urabá atacando *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y en cacao sobre *Monalonion dissimulatum* Distant. En maracuyá infesta ocasionalmente larvas de *Agraulis juno* Cramer; en lulo ocurre sobre adultos de *Leptinotarsa undecimlineata* Stal. y en plátano se encuentra sobre *Metamasius hemipterus* (Olivier) y *Cosmopolites sordidus* Germar. Recientemente se han obtenido aislamientos de este hongo de la broca *H. hampei* en zonas cafeteras de Colombia. Los insectos infectados por este hongo se reconocen por el crecimiento algodonoso blanco que a veces llega a cubrir todo el cuerpo. A pesar de su aparente especificidad a insectos, a estos hongos se les considera parásitos facultativos no especializados pero bien adaptados a una existencia saprofítica (Evans 1982). Estos hongos ocurren por lo general en poblaciones de plagas hipogeas o en plagas que se presentan en localidades con temperaturas, humedad y otras condiciones similares a aquellas en el suelo.

La esporulación de *B. bassiana* en *Blissus leucopterus* ocurre a humedades relativas de 75% incrementándose notablemente cuando la humedad es del 100% (Ramoska 1984). Su patogenicidad y habilidad para sobreponerse a los mecanismos de defensa de sus huéspedes se debe en gran parte a la producción de toxinas. Estas se han examinado en las especies más comunes *B. bassiana* y *B. brongniartii*. De acuerdo con las descripciones de los síntomas, varias razas obviamente producen compuestos tóxicos que rápidamente debilitan el hospedero después de la invasión de la hemolinfa. Los estudios *in vitro* indican que existen muchos compuestos tóxicos no identificados. El compuesto tóxico más estudiado ha sido el depsipéptido Beauvericin aislado de *B. bassiana*. Está relacionado químicamente con las enniatinas y su forma estructural es una secuencia cíclica repetida de tres moléculas de N-metilfenilalanina alternando con tres moléculas del ácido 2-hidroxiisovalérico, esta toxina es tóxica a larvas de mosquito, adultos de moscas caseras, crustáceos y bacterias; aparentemente es inócua a lepidópteros (Miller *et al.* 1983). El modo de acción presumiblemente envuelve la característica ionofórica de la molécula que permite el transporte catiónico a través de las membranas celulares, con la especificidad de los cationes siendo alterada con los cambios de los aniones presentes. No todos los aislamientos de *B. bassiana* producen beauvericin *in vitro*. Este compuesto también se ha aislado del micelio de *Paecilomyces fumosoroseus* (Roberts 1981).

En general la germinación de las conidias de *B. bassiana* ocurre en un período de 12 horas después de la

inoculación. El hongo penetra a través del integumento del insecto por acción mecánica y efectos enzimáticos, lo cual toma unas 12 horas. Después de 72 horas de la inoculación el insecto está totalmente colonizado. La duración de las diferentes fases de este ciclo depende de la especie atacada y las condiciones ambientales presentes durante la infección. La efectividad de *Beauveria* se afecta en parte por temperaturas y humedad en el macroclima, aunque condiciones de microclima pueden ser importantes, la luz solar y posiblemente la actividad biológica de otros organismos afectan la habilidad de *B. bassiana* para sobrevivir e iniciar infecciones. Las condiciones ambientales más favorables son humedades relativas altas (>90%) y temperaturas entre 23 y 28°C. (Alves 1986).

B. bassiana y *B. brongniartii* aplicado con dosis bajas de insecticidas químicos pueden actuar sinérgicamente para causar mortalidad en poblaciones de insectos susceptibles. Estas especies se consideran candidatos importantes en programas de manejo integrado de muchas plagas. *B. bassiana* se ha usado en forma comercial para el control de *Leptinotarsa decimlineata* Stal., en combinación con insecticidas por más de 15 años en Rusia. Actualmente se está tratando de emplearlo sin insecticidas usando dosis más altas. *B. bassiana* también se usa en Europa para el control de *Laspeyresia pomonella* plaga de manzanos (Ferron 1978). Recientemente en Brasil se está estudiando *B. bassiana* para utilizarlo en forma comercial en el control de plagas del frijol y caupi, *Cerotoma* sp., *Diabrotica speciosa* (Germar) y *Chalcodermus aenus* Boheman (Daoust y Pereira 1986). El uso más extensivo de este patógeno ha sido en China en donde es producido por los mismos agricultores en unidades de producción muy sencillas en sus casas para el control de plagas del maíz y forestales (Hussey y Tinsley 1981). En este país se tratan anualmente un millón de hectáreas de maíz con *B. bassiana* para controlar *Ostrinia nubilalis* (Hubner).

En otros estudios se ha demostrado que es posible inducir epizootias artificiales del hongo en una población de insectos. Ferron (1983) hizo un tratamiento al suelo con *B. brongniartii* en dosis de 10×10^9 conidias/m² para el control del Scarabacidae *Melolontha melolontha* y logró desarrollar una micosis el año siguiente y la automultiplicación del hongo en los cadáveres del insecto y así asegurar la estabilidad de la infectividad del suelo para la próxima generación de la plaga.

En relación con las dosis de *B. bassiana* bajo condiciones de campo la literatura indica que los soviéticos recomiendan 2-4 kg de Boverin/ha (Boverin contiene 1×10^9 conidias de *B. bassiana*/gramo y esto equivale a $1,2 - 2,4 \times 10^{13}$ conidias/ha) para el control de *L. decemlineata*. Para insectos del suelo como *Melolontha melolontha* se utiliza una dosis de 5×10^{14} conidias/ha de *B. brongniartii* y para otros insectos pequeños de corta vida del suelo se requiere más inóculo ($10^{16} - 10^{17}$ conidias/ha). Cuando las dosis son bajas la enfermedad se desarrolla lentamente y es posible que no se presenten epizootias (Ferron 1978, 1981).

B. bassiana se puede aplicar en el campo usando máquinas de aspersión convencionales o aparatos nebulizadores motorizados también se puede aplicar usando aspersoras de ultra bajo volumen. Recientemente se han evaluado formulaciones en aceite obteniéndose una mayor dispersión de las conidias, mejor supervivencia y efectividad contra el insecto. (Prior et al. 1988, Moore y Prior 1988). Un factor importante en la eficiencia del hongo es la cobertura, por lo cual el equipo a utilizar debe estar bien calibrado para obtener un cubrimiento apropiado.

Las especies de *Beauveria* se desarrollan fácilmente en medios de cultivo como PDA y Sabouraud, sin embargo se han desarrollado otros medios y técnicas de propagación. *B. bassiana* se produce comercialmente bajo el nombre de Boverin en la Unión Soviética y es ahí donde más se ha adelantado la tecnología para la producción masiva de especies de *Beauveria*. La producción masiva de blastosporas en cultivos sumergidos se desarrolló hace unos 20 años, pero actualmente se ha abandonado por las dificultades de almacenar este tipo de esporas (Ferron 1981).

Un medio patentado en Francia para la producción de blastosporas aparece en la Tabla 1. En este medio nutritivo se producen aproximadamente 10^9 blastosporas / ml después de 12 horas. Estas se colectan por centrifugación y la pasta resultante se seca a bajas temperaturas por ventilación seca después de mezclarla con polvo en sílica, materiales osmóticos activos (p.e., sucrosa y glutamato de sodio), agentes antioxidantes (p.e ascorbato de sodio) y una mezcla de parafina líquida y polioxyetileno glyceril oleato. Esta preparación se almacena al vacío o en nitrógeno líquido. Las blastosporas en estas preparaciones secadas a 40°C permanecieron viables después de ocho meses (Blachere *et al.* 1973).

Actualmente se utiliza una técnica en dos fases para la producción masiva de conidias aéreas de *B. bassiana* en la Unión Soviética. Primero la biomasa se produce como un micelio en un fermentador, luego éste se cultiva en la superficie de medios nutritivos colocados en bandejas para la esporulación. Una planta piloto en Krasnodar produce anualmente 22 toneladas de Boverin (conidias de *B. bassiana* más una materia inerte, estandarizado a 6×10^9 esporas / gramo) (Ferron 1981).

En el Brasil se produce masivamente el hongo *Metarhizium anisopliae* con el nombre comercial de Metaquino. La técnica es muy similar a la usada para *B. bassiana*, la diferencia está en que no usan las bandejas para el crecimiento del hongo en la superficie, sino contienen granos de arroz como sustrato alimenticio. Un laboratorio localizado en Recife, Pernambuco, produce 100 kg de metaquino diariamente, con un contenido de 2×10^9 esporas / gramo de granos de arroz triturados como sustrato (Alves 1986).

Tabla 1. Medio líquido para la producción masiva de blastosporas de *Beauveria brongniartii* en un fermentador (Blachere *et al.* 1973).

Líquido fermentado de maíz	20 g	Fe SO ₄ .7 H ₂ O	0,023 g
Sucrosa	30 g	ZnSO ₄	0,020 g
KH ₂ PO ₄	2,3 g	K ₂ SO ₄	0,174 g
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	3,8 g	CaCl ₂ .2 H ₂ O	0,174 g
Mg SO ₄ .7H ₂ O	0,12 g	Agua hasta completar	1.000 ml

Compañías comerciales en Inglaterra y Dinamarca han preparando formulaciones en polvo del hongo para la venta. Sin embargo, investigadores franceses están ensayando una preparación granular de *B. bassiana*, la cual ha mostrado superioridad en el control de *O. nubilalis* que usando las formulaciones en el comercio (Riba, 1986). Existe también la posibilidad en el futuro de producir formulaciones en base a aceites los cuales permitirían una mejor dispersión de las conidias y posiblemente una mejor acción contra el insecto (Prior *et al.* 1988).

En la literatura (Moore y Prior 1988, Cenicafé 1990) se indica que la broca del café es atacada por varios hongos, sin embargo bajo condiciones de campo sólo se ha encontrado atacada por *B. bassiana*. Recientemente en reconocimientos efectuados en diversas zonas de Colombia se han detectado los hongos *Hirsutella eleutheratorum* (Posada *et al.* 1993), *Fusarium oxisporum* en frutos brocados en las ramas y *M. anisopliae* de brocas provenientes de frutos en el suelo.

B. bassiana se ha encontrado infectando *H. hampei* prácticamente en todos los países a donde ha llegado este insecto. La incidencia del hongo varía de un país a otro y aunque estas diferencias pueden deberse a factores climáticos, es también posible suponer que la broca está mejor adaptada al hongo en Africa, pero sucumbe a razas exóticas que encuentra cuando llega a un nuevo sitio (Moore y Prior 1988). Jiménez (1992) comprobó que existen diferencias en virulencia entre razas de *B. bassiana* hacia la broca del café de 46 aislamientos sólo 5 causaron altas mortalidades bajo condiciones de laboratorio.

Los intentos de control biológico de la broca del café usando *B. bassiana* han sido muy pocos y se han caracterizado por la poca continuidad después de ensayos iniciales. Carneiro (1984) en el Brasil después de aplicar el hongo en dosis entre 10^{10} y 10^{12} esporas / ha encontró un bajo porcentaje de control. Lo anterior, indica, se debió a condiciones ambientales no propicias. Fernández *et al.* (1985) aplicó *B. bassiana* a un cafeto que tenía una infestación del 10% de broca, usando una dosis de 300 ml de una suspensión de 1×10^9 esporas / ml, correspondiente a una dosis de $1,5 \times 10^{15}$ esporas / ha de 5000 árboles. Al cabo de 10 días se observó una mortalidad del 91%. Tronconi *et al.* (1986) en Honduras, usaron un aislamiento de este hongo obtenido directamente de broca, el cual asperjaron en el campo a una concentración de 2×10^7 esporas / ml y después de 36 días encontró mortalidades hasta del 66,2%.

1.1. Investigaciones en Colombia

Beauveria bassiana (Bb) se encuentra naturalmente infectando la broca en casi todas las regiones de Colombia donde la broca hace su aparición. Hasta el momento se cuenta con un cepario de 92 aislamientos de *B. bassiana* provenientes de diferentes localidades y condiciones agroecológicas. Este material está siendo sometido a caracterización para conocer la relación existente entre ellos, sus fuentes de variación en cuanto a patogenicidad, producción de esporas, adaptación o tolerancia a factores abióticos. Del total de aislamientos 18 son internacionales suministrados por institutos como IIBC (Instituto Internacional de

Control Biológico) y de países vecinos como Brasil, Ecuador y Guatemala y aproximadamente la mitad han mostrado actividad contra broca.

Se desarrolló una técnica de bioensayo para seleccionar los aislamientos más patogénicos (González *et al.*, 1993). 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 se reduce considerablemente, y el tiempo promedio para causar mortalidad en la mitad de la población se incrementa, en comparación con el hongo activado sobre broca (González *et al.*, 1993). En estas evaluaciones se determinó la virulencia de los aislamientos contra la broca. El Bb 9212 y Bb9205 matan la broca más rápido, en un tiempo promedio de mortalidad de 2,63 y 4,16 días, respectivamente, comparados con otros 23 aislamientos en el que el Bb 9023 demoró 5,80 días (Tabla 2).

Se estudió la producción promedio de esporas por broca muertas (Tabla 3) y se encontró que el aislamiento Bb9114 llega a producir hasta $8,8 \times 10^6$ esporas (e) por adulto de broca. Esto equivale a una aplicación $4,4 \times 10^{10}$ e / ha en la cual en cada árbol de una hectárea de 5000 se encuentre una broca en promedio atacada y esporulada con el hongo. Estos resultados indican la oportunidad de seleccionar aislamientos que al producir un alto número de esporas en el campo van a producir una infección secundaria manteniendo el inóculo necesario para infectar nuevamente la población de broca.

Dos enfoques se han investigado para la producción de Bb, a nivel industrial y a nivel artesanal. A nivel industrial (Morales *et al.*, 1991), 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 72 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, homogeneizado, formulado y secado en forma de polvo. Esta tecnología ha sido transferida a productores particulares para que se encarguen de la producción industrial del hongo. En la actualidad existen cinco compañías en Colombia con licencia del ICA, que suministran hongo formulado para el control de la broca.

También se estudió una metodología para producir el hongo a nivel de caficultor en su finca (Antía *et al.* 1992). La metodología es muy sencilla: el sustrato usado es arroz y agua que se introduce en botellas desechables de vidrio, las cuales se taponan con algodón absorbente y se someten a un proceso de esterilización al «baño de maría». La producción de esporas en estas botellas es de 4×10^{11} esporas/100 g de sustrato a 25°C y después de un tiempo de desarrollo de 24 días.

Una vez que el hongo completa su desarrollo está listo para ser usado por el agricultor. La producción de una botella es suficiente para asperjar 100 árboles a una dosis de 5×10^8 esporas/árbol. Durante los tres últimos años Cenicafé y el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia han entrenado en esta técnica a más de 20.000 agricultores, muchos de los cuales están produciendo el hongo eficientemente.

Cenicafé ha puesto a disposición del cafetero una Unidad de Producción Masiva del hongo *B. bassiana*, producido en forma artesanal en la cual semanalmente se reciben grupos de cafeteros e interesados para ser entrenados en la metodología. Además se suministra gratuitamente el hongo denominado Cepa Cenicafé para su reproducción. En los últimos tres años se han producido 60 toneladas de esta Cepa, la cual se ha distribuido a los cafeteros (Tabla 4). Al hongo producido en esta forma se le hace control de calidad (Tabla 5), para asegurar: a) que esté libre de contaminantes; b) tenga la concentración apropiada; c) viabilidad del 100%; d) patogenicidad sobre broca en laboratorio superior al 80% y e) uso de una cepa del hongo recién activada y de mejor comportamiento en el campo (Vélez *et al.* 1996). Lo anterior asegura al cafetero la producción de un hongo de excelente calidad para el control de la broca.

La producción artesanal ha tenido un rápido desarrollo por lo simplificado y barato del sistema que permite al cafetero la producción del hongo en la finca y disponer así de este insumo en el momento que lo necesite (Posada y Bustillo 1994)

La producción de hongo Bb para el control de la broca del café tanto industrial como comercial, se ha incrementado a través de los años. Basados en registros de Cenicafé, durante 1992 se utilizaron cinco toneladas de hongo a una concentración de 1×10^8 esporas/gramo con fines experimentales. Para 1993 la producción fue de 60 toneladas (Posada 1993), para 1994 se estimó en 100 toneladas (Bustillo 1995a) y en 1995 fue de 200 (Tabla 6). Contribuyen con la producción artesanal o intermedia varias unidades auspiciadas por los Comités Departamentales o las Cooperativas Cafeteras en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca.

Asegurada la producción del hongo por diferentes industrias empleando tecnologías muy distintas, se requirió desarrollar un sistema de control de calidad de las formulaciones (Vélez *et al.* 1996), para asegurar a los cafeteros que el biopesticida que adquieren reúne los estándares apropiados para garantizar su uso exitoso en el campo. Este protocolo ha servido de base para la reglamentación de la producción de entomopatógenos en el país por parte del ICA.

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

Tabla 2. Mortalidad y tiempo promedio de mortalidad de la broca del café causado por *Beauveria bassiana* (González 1994²)

Aislamiento	Hospedante		Origen	Mortalidad		Tiempo promedio de mortalidad	
	ORDEN : FAMILIA	GENERO: ESPECIE		X	± D.E.	X	± D.E.
9001	Coleoptera: Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	?	59,99	13,33	4,77	0,88
9002	Coleoptera: Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Nariño)	83,33	8,60	4,94	1,19
9007	Coleoptera: Scarabaeidae	?	Colombia (Antioquia)	33,33	7,70	5,70	0,76
9011	Hemiptera: Miridae	<i>Monalonium dissimulatum</i>	Colombia (Huila)	71,66	17,53	5,52	0,93
9012	Coleoptera: Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Antioquia)	91,66	3,33	5,22	0,93
9013	?	?	Filipinas	78,33	9,90	4,30	1,29
9015	Homoptera: Delphacidae	<i>Nilaparvata lugens</i>	China	49,99	17,60	5,40	0,84
9021	Coleoptera: Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Ecuador	91,66	6,30	4,62	1,36
9022	Homoptera: Cicadellidae	<i>Nephotettix cincticeps</i>	China	61,66	17,50	5,22	0,56
9023	Hemiptera: Coreidae	<i>Leptocorisa sp.</i>	Filipinas	61,66	26,30	5,82	0,81
9027	Homoptera: Delphacidae	<i>Nilaparvata lugens</i>	China	89,99	3,85	5,12	0,95
9028	Coleoptera: Curculionidae	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Colombia	76,66	8,60	5,26	1,03
9116	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Risaralda)	44,99	6,38	5,05	0,69
9118	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Quindío)	59,99	14,40	4,80	0,62
9201	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Caldas)	51,66	11,38	4,95	1,26
9204	Lepidoptera Stenomidae	<i>Anaetotricha sp.</i>	Colombia (Santander)	90,00	11,50	4,35	1,30
9205	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Valle)	90,00	6,60	4,16	1,41
9209	Coleoptera Scarabaeidae	<i>Cyclocephala sp.</i>	Colombia (Antioquia)	48,33	15,75	5,39	1,26
9212	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Risaralda)	86,66	10,80	2,63	0,79
9213	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (valle)	64,99	11,38	5,26	1,11
9218	Coleoptera Curculionidae	<i>Cosmopolites sordidus</i>	?	81,66	14,70	5,07	1,81
9301	Coleoptera: Curculionidae	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Colombia (Caldas)	93,33	0,00	4,23	1,32
9305	Coleoptera Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Huila)	53,33	5,44	5,10	0,90
9307	Coleoptera: Scolytidae	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Antioquia)	18,33	6,38	5,50	1,18
9315	Ortoptera : Blattidae	<i>Periplaneta sp.</i>	Colombia (Risaralda)	44,98	15,75	5,12	0,92

²GONZÁLEZ G., M. T. 1994. Evaluación de la patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* de la colección de entomopatógenos. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 1994. sp. (Informe anual octubre de 1993 - septiembre de 1994a).

Tabla 3. Producción promedio de esporas de *Beauveria bassiana* por adultos muertos de la broca del café (González 1994 ²)

Aislamiento	Hospedante	Origen	Producción promedio de esporas	
			X	± D. E.
Bb 9002	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Nariño)	4,70 x 10 ⁶	0,85
Bb 9114	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Huila)	8,88 x 10 ⁶	0,78
Bb 9116	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Quindío)	3,52 x 10 ⁶	0,73
Bb 9201	<i>Hypothenemus hampei</i>	Colombia (Caldas)	2,50 x 10 ⁶	0,62
Bb 9106	<i>Perileucoptera coffeella</i>	Colombia (Quindío)	5,70 x 10 ⁶	0,62
Bb 9112	<i>Cargolia arana</i>	Colombia (Caldas)	7,80 x 10 ⁶	0,65
Bb 9205	<i>Diatraea saccharalis</i>	Colombia (Valle)	2,50 x 10 ⁶	0,50

Tabla 4. Producción de cepa Cenicafé *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en la unidad de producción.

Año	No. Botellas	Kg	Eficiencia (%)
1993	34.602	3.460,2	82,57
1994	195.545	19.554,5	97,73
1995	369.653	36.965,3	97,4

Tabla 5. Control de calidad de *Beauveria bassiana* (9205) y *M. anisopliae* (9236)

Cepa	No. Controles	Concentración esporas/gr ♣	Viabilidad %♣	Pureza %♣	Patogenicidad %♣
Bb9205	11	3,11 x 10 ⁸	85,09	99,92	88,00
Ma9236	11	3,18 x 10 ⁹	93,46	99,80	80,47

Tabla 6. Producción del hongo *Beauveria bassiana* en Colombia

Año	Toneladas del hongo <i>Beauveria bassiana</i>				
	Cepa Cenicafé	Producción finca	Producción comercial	Total	Información
1992	0,5	0,0	2,0	2,5	Cenicafé
1993	3,8	35,9	14,4	54,1	Cenicafé
1994	20,0	40,0	40,0	100,0	Cenicafé
1995	35,0	60,0	105,0	200,0	Cenicafé

2. Investigaciones con *Metarhizium anisopliae*

El hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin puede ser un factor importante para el control de la broca del café. Recientemente (1993) fue aislado de adultos de la broca provenientes de frutos colectados del suelo en un cafetal de la localidad de Amalfi en Antioquia, lo que constituye el primer registro sobre la broca en cafetales donde no se han realizado aspersiones del hongo.

M. anisopliae se ha registrado atacando una amplia variedad de insectos considerados como plagas en cultivos de importancia comercial. Se ha encontrado en más de 200 especies de insectos en siete ordenes, de los cuales los coleópteros son los más comúnmente atacados (Veen 1968). El hongo se caracteriza por presentar conidióforos que forman capas de esporas, las cuales se producen en cadenas basipétalas compactas en columnas, de forma ovoide a cilíndrica y unicelulares; se encuentra en forma saprofitica en el suelo y como parásito en insectos (Barnett y Hunter 1972). En Colombia su presencia se ha comprobado en 22 especies de insectos, especialmente en el grupo de las chisas (Scarabaeidae) (Bustillo 1995, Hernández y Rodríguez 1992). *M. anisopliae* tiene una gran afinidad por insectos del suelo (Zimmerman 1992). Este hongo se ha producido en sustrato de arroz mediante un procedimiento

artesanal en Brasil (Alves 1986), Venezuela (Probioagro 1991) y Costa Rica, para el control de cercópodos, plagas de la caña de azúcar. El efecto de *M. anisopliae* sobre *H. hampei* solo se ha estudiado bajo condiciones de laboratorio en Brasil (D'Antonio y Paula 1979, Lecuona *et al.* 1986) sin embargo estos estudios no han tenido continuidad..

En Colombia 14 aislamientos del hongo *M. anisopliae*, se evaluaron por su patogenicidad sobre adultos de la broca del café bajo condiciones de laboratorio ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 90% H.R.) usando una concentración de 1×10^7 conidias/ml (Bernal *et al.* 1994). Todos los aislamientos fueron patogénicos a la broca, sin embargo su virulencia fue variable. La mortalidad varió de 32,5% para el aislamiento Ma 9211, hasta 95,0% para el Ma 9101. El tiempo promedio de mortalidad de la broca con los diferentes aislamientos fue también variable, siendo el mínimo de 3,4 días para Ma 9101 y el mayor de 5,7 días para Ma 9107. Para las pruebas de campo en cafetales, se utilizaron los aislamientos Ma 9108, Ma 9003 y Ma 9101 que en el estudio anterior produjeron niveles de mortalidad superiores al 84%. Se evaluaron dosis de $1,5 \times 10^8$ conidias/rama de 50 frutos. La mortalidad varió de 31,1% para el Ma 9108 a 43,1% para el Ma 9101, sin embargo el análisis no detectó diferencias significativas ($P=0,05$) entre los aislamientos. En este estudio se registra por primera vez el efecto de *M. anisopliae* sobre poblaciones de broca bajo condiciones de campo y la importancia de seleccionar los aislamientos de hongos antes de considerarlos en un programa de control biológico.

Actualmente se adelantan estudios para determinar la eficacia de *M. anisopliae* en el control de la broca que emerge de los frutos que caen al suelo. Resultados preliminares indican que 4 días después del zoqueo se encontró una mortalidad máxima del 62% en adultos de broca capturados en trampas con atrayentes alcohólicos, sin embargo esta mortalidad se redujo considerablemente con el transcurso del tiempo (Bernal *et al.* 1995).

3. METODOLOGIA

En la presente sección se relacionan los trabajos más relevantes sobre la eficacia del hongo *B. bassiana* bajo condiciones de campo llevados a cabo en los últimos años. Estas evaluaciones han servido no solo para aprender del comportamiento del hongo en el campo (Bustillo *et al.* 1991) sino para probar los avances en las formulaciones del hongo.

3.1. Estudios preliminares de campo

Con el fin de determinar la viabilidad del uso de *Beauveria bassiana* (Bb) en el campo una vez conocido sus efectos sobre la broca en condiciones de laboratorio, se llevaron a cabo experimentos en fincas en donde inicialmente se detectó la broca en Colombia (p.e., Ansermanuevo, Valle del Cauca y Garzón, Huila). El hongo utilizado fue el aislamiento Bb 9002 aislado inicialmente de la broca en Ancuya, Nariño (Vélez y Benavides 1990) y producido bajo un proceso similar al de Samsinakova y Kalalova (1981) en el cual la producción se hace en dos fases, la primera bajo fermentación para la producción de blastosporas y luego en bandejas en superficie utilizando sustratos definidos en base a fuentes de nitrógeno y carbohidratos (Morales *et al.* 1991).

Estos estudios se realizaron en 1990, en diferentes fincas utilizando formulaciones en líquido del hongo en altas concentraciones. En el primer estudio realizado en Ansermanuevo se escogió un lote de 35 árboles los que se asperjaron con Bb en dosis de $2,37 \times 10^{10}$ esporas/árbol a los 0, 25 y 42 días de iniciado el experimento. En el otro estudio que se llevó a cabo en Garzón la variación consistió en evaluar el efecto de aspersiones espaciadas cada 15 días usando una dosis de $1,6-1,7 \times 10^{10}$ esporas/árbol. En esta finca las evaluaciones se pudieron extender por 119 días a pesar de las limitaciones para combatir los focos incipientes de broca. La época del año para realizar estos estudios no fue la más apropiada debido al verano imperante, sin embargo se trataba de determinar si este patógeno se podía establecer en el ecosistema cafetero y si era viable un programa de largo alcance con el hongo.

3.2. Epizootiología

Para complementar los estudios de la sección anterior se decidió iniciar observaciones sobre la evolución de la infección de Bb en un lote de una hectárea 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 por hectárea (Bustillo *et al.* 1991). Para tener total control del procedimiento experimental se alquiló durante un año este lote al caficultor. La infestación de la broca se inició en la parte central de la parcela en junio de 1990 y en esa época se asperjó con una formulación en polvo mojable de Bb en la dosis de 1×10^9 esporas/árbol. Después de seis meses la broca estaba distribuida en todo el campo así como el hongo. Se evaluó mensualmente la infestación de broca e infección por el hongo sobre 300 ramas tomadas aleatoriamente entre enero y agosto de 1991 en todo el lote. La unidad de muestreo fue una rama productiva sobre la cual se contaron todos los frutos sanos, los frutos infestados y aquellas con infección del hongo. Los datos de infección del hongo se presentaron no como proporción del total de frutos infestados con broca como normalmente se hace, sino como proporción del total de frutos muestreados, lo cual da una información más real de población para este estudio de epizootiología.

3.3. Evaluación de concentraciones de *B. bassiana* asperjado sobre frutos para el control de *H. hampei* en laboratorio

Debido al desarrollo de nuevas formulaciones de Bb con mayor control de calidad y más eficientes se iniciaron investigaciones previas de laboratorio para asemejar condiciones de campo y así inferir sobre posibles dosis a evaluar en cafetales infestados con broca. En el presente estudio (Flórez 1993³) se evaluó la mortalidad de *H. hampei* cuando se asperjaron frutos con diferentes concentraciones de *B. bassiana* a nivel de laboratorio. Se utilizó el equipo a ultra bajo volumen Microulva operado a 5000 rpm y con pases de 30 segundos sobre muestras de frutos, para lo cual se evaluaron tres concentraciones de 1×10^8 , 1×10^7 y 1×10^6 e / ml. El volumen promedio aplicado fue de 1,7 ul / fruto equivalente a $1,7 \times 10^5$, $1,7 \times 10^4$ y $1,7 \times 10^3$, esporas / fruto.

3.4. Evaluación de concentraciones y equipos de aspersión en el control de la broca bajo condiciones de campo.

El estudio (Flórez *et al.* 1996) consideró la evaluación de tres concentraciones y tres equipos de aspersión sobre poblaciones de broca a través de infestaciones artificiales de brocas adultas en frutos en cafetales. El experimento se desarrolló en parcelas experimentales de 50 árboles conformadas por cinco árboles centrales rodeados de dos surcos de borde y con el uso de mangas entomológicas se evaluaron dosis de 1×10^{11} , 1×10^{10} y 1×10^9 esporas / árbol, con los equipos de aspersión Motax, presión previa retenida y semiestacionaria. El equipo Motax es un prototipo de aspersora de motor de espalda que opera a bajo volumen 60 l / ha.

4. RESULTADOS

El efecto del hongo *B. bassiana* en campo es evidente, se presenta y actúa como un enemigo natural permanente. Las epizootias cuando ocurren permiten apreciar el efecto del hongo notoriamente. Estas no se generalizan por la variabilidad agroecológica de la zona cafetera y debido a que son de ocurrencia esporádica no permiten esperar a que el hongo por si solo mantenga el cultivo del café libre de broca

4.1. Estudios preliminares de campo

En el primer estudio se logró una infección de Bb en la broca del 48,1% en promedio después de las tres aspersiones. En el otro estudio se muestra el efecto del hongo sobre la broca durante un periodo de 119 días de evaluaciones después de realizar seis aspersiones. La infección por Bb se incrementó hasta alcanzar un promedio de 69,0% de infección. Las condiciones de humedad en la zona de Ansermanuevo fueron más bajas que en Garzón, lo cual podría explicar en parte la diferencia de los resultados. En términos generales estos estudios mostraron que se podía inducir una infección por Bb y que los niveles se incrementan a medida que se hacen más aspersiones.

4.2. Epizootiología

En el lote en estudio que fue colonizado por la broca a mediados de 1990 se pudo observar que a medida que se dispersó la broca espacial y temporalmente, asimismo se fue diseminando el hongo *B. bassiana* que mostró una alta incidencia hacia finales del año. El seguimiento que se hizo muestra como una proporción apreciable de la población de frutos infestados con broca fue infectada por el hongo alcanzando niveles a veces superiores al 75%. Es posible que estas evaluaciones visuales del hongo subestimen su acción ya que se ha visto que muchos individuos mueren pero el hongo no esporula sobre su cuerpo debido a condiciones adversas de humedad ambiental.

La tendencia de las poblaciones indican que el Bb tiene buena capacidad de dispersión, se establece en los cafetales, es capaz de ejercer un control sobre las poblaciones de broca el cual es variable y depende tanto de condiciones de densidad de la plaga, como de las ambientales de humedad y radiación (Vélez y Montoya 1993). Una conclusión importante preliminar de este estudio es que a pesar de las altas infecciones del hongo los niveles de infestación a pesar de que se redujeron considerablemente, son aún bastante altos

para evitar que la broca ocasione daño económico, por tanto se requiere complementarlo con otras medidas de control dentro de un esquema MIB.

4.3. Evaluación de concentraciones de *B. bassiana* asperjado sobre frutos para el control de *H. hampei* en laboratorio.

La mortalidad de *H. hampei*, expuesto a diferentes dosis de *B. bassiana*, se inició a partir del primer día y se prolongó hasta el octavo día, presentándose variabilidad en cuanto a la mortalidad diaria. Esta fue más alta (23,3%) el quinto día con la concentración 1×10^8 esporas / ml, el segundo día con la concentración 1×10^6 , y el tercer día con 1×10^7 .

La mayor mortalidad (73,3%) (Tabla 7) se obtuvo con el tratamiento de 1×10^8 esporas/ml (=170.000 esporas / fruto), seguido por el de 1×10^7 esporas / ml (=17.000 esporas / fruto) (46,4%) y la menor mortalidad (43,3%) con la concentración 1×10^6 esporas / ml (= 1.700 esporas / fruto). Estos resultados demuestran que un aumento en el número de esporas asperjado por fruto proporciona un incremento en la mortalidad de *H. hampei*.

No se presentaron diferencias estadísticas entre las concentraciones 1×10^7 , 1×10^6 . Esto pudo haber ocurrido en función de que la diferencia entre el número de esporas/fruto no fue muy grande (17.000 y 1.700, respectivamente). Entre las concentraciones 1×10^7 , 1×10^6 y la concentración 1×10^8 se presentaron diferencias estadísticas a un nivel del 5% según la prueba de Tukey. Esta diferencia se debió a la mayor cantidad de esporas (170.000) aplicado por fruto con la concentración de 1×10^8 e/ml (Tabla 7). González *et al.* (1993) utilizaron la metodología de inmersión de brocas en diferentes concentraciones de *B. bassiana*, obteniendo mortalidades hasta del 88,8% cuando se emplearon concentraciones de 1×10^7 esporas/ml. Por tal razón, la metodología de aspersión se ajusta más a las condiciones de campo, permitiendo establecer una idea de la mortalidad de *H. hampei* que ocurriría cuando se asperjan frutos con diferente número de esporas en el laboratorio.

TABLA 7. Mortalidad de *H. hampei* causada por *B. bassiana* después de nueve días de realizada la aspersión sobre frutos en laboratorio (Flórez 1993³).

DOSIS		No. BROCAS	%MORTALIDAD	
Esporas/ml	Esporas/fruto		Hongo	Otras causas
1×10^8	170.000	40	73,3a	13,3
1×10^7	17.000	40	46,4b	16,6
1×10^6	1.700	40	43,3b	16,6
TESTIGO	0	40	0,0c	13,3

CV= 23,2 ; Tukey 5%

De los tratamientos evaluados solo se obtuvo el TL_{50} , el número de días necesarios para matar un 50% de la población de broca, con la concentración 1×10^8 el cual tuvo una duración de 4,69 días. Por los resultados obtenidos se confirmó que la concentración 1×10^8 esporas/ml fue la que ofreció las mejores características, presentando la mayor mortalidad y el menor TL_{50} . De ahí que dicha concentración sea tenida en cuenta como punto de referencia para posteriores trabajos de campo.

4.3. Evaluación de concentraciones y equipos de aspersión en el control de la broca bajo condiciones de campo.

En los resultados se encontraron mortalidades altas causadas por *B. bassiana* sobre la población de broca expuesta al cabo de 35 días de la aspersión (Tabla 8). En el análisis de varianza no se encontró interacción entre equipo por dosis, ni entre dosis, ni entre equipos, es decir no se detectó diferencias estadísticas entre los equipos y las dosis evaluadas. Los niveles de infección más altos (90,6%) se alcanzaron con el equipo Motax a la dosis de 1×10^{11} esporas / árbol; en términos generales la infección por el hongo se incrementó a medida que se incrementó la dosis. La presencia

Tabla 8. Mortalidad promedio de la broca del café por *Beauveria bassiana* usando diferentes equipos y dosis (35 días después de la aspersión) (Flórez et al. 1996).

Equipo	Dosis Esporas / árbol	Infección Promedia
Motax	1×10^{11}	90,6
	1×10^{10}	69,5
	1×10^9	82,8
Presión previa retenida (PPR)	1×10^{11}	84,6
	1×10^{10}	86,1
	1×10^9	73,9
Semiestacionaria	1×10^{11}	85,8
	1×10^{10}	77,1
	1×10^9	72,8
Testigo	0×10^0	33,6

en el testigo de una alta mortalidad por el hongo a pesar de haberse empleado las mangas entomológicas indica que pudo ocurrir contaminación en la aplicación de los tratamientos.

5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los resultados de campo de los experimentos para el control de la broca con *B. bassiana* realizados tanto en Colombia como en otros países (Sponagel 1994, Lacayo 1993) muestran resultados muy variables, lo cual se le puede atribuir a diferentes causas como: la calidad del bioinsecticida, equipos apropiados de aspersión, calibración de estos equipos y de los operarios, topografía de las fincas, la dinámica de la plaga y el momento oportuno de las aspersiones para dirigir las al estado susceptible de la plaga al hongo. Además de estos factores, las condiciones ambientales son muy importantes especialmente la humedad y la radiación solar. Esta última reduce la viabilidad de las conidias de Bb en el campo a medida que se incrementa el tiempo de la exposición solar (Vélez y Montoya 1993).

Igualmente se desprende la idea que se requiere emplear dosis altas lo que plantea la necesidad de contar con formulaciones que se puedan asperjar con los equipos convencionales y con la tecnología de tamaño controlado de gota que básicamente usa equipos de bajo y ultra bajo volumen sin que se presenten problemas de taponamiento. En Colombia para la aplicación a bajo volumen en café se desarrolló el equipo Motax en Cenicafé con la cooperación de la compañía Inglesa Micron.

Castro (1995) en evaluaciones de campo del equipo Motax que produce gotas menores de 100 μ , obtuvo cubrimientos entre 79 y 179 gotas / cm^2 utilizando tarjetas de papel kromacote colocadas alrededor de los frutos en las ramas. En esta investigación también se determinó el volumen de aplicación por hectárea entre 56 y 69 litros y el rendimiento de aplicación por día fue de 7142 árboles sembrados a 1 x 1,4 m.

Estos resultados son muy importantes no solo para mejorar la eficiencia física y biológica de las aspersiones sino para reducir los costos de las aspersiones al realizarse las labores en menor tiempo con menor consumo de agua que con los equipos convencionales. Sin embargo con 50 ó 70 l / ha las formulaciones que emplean altas proporciones de inerte con respecto a las esporas, el problema de bloqueo de las mangueras y las boquillas es mayor que en los equipos convencionales. Igualmente se ha detectado problemas empleando esporas lavadas de arroz cuando se quiere emplear altas dosis, porque al lavar el arroz, incluso utilizando filtros finos, pasa fécula que posteriormente se hidrata y se sedimenta causando igualmente bloqueo del equipo.

Las investigaciones en control biológico con hongos contra la broca del café son recientes y plantean un gran reto. Además de los muchos limitantes señalados como responsables de la variabilidad de los resultados hay que agregar el hábito de ataque de la broca que la deja poco tiempo expuesta y su tamaño tan pequeño que hace difícil hacer blanco en ella. En el área de la tecnología de aspersiones y en el desarrollo de formulaciones más estables hay mucho camino todavía para recorrer.

6. CONCLUSIONES

Los estudios con entomopatógenos han sido muy fructíferos. Se logró desarrollar a la vez un método de producción artesanal e industrial del hongo *Beauveria bassiana* lo que permitió adelantar evaluaciones sobre su eficacia a nivel de campo y colocar el hongo a disponibilidad del agricultor al poder este producirlo en su finca. Actualmente el hongo se ha utilizado en casi toda la zona cafetera infestada con broca, convirtiéndose *B. bassiana* en un factor de mortalidad natural. Durante 1995 se estimó que en promedio el 45% de la población total de broca fue infestada por este hongo. En este mismo año el programa de introducción en la zona cafetera utilizó, 200 toneladas de hongo de una concentración promedio de 3×10^8 esporas/gramo. Los resultados de estas investigaciones han hecho que se despierte el interés por realizar trabajos similares en otros cultivos con otros hongos, aprovechando los conocimientos y experiencias derivadas de estas investigaciones y adquiridas por la industria privada que ha participado en estas actividades.

7. LITERATURA CITADA

ALVES, S. B. 1986. Fungos entomopatogênicos. In: Controle microbiano de insetos, ed. S. B. Alves, capítulo 6, p. 73-126. Editora Manole Ltda., São Paulo, Brasil, 407p.

ANTIA, O. P.; F. J. POSADA; A. E. BUSTILLO; M. T. GONZÁLEZ. 1992. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Cenicafé, Avances técnicos No. 182, 12p.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3th ed., Burges Publ. Co., Minneapolis, 241p.

BLACHERE, H.; J. CALVEZ; P. FERRON; G. CORRIEU; P. PERINGER. 1973. Ann. Zool. Ecol. Anim., 5: 69-79.

BERNAL, M. G.; A. E. BUSTILLO; F. J. POSADA. 1994. Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficacia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología, 20(4):225-228.

BERNAL, M. G.; P. BENAVIDES; A. E. BUSTILLO. 1995. Efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* cafetales zoqueados. XXII Congreso de Socolen, Resúmenes, Santafé de Bogotá, julio 26-28, 1995. p63.

BUSTILLO A. E. 1995. Enfermedades en insectos y su uso en programas de manejo integrado de plagas en Colombia. Manuscrito para ser publicado por Produmedios, en prensa. 349p.

BUSTILLO, A. E. 1995a. El uso del hongo *Beauveria bassiana* como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. XXII Congreso de Socolen, Memorias, Santafé de Bogotá, julio 26-28, 1995. p79-85.

BUSTILLO, A. E.; H. CASTILLO; D. VILLALBA, E. MORALES ; P. VÉLEZ. 1991. Evaluaciones de campo con el hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. ASIC, 14e. Colloque, San Francisco, EE.UU., 1991. p.679-686.

CARNEIRO, F. 1984. Controle microbiológico da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1967) com fungo *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11. Londrina, 22 - 25 outubro, Resumos. Rio de Janeiro, IBC. p. 132-135.

CASTRO, P. E. 1994. Evaluación del rendimiento de aplicación del equipo de aspersión a bajo volumen "Motax" , con el hongo *Beauveria bassiana* para el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, Tesis Ingeniero Agrónomo, Manizales (Colombia), 80 p.

CENICAFE. 1990. Manual de capacitación en control biológico. Ed. H. F. Ospina, Cenicafé - CAB - ODA, Chinchiná, Colombia, 174p.

D'ANTONIO, A. M.; V. DE PAULA. 1979. Estudos preliminares de eficiencia de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle á broca do café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) em condições de laboratório. In: Congresso Brasileiro de pesquisas Caffeeiras, 7. Araxa, M.G. (Brasil), 1979. Resumos. Rio de Janeiro, IBC,301p.

DAOUST, R. A.; R. M. PEREIRA. 1986. Survival of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliales) conidia on cadavers of cowpea pests stored outdoors and in laboratory in Brazil. Env. Entomol., 15(3): 642-647.

EVANS, H. C. 1982. Entomogenous fungi in tropical forest ecosystems: An appraisal. Ecological Entomology, 7: 47-60.

FERNANDEZ, P.M.; R.E, LECUONA; S.B., ALVES. 1985. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. a broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Coleoptera: Scolytidae). Ecosistema (Brasil), 10: 176-182.

FERRON, P. 1978. Biological control of insects pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol., 23: 409-442.

FERRON, P. 1981. Pest Control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. ed., Burges, H. D., Chap. 24, p. 465 - 482, Academic Press, New York, 949p.

FERRON, P. 1983. Induction artificielle d'une epizootie a *Beauveria brongniartii* dans une population de *Melolontha melolontha*. *Symbioses*, 15(2): 75-83.

FLÓREZ, E.; A. E. BUSTILLO; F. J. POSADA. 1996. Evaluación de equipos de aspersión para el control de la broca con *Beauveria bassiana*. *Revista Cenicafé*, en prensa. 20 p.

GONZÁLEZ, M. T.; F. J. POSADA; A. E. BUSTILLO. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. *Revista Cenicafé*, 44(3): 93-102.

HERNANDEZ, J. A.; R. L. RODRIGUEZ. 1992. Evaluación del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el control de chisas (Coleoptera: Sacarabaeidae). Tesis de grado en Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. p. 4-7.

HUSSEY, N. W.; T. W. TINSLEY. 1981. Impressions of insect pathology in the people's Republic of China. In: *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*, ed. H.D. Burges. Chap. 42, 785-795. Academic Press, New York, 949p.

JIMÉNEZ, J. A. 1992. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Revista Cenicafé*, 43(3): 84-88.

KUNO, G.; J. MULETT; M. HERNANDEZ. 1982. *Patología de insectos*. Universidad del Valle, 2a. ed., Cali, 212p.

LACAYO, L.; M. BARRIOS; C. JIMENEZ; V. SANDINO. 1994. El uso de hongos entomopatógenos para el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Nicaragua. Ministerio de agricultura y ganadería. Managua (Nicaragua), MAG, P.V. Proyecto CATIE - INTA / MIP (NORAD - ASDI).

LECUONA, R. E.; P. M., FERNANDEZ; S. B. ALVES; E. BLEICHER. 1986. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok., á broca do- café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). *Anais da sociedade Entomologica do Brasil*. 15: 21-27.

MILLER, L.K.; A. J. LINGG; L. A. BULLA Jr. 1983. Bacterial, viral and fungal insecticides. *Science*, 219:715-721.

MOORE, D.; C. PRIOR. 1988. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. In: *Proceedings of Brighton Crop Protection Conference. Pests and diseases*, 3: 1119-1123.

MORALES, E.; F. CRUZ; A. OCAMPO; G. RIVERA; B. MORALES. 1991. Una aplicación de la biotecnología para el control de la broca del café. In: *Colloque Scientifique International sur le café*, 14. San Francisco, 14-19 Juillet 1991, Paris, ASIC. p.521-526.

- MUGNAI, L.; P. D. BRIDGE; H. C. EVANS. 1989. A chemotaxonomic evaluation of the genus *Beauveria*. *Mycol. Res.*, 92(2):199-209.
- POSADA, F. J. 1993. Control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con hongos. *In: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN)*, 20. Cali (Colombia). Julio 13 - 16 de 1993 *Memorias*, Cali (Colombia), p. 137 - 151
- POSADA, F. J.; A. E. BUSTILLO. 1994. El hongo *Beauveria bassiana* y su impacto en la caficultura Colombiana. *Agricultura Tropical (Colombia)*, 31 (3): 97 - 106.
- PRIOR, C.; P. JOLLANDS; G. Le PATOUREL. 1988. Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the cocoa weevil pest *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Invertebr. Pathol.*, 52: 66-72.
- PROBIOAGRO. COBICAN-1. 1991. Insecticida biológico a base del hongo *Metarhizium anisopliae*, para el control de la candelilla (*Aeneolamia varia*). *Boletín informativo No.1:6*.
- RAMOSKA, W.A. 1984. The influence of relative humidity on *Beauveria bassiana* infectivity and replication in the chinch bug, *Blissus leucopterus*. *J. Invertebr. Pathol.*, 43: 389-394.
- RIBA, G. 1986. Perspectives offertes par le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. dans la lutte contre les ravageurs de grandes cultures. *In: L'emploi d'ennemis naturels dans la protection des cultures*, Versailles, 10 janvier 1985. Ed. INRA Publ., p.131-140.
- ROBERTS, D.W. 1981. Toxins of entomopathogenic fungi. *In: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*, ed. H.D. Burges, Chap. 23, p.441-464. Academic Press, New York, 949p.
- SAMSINAKOVA, A.; S. KALALOVA. 1981. Mass production of *Beauveria bassiana* for regulation of *Leptinotarsa decemlineata* populations. *J. Invertebr. Pathol.*, 38: 169-174.
- SPONAGEL, K. 1994. La broca del café *Hypothenemus hampei* en plantaciones de café robusta en la Amazonía Ecuatoriana., Gieben (Alemania), Wissenschaftlicher Fachverlag, 185 p
- TRONCONI, N. M.; R. D. ARGUCIA; R. J. MUÑOZ. 1986. Evaluación de la eficiencia de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin en el control de la broca del fruto del cafeto, (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867). *En: IV Seminario de investigación Cafetera IHCAFE*, Tegucigalpa, D.C. 9-11, julio, 1986. p.167-174.
- VEEN, K. H. 1968. Recherches sur la maladie, due à *Metarhizium anisopliae* chez le criquet pèlerin. *Med. Landbouwhogeschool Wageningen* 68-5, 77S.

VÉLEZ, P. E.; M. BENAVIDES. 1990. Registro e identificación de *Beauveria bassiana* en *Hypothenemus hampei* en Ancuyá, departamento de Nariño, Colombia. Revista Cenicafé, 41(2): 50-58.

VÉLEZ, P. E.; E. C. MONTOYA. 1993. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. Revista Cenicafé, 44(3): 111-122.

VELEZ, P. E.; F. J. POSADA; A. E. BUSTILLO; M. T. GONZALEZ; P. MARÍN; E. OSORIO. 1996. Metodología para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Cenicafé, Chinchiná (Colombia). Boletín Cenicafé (En prensa). 31p.

ZIMMERMANN, G. 1992. *Metarhizium anisopliae* an entomopathogenic fungus. In: Biological crop protection. Symposium 24. Pflanzenschutz Nachrichten Bayer, 45 (63):113-128.

¹Investigador Principal e Investigador Científico I respectivamente, Cenicafé, Disciplina de Entomología, Apartado Aéreo 2427, Manizales, Colombia.

²GONZÁLEZ G., M. T. 1994. Evaluación de la patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* de la colección de entomopatógenos. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 1994. sp. (Informe anual octubre de 1993 - septiembre de 1994a).

³ FLÓREZ, E. 1993. Informe anual de labores. Disciplina de Entomología, Cenicafé. Chinchiná, 10p.

AVANCES EN EL DESARROLLO DE *Beauveria bassiana* PARA EL MANEJO DE LA BROCA DEL CAFETO *Hypothenemus hampei* CON HONGOS FORMULADOS

Alberto Murillo L.

I.A. Msc. Desarrollo insecticidas. AgrEvo S.A. Colombia

Una de las dificultades para el uso práctico de *B. bassiana* como alternativa biológica dentro del manejo integrando de la broca, es la disponibilidad y manipulación de este bioinsecticida a nivel del agricultor.

Con el desarrollo de formulaciones tecnológicamente apropiadas para *Beauveria bassiana* se abre un panorama para uso más fácil y a su vez permitirá un cubrimiento extensivo con respecto a la producción de hongos no formulados.

La producción mediante sistemas con aprovechamiento de espacio, tiempo y condiciones de asepsia controladas permite una eficiencia significativamente mayor con relación a la producción de tipo artesanal.

Uno de los aspectos que se han mejorado con las formulaciones entre ellas la de gránulos dispersables CONIDIA WG son: facilidad en transporte, almacenamiento, preparación de la mezcla y aplicación en el campo.

" La disponibilidad de producto al agricultor es una de las ventajas que permite una utilización oportuna de acuerdo a las necesidades en cuanto a tiempo, lugar y volumen. "

" Los trabajos de campo han mostrado buena eficacia y a través de un gran número de ensayos se ha logrado ajustar las recomendaciones de uso bajo el concepto de manejo integrado de la plaga. "

Las áreas de investigación que se han cubierto y se tienen resultado con CONIDIA WG son las siguientes:

MATERIAL BIOLÓGICO:

" Se han seleccionado cepas con el fin de obtener uniformidad en las características de actividad biológica y de producción, a partir de cultivos monospóricos. Esto significa que el producto final se comporta igual a través de los diferentes lotes de producción. "

FORMULACION:

" Mediante un balance de coadyuvantes o ingredientes auxiliares, se ha logrado mantener la actividad biológica y a su vez obtener las ventajas de la formulación en gránulos dispersables WG, entre ellas: fácil disolución en el caldo de aplicación, suspensabilidad y dispersibilidad, no causa taponamiento en los equipos de aplicación y fácil medición de la cantidad requerida para aplicación. "

Aún cuando la estabilidad del hongo en esta formulación bajo condiciones ambientales (20°-27°C) es de 6 meses, sin embargo, en varias pruebas realizadas, las temperaturas altas pueden afectar la viabilidad del hongo. Estos cambios bruscos de temperatura generalmente ocurren durante el transporte, por esta razón se recomienda un embalaje a temperatura constante (6°C).

El almacenamiento bajo refrigeración (6°C) ofrece condiciones óptimas teniendo en cuenta que a estas temperaturas los hongos presentan menor tasa metabólica y por lo tanto su viabilidad se prolonga por más tiempo con respecto a la temperatura ambiente.

CONTROL DE CALIDAD:

Se han establecido las metodologías para la evaluación de la calidad a nivel de laboratorio, teniendo en cuenta las características de la formulación WG. Las metodologías se han ajustado al comportamiento de los parámetros biológicos del hongo bajo esta formulación.

CRITERIOS DE EVALUACION:

Uno de los factores quizás más relevantes para determinar la actividad de control de los hongos entomopatógenos en condiciones de campo, lo constituye el criterio y metodología de evaluación.

En este sentido se han introducido nuevos conceptos: Hasta hace poco tiempo la presencia de micelio después de una aplicación de *B. bassiana* se consideró como el criterio más importante de evaluación. La mayor o menor presencia de las "motas" o micelio se recomendó para determinar el grado de control de acuerdo a su incidencia. Sin embargo, después de varios trabajos se concluyó que no todas las brocas muertas por el hongo presentan micelio, éste ocurre cuando las condiciones microambientales y particularmente la humedad son adecuadas para el crecimiento del hongo sobre el insecto después de la infección. Aún cuando la presencia de micelio puede manejarse como un índice de actividad del hongo, no es el factor más adecuado para la determinación de la eficacia.

De otra parte, la alta presencia de micelio en campo está asociada a altas infestaciones de la plaga con consecuente alto nivel de daño en almendras.

Un alto número de brocas sin presencia de micelio mueren en el canal de penetración, así mismo, un alto porcentaje de brocas afectadas por el hongo abandonan el grano y mueren posteriormente, de tal manera que es muy difícil determinar la mortalidad real en campo. Esto se ha podido reconocer en ensayos con mangas entomológicas en donde las brocas afectadas que abandonan el grano mueren y quedan dentro de las mangas.

La determinación de porcentaje de control solo es posible a partir de poblaciones conocidas antes de la aplicación y bajo condiciones controladas. Esto puede medirse también con la metodología de las mangas entomológicas.

El método de evaluación más adecuado en campo es haciendo el seguimiento de la fluctuación poblacional, tomando como base el porcentaje de infestación.

La infestación es evaluada por la cuantificación del daño causado por la broca a las cereza, sin embargo, para evaluar el efecto del entomopatógeno se hace necesario examinar el daño con el fin de cuantificar las brocas vivas dentro del grano así como la cantidad de orificios abandonados. Se sugiere entonces los términos "infestación de campo" al porcentaje de infestación medido por el daño directo observado en los granos, el cual incluye brocas vivas con relación al total del daño.

UMBRALES O NIVELES PARA APLICACION

De acuerdo a las experiencias con hongos formulados como CONIDIA WG, se ha concluido que las aplicaciones a infestaciones bajas, hasta 2% permiten la regulación o detenimiento en el crecimiento poblacional de la broca.

Aplicaciones a infestaciones mayores mantienen la población a estos niveles por algún período, sin embargo, después de un tiempo relativamente corto la tendencia es a incrementarse.

EPOCAS DE APLICACION

En trabajos de campo bajo diferentes condiciones agroecológicas y en aplicaciones comerciales, los resultados indican que cuando los tratamientos se inician a los 90-120 días después de floración con los niveles de infestación señalados anteriormente se obtienen períodos de protección prolongados logrando llegar hasta cosecha con una o dos aplicaciones.

Estos resultados se han obtenido dentro del marco de manejo integrado, es decir, que de acuerdo a las necesidades particulares también se han incluido tratamientos a focos con un insecticida y las prácticas de recolección ó RE-RE.

El manejo de la broca con el hongo para protección de la cosecha principal, iniciando los términos con poblaciones bajas es una de las épocas de utilización más frecuentes, sin embargo, también se han evaluado otras en las cuales existe un potencial de uso. Por ejemplo, en épocas de cosecha, generalmente con poblaciones superiores al 2% se busca reducir la población y el potencial de daño en los granos para la siguiente cosecha. Los resultados así obtenidos indican un buen control de la plaga con costos inferiores frente a otros manejos sin incorporación del entomopatógeno.

ESQUEMA DE PRODUCCION DE BROCARIL

Irasema Cardozo Burgos
- Carlos delgado
Microbióloga Investigación y Desarrollo
- Laverlam S.A. Cali - Colombia

Brocaril WP concentrado es un fabricado por Laboratorios Laverlam División Agrícola, resultado de seis años de desarrollo, la base activa de Brocaril es la conidia de *Beauveria bassiana* cepa 9205 (cenicafe) y metabolitos secundarios obtenidos en fermentación tipo Beauvericin, Beauveriloides, isarolides.

Las bases activas de Brocaril se obtienen por medios de escalonamiento industrial en el cual se desarrollan procesos en secuencias que conducen a la obtención de un producto final con especificaciones definidas; los bloques en secuencia a seguir son planeación de insumos, preparación de medios de cultivo para reactores, escalonamientos de semillas de producción Bb 9205 reactivada s/broca, cultivo de Bb industrial, cultivo industrial estacionario, recuperación de base activa (conidias y metabolitos secundarios), formulación, envase, empaque, almacenamiento.

el producto final debe cumplir con las siguientes especificaciones biológicas y fisicoquímicas: recuento directo de conidias por gramos 1×10^8 , viabilidad de conidias a las 48 horas entre 80 - 100%, mortalidad sobre broca mayor o igual que 80% en 72 horas, expresión de *B. bassiana* sobre broca 80 - 100% en 5 días, pureza microbiológica del 95% no permitiéndose la presencia de contaminantes de carácter fitopatológico, ni patógeno para el ser humano. En el aspecto fisicoquímico debe trabajarse en pH rango 6 - 7, aumento del 3 - 5%.

MANUAL PARA EL REGISTRO DE BIOPESTICIDAS DESTINADOS AL USO AGRICOLA

José R. Galindo Alvarez

I.A. MSc. Fitopatología, Esp. Agroinsumos. Coordinador de la Unidad de Evaluación

Técnica de la División de Insumos Agrícolas del Ica

A.A. 7964. Fax. (91) 2322031; Santafé de Bogotá - Colombia

I. INTRODUCCION:

La expedición del Registro de un protector vegetal tiene como requisito previo, la demostración de su eficacia agronómica. Esta demostración esta sustentada en el aporte de literatura técnica Nacional, realización de pruebas de eficacias, o aporte de literatura foránea sobre las bondades del producto.

La División de Insumo Agrícolas, del ICA, en su empeño de velar por la calidad y buen desempeño de los protectores vegetales de origen biológico que se registren en el país, ha establecido el presente manual para que el productor tenga unos términos de referencia suficientemente claros para el aplicarlos dentro del proceso ante el ICA de registro de este tipo de productos.

II. PROCESOS BASICOS:

Para iniciar el proceso de registro de productos biopesticidas se deben tener plenamente identificados y definidos los conceptos y procesos que a continuación se enuncian.

1. **PATOGENICIDAD:** Prueba para determinar la capacidad de causar enfermedad en el organismo vivo a controlar (Postulado de Kock).

2. **ESPECIFICIDAD:** Determina los rangos de huéspedes del agente de control biológico a registrar los cuales pueden variar desde muy específico o extremadamente especializado hasta generalista, para lo cual se debe ajustar a alguna de las definiciones siguientes.

2.1 **HUESPED ESPECIFICO:** Es un organismo extremadamente especializado que solo puede completar su desarrollo en una especie o raza única y su característica trófica es monófaga.

2.2. **HUESPED GENERALISTA:** Es un organismo que puede completar su desarrollo en diversos grupos de organismos y su características trófica es polífaga.

3. **PRUEBAS DE MORTALIDAD:** Experimentos de laboratorio donde se comprueba la tasa de mortalidad y de especímenes atípicos con posibilidad de supervivencia, que se generan de la aplicación dirigida del biológico objeto de registro.

3.1 **ESPECIMENES ATÍPICOS:** Son aquellos que presentan características fenotípicas distintas a las normales de un espécimen totalmente sano, en el mismo estado de desarrollo y de la misma especie.

4. LIMITE MAXIMO DE RESIDUOS (LMR): Es la concentración máxima de un residuo tóxico generado por un plaguicida biológico que se permite o reconoce legalmente como aceptable en o sobre un producto agrícola o un alimento para consumo humano o animal.

4.1 PERIODO DE CARENCIA (PC): Es el intervalo que se ha determinado que se debe dejar entre la última aplicación del agrobiológico y la cosecha de un producto agrícola.

5. PERIODO DE VIABILIDAD: Es el período de tiempo durante el cual el producto mantiene sus características físicas, bioquímicas, fisiológicas y biológicas, bajo condiciones de almacenamiento adecuadas.

6. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Son las condiciones bajo las cuales el fabricante recomienda manejar el producto para garantizar la viabilidad del producto hasta la fecha de vencimiento.

7. UNIDAD INFECTIVA: Consiste en la definición por parte del fabricante del tipo de estructura propagativa del microorganismo, que se va a utilizar como ingrediente activo del micoinsecticida.

8. TOLERANCIA: Es la cantidad de unidades que se adicionan o se sustraen al contenido garantizado para obtener los límites de especificación.

9. PORTADOR O VEHICULO: Componente aditivo o inerte que sirve a las estructuras reproductivas del biopesticida como medio de soporte de la formulación.

10. CEPA DE REFERENCIA: Clon, biotipo o raza de la especie que actúa como biopesticida la cual debe estar debidamente identificada y caracterizada para ser utilizada para iniciar los procesos de multiplicación masiva del bioinsumo final.

11. PUREZA BIOLOGICA: Hace relación a la garantía de pureza genética del microorganismo formulado y la tolerancia de los posibles contaminantes biológicos (otras especies) inherentes al proceso de formulación la cual debe ser expresada en número de otras especies diferentes a la del ingrediente activo, y en unidades contables del contaminante, determinada esa medida de tolerancia por el fabricante, dentro del proceso de desarrollo de la formulación.

12. PRUEBA DE EFICACIA AGRONOMICA: Son los trabajos de campo a nivel experimental para comprobar la efectividad biológica o agronómica, la acción física de dosificación, las recomendaciones de uso y los efectos sobre la sanidad agrícola que tiene un producto.

13. PRESENTACION DEL DOCUMENTO: El documento narrativo de la prueba de eficacia debe contener las siguientes partes:

13.1 TITULO DEL TRABAJO

13.2 INFORMACION: Empresa que solicita el estudio y Departamento Técnico quien realizó el trabajo.

13.3 **INTRODUCCION:** Este ítem debe contener información básica sobre antecedentes del producto, resaltar la problemática a solucionar, revisión de literatura inherente al agente de control y otra información adicional que el fabricante considere de importancia.

13.4 **OBJETIVO:** En este ítem se deben especificar concretamente los objetivos que se buscan con la realización del experimento, los cuales deben ser concordantes con los resultados.

13.5 **METODOLOGIA:** Se debe informar el tamaño de las parcelas (Unidad experimental), área útil o de cosecha, condiciones meteorológicas prevalentes durante el experimento.

13.5.1 **INFORMACION GENERAL DEL PRODUCTO**

13.5.2 **LOCALIZACION DE LOS EXPERIMENTOS**

13.5.3 **DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO**

13.5.3.1 **DESCRIPCION Y NUMERO DE TRATAMIENTOS**

13.5.3.2 **NUMERO DE REPLICACIONES**

13.5.3.3 **ANALISIS ESTADISTICOS Y PRUEBAS DE COMPARACION MULTIPLE**

13.5.3.4 **ESCALAS DE EVALUACION UTILIZADAS**

13.5.3.5 **EPOCAS DE APLICACION SEGUN FENOLOGIA DEL CULTIVO**

13.5.3.6 **METODOS DE EVALUACION**

13.5.3.7 **DATOS TOMADOS:** Tales como número de plantas cosechas / parcela, rendimiento, Kg/parcela y Kg/Ha. Resultados de las lecturas realizadas y otros datos que el fabricante considere relevantes.

13.6 **RESULTADOS Y DISCUSION**

13.7 **CONCLUSIONES**

14. **RECOMENDACIONES DE USO:** Debe especificarse las recomendaciones de uso teniendo en cuenta la dosis, la plaga a controlar, el cultivo, las restricciones de uso, y su posicionamiento dentro de los esquemas de manejo integrado de plagas.

15. **PRODUCTOR DE BIOINSUMOS:** Para el caso de biopesticidas, es toda persona natural o jurídica, debidamente registrada ante la División de Insumos Agrícolas ICA, con autorización para que produzca en el país insumos de carácter biológico a base de microorganismos, destinados al control de insectos plagas que afecten la agricultura, dentro de este concepto se enmarca el productor de cepas referenciadas, para la venta a multiplicadores que harán su comercialización con su respectivo Registro de Venta del producto terminado. El productor de cepas referenciadas tendrá registro de productor de producto biológico básico, y el multiplicador final o formulador será el Titular del Registro de Venta del producto formulado.

III. **SOLICITUD DE REGISTRO:**

Una vez cumplidos los procesos básicos se debe encaminar la documentación para obtener el Registro de Venta del producto comercial, con la siguiente información y documentos:

1. Solicitud debidamente diligenciada ante el ICA, firmada por el representante legal de la empresa, en donde se especifique:

1.1. NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO

1.2 NOMBRE(S) CIENTIFICO(S) DETERMINANDO TIPO DE UNIDAD INFECTIVA, ESPECIE Y CLON, RAZA, BIOTIPO O CUALQUIER OTRA IDENTIFICACION MENOR QUE ESPECIE, CUANDO SEA DEL CASO; CONCENTRACION DEL O DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS, Y LOS AUXILIARES DE FORMULACION.

1.3 NOMBRE GENERICO Y/O COMUN SI LO TIENE

1.4 TIPO DE FORMULACION

1.5 TIPOS DE ENVASES Y CONTENIDO NETO DE CADA TIPO

1.6 ORIGEN DE LOS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

1.7 NATURALEZA Y ORIGEN DEL MATERIAL DE SOPORTE Y PRUEBAS DE SUPERVIVENCIA DE LAS UNIDADES INFECTIVAS EN EL MATERIAL DE SOPORTE.

2. Soporte de las recomendaciones técnicas de uso a incluir en el rotulado, obtenidas por la documentación e información técnico científicas del producto que incluye los documentos finales de las pruebas de eficacia agrobiológicas adelantadas bajo las condiciones del país o en condiciones similares en otros países. Las pruebas de eficacia que sean efectuadas en el país deben ser conducidas por Departamentos Técnicos debidamente Registrados ante la División de Insumos Agrícolas del ICA, de acuerdo con el ARTICULO 12 de la RESOLUCION No. 3079 de Octubre 19 de 1995.

3. Cuando el producto cuyo registro de venta se solicita, no sea formulado por la empresa peticionaria, se deberá acompañar copia del contrato de fabricación debidamente legalizado con una empresa registrada en el ICA, como productora de ese tipo de bioinsumos.

4. Recibo de pago expedido por el ICA de acuerdo a la tarifa vigente.

5. Propuestas de los periodos de carencia (PC), especialmente para los cultivos alimenticios sobre los cuales se recomienda su uso.

6. Proyecto de rotulado, por duplicado, elaborado según la norma ICONTEC, si ella existiera o con base en la disposición del ICA establecida para tal efecto.

7. Proporcionar los métodos específicos de análisis cualitativos y cuantitativos empleados en el control de calidad de los componentes activos.

8. Suministrar a la División de Insumos Agrícolas las cepas de referencia del ente biológico utilizado como ingrediente activo. La cepa de referencia deberán acompañarse de un certificado de análisis en

donde se consigne la técnica analítica usada en la valoración, periodo de viabilidad del material, composición garantizada, cromatograma o cualquier otro método relacionado con el control de calidad e identificación de la composición garantizada.

9. Concepto de Clasificación Toxicología y permiso de uso en el país, expedido por el Ministerio de Salud, o lo concerniente a salud de acuerdo a la normalización vigente de ese Ministerio.

10. Licencia Ambiental expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, de conformidad con la reglamentación vigente.

11. Cuando el Bioinsumo sea de origen extranjero se deberá presentar un certificado de venta libre del país de origen, expedido por autoridad gubernamental competente. En caso de no estar registrado en el país origen, el fabricante debe presentar un documento legal que explique la causa, igualmente el importador debe cumplir con los requisitos de introducción de organismos vivos beneficios contenidos en el Manual de Requisitos de Cuarenta Vegetal de Sanidad Vegetal del ICA. Cuando el Microorganismo benéfico a utilizar en una formulación importada no haya sido reportado como existente en Colombia, la División de Insumos Agrícolas solicitará concepto a la División de Sanidad Vegetal del ICA.

13. Cuando el producto requiera de frío para su conservación durante el almacenamiento y expendio, el productor debe proveer toda la información.

14. La información deberá suministrarse en el idioma original y cuando sea idioma extranjero se debe acompañar la respectiva traducción al idioma español.

15. Una vez cumplidos los anteriores pasos y con la documentación evaluada y aceptada por el ICA, la División de Insumos Agrícolas procederá a emitir el Registro de Venta correspondiente.

EXPERIENCIAS EN EL USO DEL HONGO ENTOMOPATOGENO *Beauveria bassiana* (Bals) PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFETO

Carlos Alberto Saldías Barreneche

19585

Jefe de Extensión Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

1. POR QUE UTILIZARLOS EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

El hongo de la muscardina blanca, *B. bassiana* se ha registrado en todos los países cultivadores de café invadidos por la broca; es el enemigo natural que causa más mortalidad a la plaga, persiste en el ambiente y está ampliamente distribuido.

En Colombia desde la llegada de la broca del café por Tumaco (Nariño) se registró el hongo *B. bassiana* atacando sus poblaciones (Cárdenas, 1989). A partir de muestras de cerezas de café brocadas e insectos muertos de *Hypothenemus hampei*, procedentes de la zona de Ancuya (Nariño) se aisló el hongo *B. bassiana* (Vélez, Benavides, 1990).

En la medida que la broca se fue distribuyendo por el país, se encontró el hongo afectando permanentemente sus poblaciones como enemigo natural cuyo inóculo inicial posiblemente provenía de otros insectos hospedantes atacados por el hongo.

Con la llegada de la broca a Colombia el control biológico con hongos entomopatógenos se convirtió en una realidad en el cultivo del café.

Dentro del programa Manejo Integrado de la Broca, Cenicafe consideró necesario el establecimiento del hongo *B. bassiana* en el ecosistema cafetero, por su ocurrencia natural y por afectar permanentemente a la broca. Para su aplicación se utilizaron diferentes estrategias dentro de las cuales, el primer paso por superar, fue la producción masiva del hongo ya que en el país no existía la infraestructura para satisfacer la demanda y aplicarlo en todas las hectáreas de café invadidas.

De inmediato Cenicafé inició la investigación y la producción masiva del hongo en forma industrial y artesanal para suplir la demanda del hongo a nivel nacional.

Inicialmente la producción artesanal tuvo un rápido desarrollo por lo simplificado y barato del sistema ya que permitía a los caficultores multiplicar el hongo en sus fincas. La tecnología de producción de *B. bassiana* se empezó a transferir a los caficultores en junio de 1992 por medio de cursos cortos, demostraciones y material divulgativo.

Actualmente, adicional a la producción a nivel de finca la Federación cuenta con varias unidades de producción en los Comités de Cafeteros y en las cooperativas de caficultores y en el mercado ya se consiguen formulaciones producidas industrialmente por diferentes empresas que han visto en este segmento un importante negocio futuro en Colombia.

La siguiente es la producción estimada de hongo entre 1992 y 1995 en Colombia.

Tabla No. 1. Toneladas producidas del hongo *Beauveria bassiana* en Colombia (Cenicafé)

Año	Cepa Cenicafé	Producción en finca	Producción Comercial	Total anual
1992	0,5	--	2,0	2,5
1993	3,8	35,9	14,4	54,1
1994	20,0	40,0	40,0	100,0
1995	35,0	60,0	405,0	200,0

2. LAS PRIMERAS EXPERIENCIAS DE LOS CAFICULTORES

La tecnología de producción de *B. bassiana* en finca tuvo una rápida aceptación a nivel del agricultor desde que se inició la transferencia debido a:

- Una metodología sencilla y simplificada de producción del hongo, que permite producirlo con excelente calidad.
- El uso de mano de obra familiar
- La producción en la propia finca
- El costo de producción reducido, con materiales y equipos locales de bajo costo y de fácil consecución.

Los criterios iniciales de aplicación del hongo en el campo corresponden principalmente a:

- a) Establecerlo en la finca como un enemigo natural, incrementar el inóculo y asegurar el inicio temprano de la infección de adultos.
- b) Reforzar la acción natural del hongo en el campo, cuando ya se ha detectado su presencia infectando brocas.

El hongo *Beauveria bassiana* aparece en la zona cafetera colombiana como una gran NOVEDAD. Coincide el inicio de la transferencia con períodos críticos para algunos municipios del país ubicados en departamentos como Huila, Valle y Risaralda (Balboa, el más nombrado) donde la broca hacía los primeros estragos sobre cosechas totales y aún la tecnología MIB (Manejo Integrado de Broca) no estaba siendo asumida por los agricultores.

Los agricultores que están siendo afectado por la broca creen encontrar en el hongo “la solución” y lo usan sin tener en cuenta otros factores importantes para garantizar su éxito.

De allí que lo que inicialmente se pensó era la adopción del hongo entomopatógeno en el MIB correspondía a fases de evaluación y ensayo; podría decirse que muchos se devolvieron en el proceso de adopción del hongo ya que lo sobrevaloraron y creyeron encontrar en él la tabla de salvación en el manejo de la broca del café.

11 Aunque no hay duda de la importancia del hongo *B. bassiana* en campo y de su presencia como enemigo natural permanente de la broca del café su acción debe estar enmarcada en el concepto MIB

} que hoy se maneja, en el cual es un componente de control integrado dentro de un paquete de manejo. "

Durante la fase de evaluación y ensayo se presentó un retroceso por parte de los agricultores, debido a que le atribuyeron una baja eficiencia y llegaron algunos a decir que no servía, se debió a:

- Formulaciones contaminadas
- Mala tecnología de aplicación
- Su aplicación no se hacía teniendo en cuenta evaluaciones de nivel de infestación y posición de la broca.
- Baja concentración y viabilidad de esporas.
- Su efecto lento frente a lo que percibían de su insecticida
- Creer que era la panacea.

Siendo el control biológico con hongos entomopatógenos un lema de investigación tan reciente y estando aún la broca en proceso de colonizar la zona central cafetera, las investigaciones continuaron para fortalecer el MIB, hacerlo más sólido y dentro de él, conseguir el adecuado posicionamiento del hongo entomopatógeno.

3. LA CAMPAÑA EDUCATIVA BROCA DEL CAFE A PARTIR DE 1993.

Con base a la experiencia acumulada a nivel de campo desde la llegada de la broca del café de Colombia en septiembre de 1988, el avance de las investigaciones realizadas por Cenicafé y los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología de control se redefine la campaña educativa broca del cateto mediante una propuesta que se enmarca en los siguientes términos y que continúa vigente:

OBJETIVO: Que el caficultor continúe produciendo café pergamino seco tipo Federación, exportable, en presencia de la broca del café.

META: Que el nivel de infestación en café cereza maduro sea inferior al 5%, para que obtenga café pergamino seco con un máximo de 25 de daño por broca.

El Manejo Integrado de la Broca (MIB) se interpreta como una construcción representada en la gráfica No. 1, en la cual se encuentran:

- Las bases necesarias para el éxito en el MIB
- Las prácticas imprescindibles y permanentes que responden por un 70 a 80% del control.
- Las prácticas complementarias
- El daño que hace la broca a la cosecha.

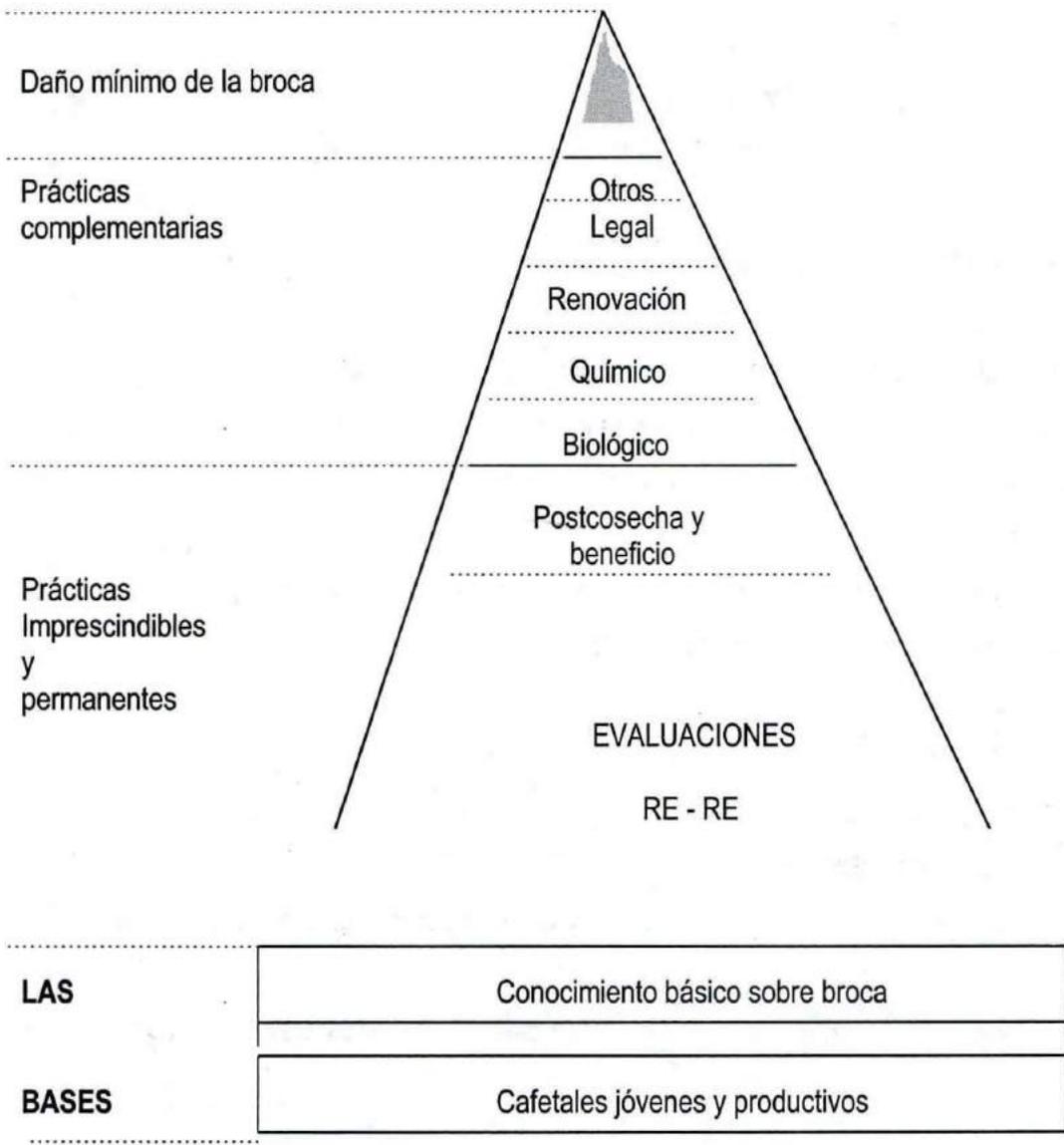
La tarea propuesta al agricultor consiste en que el daño a la cosecha sea el mínimo posible siendo muy estricto en las prácticas imprescindibles y permanente y utilizando las prácticas complementarias cuando los resultados de las evaluaciones así lo indiquen.

El uso de insecticidas biológicos (hongos entomopatógenos) como práctica complementaria en el control de la broca del café se define siempre y cuando:

- Se haga bien el RE-RE
- El nivel de infestación sea superior al 2%
- Se identifiquen los puntos calientes
- Que más del 50% de las brocas estén en posición A y B en los puntos calientes (expuestas).

La aspersión del hongo debe estar dirigida a los frutos de café y en las área delimitadas como puntos calientes.

FIGURA No. 1
 MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA
 (Diseño esquemático)



4. ESTUDIOS DE ADOPCION DEL MIB

Durante los años 1994 y 1995 se adelantaron a través de Cenicafé y en coordinación con el Servicio de Extensión de los Comités de Cafeteros y la Fundación Manuel Mejía, sondeos y estudios que mostraron la adopción del MIB y dentro de ellos el uso de hongos entomopatógenos.

- En un sondeo realizado en la Fundación Manuel Mejía en septiembre de 1994, se entrevistaron 245 pequeños caficultores provenientes de 7 departamentos cafeteros.

74 caficultores (30%) utilizaban el hongo y
51 caficultores (21%) lo cultivaban en su finca.

- En el estudio de "Evaluación del Impacto de la Broca en la calidad del café en el punto de compra y caracterización de su manejo en el municipio de Palestina (Caldas), realizado en septiembre de 1995 se encontró lo siguiente:

De 109 agricultores encuestados el 51% (56) aplicaban hongo en sus fincas y el 22% (24) lo cultivaban en sus fincas.

El número de aplicaciones por año variaba desde 1 hasta 12.

- En la prueba piloto "Adopción de tecnología Manejo Integrado de Broca" realizada en Garzón (Huila), Pereira (Risaralda), Bolívar (Antioquia), Palestina y Risaralda (Caldas), en el mes de octubre de 1995 se encontró lo siguiente:

De 144 agricultores encuestados el 41%(59) utilizaban el hongo y el 19%(27) cultivan el hongo.

El número de aplicaciones por año también variaba de 1 a 12.

De los estudios y sondeos descritos se concluye:

- Hay una buena adopción del hongo (30-51%).
- Se cultiva el hongo artesanalmente a nivel de finca (19-22%).
- Muchos caficultores prefieren el hongo producido institucionalmente (Comités, Cooperativas) y hay espacio para la producción industrial.
- Se requiere perfeccionar su uso y aplicación para que el caficultor lo haga oportuna y adecuadamente basado en evaluaciones.
- El hongo compite básicamente con el insecticida químico. Los caficultores viven dentro de los cafetales y toda acción que logre mayor cubrimiento con hongos entomopatógenos y menor uso de químicos es benéfica para las familias cafeteras y el medio rural.

- Las razones que exponen los agricultores para no usar el hongo son el punto de partida para orientar los programas de extensión buscando su adopción.

5. LA EXTENSION Y EL USO DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS

La concepción del MIB (Manejo Integrado de la Broca) presenta una manera diferente de hacer las cosas para lograr el control adecuado de la plaga.

La broca obliga al caficultor a involucrar a su proceso productivo y de decisiones gran cantidad de actividades nuevas, una era la caficultura sin broca y otra muy diferente es caficultura con broca.

Por eso a todas y cada una de esas innovaciones, y dentro de ellas el uso de hongos entomopatógenos, debe construirse un proceso de adopción.

El proceso de adopción empieza con el aprendizaje.

APRENDIZAJE:

Es la actividad por la cual una persona resulta diferente en algún sentido al final del proceso:

- Aumenta o modifica su información o saber anterior.
- Realiza alguna tarea u operación de un modo diferente al de antes.
- Cambia su actitud o punto de vista a propósito de algo.

Muchos procesos de extensión fracasan porque logran enseñanza (teoría y práctica) pero no consiguen cambio permanente (cambio de actitud) que es el condicionante definitivo en la adopción.

El aprendizaje es afectado por múltiples factores entre los cuales podemos destacar: la necesidad, la experiencia, el nivel educativo, la situación económica, la participación en el proceso, y la influencia social (líderes, demostradores).

Al adoptar una nueva idea o práctica toda persona atraviesa por cinco fases claramente definidas:

FIGURA No. 2
FASES EN EL PROCESO DE ADOPCION



Cada paso del proceso de adopción depende de que se lleven a cabo los anteriores.

TOMA DE CONCIENCIA: El agricultor toma conciencia de esa nueva idea o práctica. Se entera de ella.

INTERES:

Si agricultor ve en la nueva idea o practica posibilidad de usarla en sus condiciones propias, buscará mayor información al respecto.

EVALUACION:

El agricultor pondera las ventajas e inconvenientes probables de la tecnología con respecto a su propia situación. Busca validar la nueva idea con agricultores que estando en su misma situación ya la hayan puesto en práctica.

ENSAYO:

El agricultor ensaya en su finca en un lote pequeño para observar los resultados en su propia realidad.

ADOPCION:

Según el resultado de su propio ensayo el agricultor puede adoptar o rechazar.

Como observa es un proceso individual; el cambio es el resultado de decisiones personales que son afectadas por influencias positivas y negativas.

Con estos problemas planteados se puede analizar por qué en las primeras etapas del uso de entomopatógenos la adopción no fue sólida, no se construyó la adopción.

La experiencia nos muestra cómo las fases de evaluación y ensayo de los agricultores no daban respuestas claras a sus inquietudes porque los parámetros de uso de entomopatógeno aún no estaban definidos y se investigaban apenas los métodos de evaluación.

6. LAS VEREDAS DEMOSTRATIVAS EN EL MANEJO DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS

Continuando con la orientación de extensión, a partir de junio de 1995 se inicia el programa de la referencia:

OBJETIVO GENERAL:

Posicionar adecuadamente el hongo *Beauveria bassiana* en el manejo integrado de la broca mediante veredas demostrativas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Reforzar la acción natural del hongo *B. bassiana* para que los caficultores controlen la broca del café.
- Hacer seguimiento a la eficacia de las formulaciones de hongo en las veredas demostrativas.
- Crear espacios demostrativos en los cuales los caficultores involucrados y los visitantes puedan confirmar la bondad del control con hongos entomopatógenos (fase evaluación) y lo implantan en sus fincas (fases ensayo y adopción).
- Competir al uso de productos químicos.

Las veredas demostrativas se seleccionaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- Vereda líder de pequeños agricultores
- Zona óptima cafetera y de fácil acceso.
- Con trabajo grupal y presencia interinstitucional
- Donde el MIB se realice ordenadamente para que el hongo pueda actuar.

El trabajo se ha adelantado básicamente con *Beauveria bassiana* en diferentes formulaciones: Cepa Cenicafé, producción artesanal y producción comercial (conidia y Brocaril); en algunas veredas se ha utilizado al suelo el hongo *Metarrhizium anisoplae* en la formulación DESTRIXIN.

Las aplicaciones en las veredas se hacen cumpliendo estrictamente las definiciones técnicas para su uso y las recomendaciones de las casas comerciales.

Todas las aplicaciones son evaluadas para observar el comportamiento del hongo en las diferentes localidades y bajo condiciones ambientales propias.

CUADRO No. 2

COBERTURA DEL PROGRAMA VEREDAS DEMOSTRATIVAS - 1995

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS	VEREDAS	FINCAS	HAS. CAFE
Antioquia	2	2	99	284
Valle	25	40	718	3.209
Quindío	12	18	360	1.517
Risaralda	5	5	150	500
Cundinamarca	4	4	40	72
Huila	7	8	138	331
Santander	1	1	23	45
Cauca	5	31	286	939
Nariño	10	45	500	800
Caldas	6	7	150	448
Tolima	4	8	145	401
11	81	169	2.609	8.546

Para 1996 el programa incluirá las veredas que han respondido y se ampliará con algunas nuevas donde los agricultores han mostrado interés. El plan cubre 97 municipios, 157 veredas, 3.300 fincas y 9.800 hectáreas aproximadamente.

Este programa se está complementando con el de Introducción de la Avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia stephanoderis* en la zona cafetera, buscando que inicie su multiplicación de manera natural sobre las poblaciones de broca existentes en los cafetales.

Una vereda puede tener los 2 programas y así cumplir su efecto demostrativo sobre los caficultores al tener en funcionamiento los 2 controles biológicos claves en un momento actual, para mantener a raya la broca del café.

7. COMENTARIOS Y RESULTADOS DEL PROGRAMA VEREDAS DEMOSTRATIVAS

- El programa tiene alta aceptación en los caficultores. Les gusta el trabajo en comunidad y la labor interinstitucional.
- Mediante la capacitación los caficultores recogen información oportuna, seria y confiable.
- Son notorios en las veredas el incremento de infección por hongo, la mortalidad de brocas expuestas y la contribución al sostenimiento del nivel de infestación.
- Se presenta aceptación a los productos comerciales por su fácil manejo, transporte y aplicación, también por su buen efecto.
- Por aplicaciones repetidas se ha conseguido epidemia por el uso del hongo.

- Se obtuvieron durante 1995 muy buenos resultados en el departamento del Tolima logrando incrementar los porcentajes de infección por hongo sobre las poblaciones de broca, del 2% al 36% en 401 has, de café.
- Se ha generado opinión positiva hacia el hongo como complemento del RE-RE. Hay zonas en donde solo son necesarias estas 2 prácticas (Nariño, Santander, Antioquia, Cauca).
- El 80% de los agricultores que lo usan adecuadamente por primera vez (con evaluaciones) continúan utilizándolo.
- Los pequeños caficultores aceptan más fácilmente el hongo. Se adopta menos cultivarlo en la finca porque se facilita conseguirlo en producción artesanal, semi-industrial o industrial.
- Están en desarrollo las primeras experiencias con *B. bassiana* en fincas demostrativas de grandes agricultores con buena aceptación inicial.
- Algunas limitantes en la adopción son:
 - ◇ Manipuleo, transporte y almacenamiento inadecuado que afecta la calidad del hongo.
 - ◇ Se trabaja con equipos convencionales, no desarrollados para aplicación de hongo.
 - ◇ Compararlo con la acción inmediata de un químico.

La mayor bondad expuesta por los caficultores es el beneficio en la utilización hongo sin perjuicio para su salud y para el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

BENAVIDES G.M., VELEZ A.P. Registro e identificación de *Beauveria bassiana* en *Hypothenemus hampei* en Ancuya, departamento de Nariño, Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 41 (2): 50-57. 1990.

BUSTILLO P. A Producción estimada de Hongo *Beauveria bassiana* en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* Documento interno. 1996.

BUSTILLO P.A. Posada F.F.J. El hongo *Beauveria bassiana* y su impacto en la caficultura colombiana. *Agricultura Tropical (Colombia)* 31 (3): 97-106. Diciembre 1994.

DUQUE O.H. Chavez C.B. Investigación socio-económica en el Manejo Integrado de la Broca del Café. Estudio de adopción de la tecnología en el Manejo Integrado de la Broca. *Cenicafé (Colombia)*. No publicado. Septiembre 1994.

DUQUE O.H. Chavez C.B. Evaluación del Impacto de la Broca en la calidad de café en el punto de compra y caracterización de su manejo en el municipio de Palestina (Caldas). Cenicafé (Colombia). No publicado. Septiembre 1995.

DUQUE O.H. Chavez C.B. Prueba piloto - Adopción de Tecnología Manejo Integrado de Broca. Cenicafé (Colombia). No publicado. Octubre 1995.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. GERENCIA TECNICA. División de producción y Desarrollo Social. Manejo de la Broca del Café con el hongo Entomopatógeno *Beauveria bassiana* en veredas demostrativas pp. Mayo 1996.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. GERENCIA TECNICA. División de producción y Desarrollo Social. Informe de labores Campaña Educativa Broca del cafeto. Años 1993, 1994, 1995.

POSADA F.F.J. El hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. Cenicafé (Colombia). Seminario internacional sobre Caficultura sostenible- Manejo Integrado de la Broca del Cafeto: 15-26 abril 1996.

SALDIAS B., C.A. La extensión y la Sanidad Vegetal. El caso de la Broca del café. Federacafé. Departamento de Extensión. Conferencia dictada en Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1994.

PUBLICACION DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGIA

Recopilado por : Comisión Académica
XXIII Congreso

Impresión : Gráficas **AMELE** - Montería

Fecha de impresión : Julio de 1996

Tiraje : 700 Ejemplares

