

# Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN



XXVII CONGRESO  
MEDELLÍN - COLOMBIA  
JULIO 26-28 DE 2000

**MEMORIAS**

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA**

**S O C O L E N**

**MEMORIAS XXVII CONGRESO**

***SOCOLEN: CON LOS INSECTOS DE CARA  
AL NUEVO MILENIO***

**Medellín**

**Julio 26 - 28 - 2000**



Carátula  
*INSECTOS DE COLOMBIA*

Fotografías  
*OSCAR EFRAÍN ORTEGA*  
Profesor Asistente  
Universidad Nacional de Colombia - Medellín

595.7  
C55  
V.1  
2000

**Cenicafé**  
CENTRO DE DOCUMENTACION

014020 16 SET. 2000

### **PRESENTACIÓN**

*La seriedad de la Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN, se ratifica al recibir Usted (es) este ejemplar que contiene las MEMORIAS del Congreso XXVII. Para el Comité Organizador y en forma especial para la Comisión Académica el cumplir con los asistentes al Congreso es muy placentero.*

*Lograr la edición de estas Memorias, ha sido un trabajo exigente pero lleno de satisfacciones. Los autores de las conferencias magistrales y los responsables de los temas de cada Simposio han cooperado con sus versiones escritas a su debido tiempo y es por ello que Usted(es) pueden estar consultando esta obra. Es necesario presentar reconocimientos a los autores, sin su contribución estas MEMORIAS no estarían concluidas.*

*La Comisión Académica debe aclarar que se ha respetado el contenido de los diferentes temas consignados. Los autores se responsabilizan de las ideas y conceptos emitidos, en cada trabajo. Esta publicación no sólo enriquecerá su(s) biblioteca(s). Se constituye para los Entomólogos en una obra de referencia y consulta permanente.*

*Nuestro compromiso con los asistentes al XXVII Congreso, tienen con este libro de MEMORIAS, una muestra del cumplimiento. Solicitamos a todos los lectores sugerencias para mejorar en el futuro el trabajo de SOCOLEN.*

*La Comisión Académica agradece el trabajo de edición y transcripción a la Licenciada Miryam Ospina O.*

COMISION ACADEMICA





## COMITÉ ORGANIZADOR

### XXVII CONGRESO

Presidente:	Rodrigo A. Vergara Ruiz
Vicepresidente:	Diego López Idárraga
Secretaria:	Marta Londoño Zuluaga
Tesorero:	Emilio Arévalo Peñaranda
Revisor Fiscal:	Humberto Guarín Molina

### COMISIONES

Académica:	José Daniel Tinoco Gutiérrez
Financiera:	Alejandro Madrigal Cardeño
Recursos Físicos:	Gilberto Morales Soto
Publicidad:	Francisco C. Yepes Rodríguez
Eventos Sociales:	Guillermo Rodríguez Quijano



**JUNTA DIRECTIVA**  
**SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA**  
**1998 - 2000**

Presidente:	Aristóbulo López Avila
Vicepresidente:	Paulina Muñoz de Hoyos
Secretaria:	Judith Sarmiento Camargo
Tesorero:	Luz Stella Cobo de Martínez
Revisor Fiscal:	Ariel Palomino Ulloa

**VOCALES**

Principales	Suplentes
Ingeborg Zenner de Polanía	Carlos Eduardo Sarmiento
José Ricardo Cure Hakim	Amanda Varela Ramírez
Eduardo Flórez Daza	Héctor William Duarte Gómez





## EMPRESAS PATROCINADORAS

- Agroindustrial Mandioca, C.A
- Andina de Tecnología
- Asociación Nacional de Industriales - ANDI
- Avianca
- Bayer de Colombia S.A.
- BIOMA
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE
- Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.
- Comité Departamental de Cafetero de Antioquia.
- Compañía Colombiana de Tabaco
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA Antioquia
- Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB.
- Dow Agrosiences de Colombia S.A.
- Empresas Públicas de Medellín.
- Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología
- Grupo de Entomología Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
- Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM- Universidad de Antioquia.
- Hotel Intercontinental - Medellín
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.
- Instituto Nacional de Salud
- Kaika Ltda.
- Laboratorio de Investigaciones melitológicas y apícolas - Universidad Nacional de Colombia.
- Librería La Fragua
- Novartis de Colombia S.A.
- Philip Morris Europe R & D
- Productos Biológicos Perkins Ltda.
- Sanitas Ltda.
- Secretaría de Agricultura de Antioquia
- Universidad de Antioquia
- Universidad de Caldas- Departamento de Fitotécnia
- Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultades de Ciencias y Ciencias Agropecuarias.
- University of Wisconsin - Madison, USA.
- Valent Biosciences Corporation

## EXPOSICIÓN COMERCIAL

Bayer Químicas Unidas S.A.  
Empresas Públicas de Medellín  
Kaika Ltda.  
Museo de Entomología "Francisco Luis Gallego". Universidad Nacional Medellín.  
Laboratorio de Investigaciones Melitológicas y Apícolas. Universidad Nacional, Medellín.  
Novartis de Colombia S.A.

Posgrado de Entomología - Universidad Nacional, Medellín.  
Sanitas Ltda.  
Sociedad Colombiana de Entomología  
Universidad de Antioquia  
Grupo de Entomología Universidad Nacional de Colombia - Medellín GEUN.-  
Productos Biológicos Perkins Ltda.  
BIOMA  
Librería La Fragua





## CONTENIDO

	pág.
<b>CONFERENCIAS MAGISTRALES</b>	
IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD EN EL DESARROLLO DE VARIETADES DE PLANTAS RESISTENTES A INSECTOS PLAGAS Mario Lobo Arias	1
BIOSEGURIDAD UN NUEVO ESCENARIO DE CONFRONTACION INTERNACIONAL ENTRE LAS CONSIDERACIONES COMERCIALES MEDIO AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICAS Rafael H. Aramendis	13
HACIA UNA CAFICULTURA POST-MODERNA Y EL ROL DE LAS FAMILIAS RURALES Y LOS EXTENSIONISTAS. Falguni Guharay	27 ✓
IMMUNOLOGY OF INSECTS: DEFENSINS, CECROPINS, TRANSFERINS AND PEPTIDE PARASITE INTERACTION. Carl Lowenberger	51
POTENTIAL OF <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) IN THE BIOCONTROL OF STORED PRODUCT INSECT PESTS Dr. Ferruccio Gadani	61
THE DEVELOPMENT OF RECOMBINANT BACTERIA FOR INSECT PEST CONTROL Neil Crickmore	73
<b>SIMPOSIO</b> <b>ACTUALIDAD Y PROYECCIÓN DE LOS PESTICIDAS BOTÁNICOS</b>	
INSECTICIDAS NATURALES. REALIDAD Y FICCIÓN. Fernando Echeverri, Juan C. Marín, Fernando Tórres	89
NEEM: DESARROLLO, ESTADO ACTUAL E IMPACTO AMBIENTAL DE UN BIOPLAGUICIDA María Eugenia Moreno; Carlos Peláez; Liliana Acevedo; Gladis Morales; Miguel Acevedo	119
EXTRACTOS DE NEEM ( <i>Azadirachta indica</i> ): ACCION BIOLOGICA, ESTABILIDAD Y VALORACION DE FORMULADOS COMERCIALES SOBRE EL MODELO BIOLOGICO <i>Drosophila melanogaster</i> (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) María Eugenia Moreno, Santiago González, Liliana Acevedo, Gladis Morales, Carlos Peláez	131



**SIMPOSIO  
AVANCES EN LA ENTOMOLOGÍA MÉDICA**

IDENTIFICACIÓN DE VECTORES Y RESERVORIOS DE EEV SUBTIPO ID EN UN FOCO SELVÁTICO EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO Cristina Ferro; Martha Liliana Ahumada; Sandra Pérez; Margarita Tamayo; Marta González Jorge Boshell Scott Weaver	145
FACTORES DETERMINANTES EN LA CAPACIDAD VECTORIAL DE LUTZOMYIA LONGIPALPIS Y LU. EVANSI (DIPTERA: PSYCHODIDAE), VECTORES DE LEISHMANIASIS VISCERAL AMERICANA EN COLOMBIA James Montoya Lerma	155
PARTICIÓN EN TAMAÑO Y FORMA DE LOS CARACTERES MÉTRICOS Y SU INTERÉS EN LOS ESTUDIOS POBLACIONALES APLICADOS A LOS TRIATOMINAE Nicolás Jaramillo O.; Harling Caro-Riaño; Edison Mejía; Jaime Moreno, Christopher John Schofield; Jean-Pierre Dujardin	165
SUCESIÓN DE INSECTOS CARROÑEROS EN CERDO BLANCO ( <i>Sus scrofa</i> ) Marta Wolff; Alejandro Uribe	177
<b>SIMPOSIO AVANCES EN EL MANEJO DE PLAGAS EN YUCA</b>	
LAS PLAGAS PRINCIPALES DEL CULTIVO DE LA YUCA: UN PANORAMA GLOBAL Anthony C. Bellotti	189
EL POTENCIAL DE CONTROL BIOLÓGICO EN EL MANEJO DE LAS PLAGAS DE LA YUCA E. L. Melo	219
CONTROL DE PLAGAS DE LA YUCA ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) POR RESISTENCIA VARIETAL Bernardo Arias V.; José María Guerrero	243
EL POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA PARA CONTRIBUIR AL MANEJO DE PLAGAS EN LA YUCA Paul Chavarriaga; Roosevelt H. Escobar; Joe Tohme	261
LAS DEFENSAS NATURALES EN LA YUCA A LAS PLAGAS ARTROPODAS Calatayud, P.A. ; Múnera, D.F	265





	pág.
MANEJO DE LAS PLAGAS DE LA YUCA EN PLANTACIONES GRANDES DE VENEZUELA Rafael Laberry	273
 <b>SIMPOSIO</b>	
<b>NUEVOS APORTES A LA INVESTIGACIÓN SOBRE ESCARABAJOS Y CHISAS</b>	
AVANCES EN EL ESTUDIO DE CHISAS RIZOFAGAS (COLEÓPTERA-MELOLONTHIDAE) EN COLOMBIA, OBSERVACIONES SOBRE LOS COMPLEJOS REGIONALES Y NUEVOS PATRONES MORFOLÓGICOS DE LARVAS Luis Carlos Pardo Locarno	285
AVANCES EN EL ESTUDIO MORFOLOGICO DEL COMPLEJO CHISA (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE COLOMBIA Fernando Vallejo; Miguel Angel Morón; Sergio Orduz P.	307
MORFOLOGÍA DE <i>Bacillus popilliae</i> DUTKY NATIVO PROVENIENTE DE CHISAS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO Juan Humberto Guarín Molina	329
RECONOCIMIENTO DE ENEMIGOS NATURALES DE CHISAS RIZOFAGAS (Col: Melolonthidae) DEL CULTIVO DE YUCA ( <i>Manihot sculenta</i> Krantz) EN TRES MUNICIPIOS DE LA ZONA DE LADERA DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Jorge Andrés Victoria Taborda ; Luis Carlos Pardo L	343
CONTRIBUCIÓN AL RECONOCIMIENTO DE ESPECIES DE ESCARABAJOS (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA) EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. Francisco C. Yepes R. ; Luis Carlos Pardo L. ; Cristo Rafael Pérez C.; John Alveiro Quiroz G.	351



**CONFERENCIAS  
MAGISTRALES**



# IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD EN EL DESARROLLO DE VARIEDADES DE PLANTAS RESISTENTES A INSECTOS PLAGAS<sup>1</sup>

Mario Lobo Arias<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

La Biodiversidad, la cual se refiere a todas las formas de vida e incluye varios niveles, como son: diferencia en ecosistemas, variabilidad de especies dentro de ecosistemas y variantes genéticas presentes a nivel de las taxa, se ha señalado que originó la agricultura productiva y eficiente, la cual es la base de las sociedades modernas exitosas (CAST, 1999), adicionándose que, ésta es la fuente a partir de la cual se originaron los animales utilizados para alimentación humana, todos los cultivos y polinizadores de éstos, los controladores biológicos de plagas, muchos insecticidas agrícolas y productos farmacéuticos.

La diversidad biológica, a través de los ecosistemas, presta numerosos servicios ambientales, esenciales para la agricultura, incluyendo la creación de suelos y la renovación de la fertilidad de los mismos (CAST, 1999). Adicionalmente se ha indicado que la diversidad genética es una forma de seguro contra las incertidumbres, siendo la base para la seguridad alimentaria (IPGRI, 1998). Dentro de esta diversidad se encuentran los atributos genéticos para solucionar problemas de la producción agrícola, incluyendo aquellos de resistencia a insectos plagas.

Los daños causados por insectos, tienen impacto económico tanto en los productores como en los consumidores, por el reflejo que tienen los mismos en el costo de producción de los alimentos y productos agrícolas y en el precio de éstos a nivel de los mercados. Para evitar las pérdidas ocasionadas por los insectos plagas, se han utilizado y aun se emplean productos químicos, lo cual se vio favorecido por la disponibilidad de insecticidas de amplio espectro y de bajo costo (Smith, 1989). Lo anterior trajo como secuela una serie de aspectos negativos como son: eliminación de insectos benéficos, desarrollo de resistencia a los insecticidas, incremento en los costos de producción, contaminación ambiental, envenenamiento de operarios agrícolas (Panda y Khush, 1995; Smith, 1989), efectos teratogénicos y cancerígenos en poblaciones rurales, residuos de pesticidas en los alimentos y contaminación de acuíferos.

---

<sup>1</sup> Conferencia presentada en el XXVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, Medellín, Julio 26 de 2000.

<sup>2</sup> I.A., M.Sc., Ph.D. Investigador Titular, Programa de Recursos Genéticos Vegetales y Biotecnología, CORPOICA, C.I. "La Selva, Rionegro, Antioquia. A.A. 470, Rionegro Antioquia. E-mail: pnrgv@epm.net.co



Para disminuir la dependencia de pesticidas, se desarrolló la metodología del Manejo Integrado de Plagas (MIP), la cual tiene una aproximación ecológica, combinando resistencia a plagas, por parte de las plantas, con métodos de control biológicos, culturales y químicos que buscan mantener los niveles de insectos plagas por debajo de umbrales de daño económico (Panda y Kush, 1995), señalándose que la resistencia por parte de los hospedantes a los insectos es la base del MIP, por su compatibilidad con otros métodos de control, siendo el componente de mayor efectividad, la tecnología más barata y la más fácil de introducir (Panda y Khush, 1995; Smith, 1989).

La resistencia de las plantas al ataque por parte de los insectos ha sido reconocida como uno de los métodos de control de plagas más antiguos (Panda y Khush, 1995), señalándose que luego de la introducción en 1776 del *Phytophaga destructor*, se reportó resistencia al insecto, en trigo, en el año de 1785, aspecto que fue sistemáticamente estudiado en el estado de California, USA, por Wickson (1886), Woodworth (1891) y Kellner (1892), citados por Painter (1968), quien además señaló que, algunas de las variedades indicadas por los investigadores anteriores, seguían presentando niveles de resistencia al insecto al cabo de medio siglo. El mismo autor (Painter, 1968), indicó que a mediados del siglo XIX se encontró que algunas vides americanas eran resistentes al *Phylloxera vitifoliae*, plaga de gran incidencia en Europa, lo cual sirvió de base para el desarrollo de la metodología de control mediante el injerto de los materiales europeos en los patrones norteamericanos resistentes.

En las últimas décadas ha habido un interés creciente en la utilización de los mecanismos de resistencia a insectos por parte de las plantas como uno de los procedimientos de control de plagas, centrándose gran parte de la investigación en mecanismos de resistencia, factores que afectan la expresión de ésta, evaluación de la misma en materiales vegetales y métodos de mejoramiento para introducción de factores de resistencia, con un gran énfasis, en los últimos diez años, en las áreas de genética de la resistencia a insectos e ingeniería genética, como resultado de los desarrollos que han ocurrido en las técnicas moleculares (Smith, 1997).

El cambio de paradigma del modelo de la revolución verde, el cual tenía un enfoque productivista, con alto uso de insumos externos, a un modelo de agricultura sostenible y sana, señala la importancia de la diversidad genética como componente de las metodologías de control de insectos plagas. Para el cumplimiento del objetivo anterior, las colecciones de germoplasma, debidamente caracterizadas en sus atributos constitutivos y aquellos específicos, relacionados con resistencia a plagas, cobran relevancia. Adicionalmente, los métodos biotecnológicos relacionados con la posibilidad de movimiento de características genéticas de individuos filogenéticamente distantes amplía las posibilidades y perspectivas de la biodiversidad, creando a su vez nuevos aspectos a ser tenidos en cuenta y estudiados como son los relacionados con aspectos de bioseguridad.



En la presente ponencia se pretende discutir el potencial de utilización de la variabilidad genética para el desarrollo de variedades con resistencia al ataque de insectos, algunos mecanismos utilizables para la obtención de materiales resistentes, y ejemplos de procesos de resistencia a insectos realizados en el país.

## **MECANISMOS DE RESISTENCIA A INSECTOS PLAGA**

La resistencia a insectos por parte de las plantas fue definida por Painter (1968) como la cantidad relativa de atributos heredables que posee una planta, los cuales determinan el grado de daño producido por los insectos a nivel de campo. El mismo autor clasificó la resistencia en tres categorías: No preferencia, antibiosis y tolerancia. Painter, definió la no preferencia como el conjunto de características de la planta y respuestas del insecto que producen como efecto que, éste, no utilice una especie o un genotipo en particular para oviposición, alimento, techo o cualquier combinación de estas acciones. El término antibiosis fue propuesto por Painter (1941, 1968) para aquellos efectos adversos sobre el ciclo de vida del insecto, derivados de la utilización de la planta como alimento, definiendo el autor (1968), la tolerancia como un tipo de resistencia en el cual la planta tiene la capacidad de crecer, reproducirse y reparar, en alto grado, los daños causados por poblaciones de insectos que, en huéspedes susceptibles producirían pérdidas considerables.

Kogan y Ortman (1978), señalaron que la no preferencia y la antibiosis están relacionados con la presencia de reacciones alelopáticas entre la planta y la fauna herbívora, en contraste con la tolerancia, la cual es una adaptación de la planta a las presiones de los herbívoros, siendo esta independiente de la respuesta de los insectos. Dado que el término no preferencia se refiere a una respuesta de comportamiento del insecto con relación a la planta y no a un mecanismo de resistencia por parte del hospedante, Kogan y Ortman (1978), propusieron el término antixenosis para definir las propiedades de las plantas responsables de la no preferencia. La antixenosis se refiere a los factores biofísicos o bioquímicos o a la combinación de éstos que tiene influencia en el comportamiento de los insectos impidiendo o disminuyendo la colonización de la planta por parte de éstos (Panda y Khush, 1995).

Se ha indicado Smith (1997), que los mecanismos de defensa de las plantas evolucionan en forma incremental y probablemente proporcional a la clase y cantidad de daño infringido por los herbívoros. Entre los atributos de esta índole se encuentran características morfológicas, físicas o estructurales que interfieren con el apareamiento, la oviposición, la alimentación y la digestión de los alimentos (Panda y Khush, 1995).

Smith (1997), señaló que las plantas pueden producir repelentes como mecanismo de defensa, los cuales reducen el contacto entre el insecto y la planta hospedante. El mismo autor agregó que, los mecanismos de defensa también pueden incluir una alteración en los procesos metabólicos que afectan la biología de los insectos, lo cual incluye defensas

bioquímicas y biofísicas de la planta al igual que factores nutricionales. Smith (1997) anotó que, luego de alimentarse los insectos en plantas con resistencia, se pueden producir diferentes efectos, entre los cuales se encuentran: muerte de ínstaes tempranos debido a propiedades antibióticas de la planta, disturbios fisiológicos tales como tamaño y peso reducidos de larvas y ninfas, disturbios morfogenéticos tales como formación precoz de larvas o pupas o poblaciones reducidas de insectos, continuidad en reservas alimentarias pobres en valor nutritivo, lo cual reduce la habilidad de supervivir de la población insectil y la ocurrencia de varias anomalías de índole fisiológico y de comportamiento.

## **DIVERSIDAD GENÉTICA Y LA PRODUCCIÓN DE VARIEDADES RESISTENTES A PLAGAS**

La diversidad genética es esencial para el desarrollo de las especies cultivadas. Muchos de los avances en la agricultura se derivan de la selección y desarrollo de nuevos cultivos y de los refinamientos genéticos en dichas especies (CAST, 1999). Una parte considerable de los cultivos sembrados en el presente fueron raros o inexistentes hace pocos siglos y el desarrollo de alternativas más productivas y el reemplazo de las más ancestrales ha venido ocurriendo por milenios (CAST, 1999). En el presente, 80 cultivos de especies vegetales representan alrededor del 90% de los alimentos de origen vegetal, correspondiendo 3 de ellos: arroz, maíz y trigo a aproximadamente el 60% de este tipo de alimentos (FAO, 1996). A pesar de las cifras anteriores es conveniente señalar que se calculan alrededor de 7000 las especies vegetales que se siembran o son empleadas como alimentos.

Una base genética amplia es indispensable para el éxito de programas de producción de variedades con cualquier finalidad. Dicha variabilidad está constituida, en cada especie, por los materiales del complejo maleza-silvestre y los domesticados de la especie cultivada, y las taxa relacionadas (con sus formas del complejo maleza-silvestre y domesticadas), Además dentro de los domesticados existen diferentes categorías de materiales como son: variedades de agricultor, variedades obsoletas, variedades mejoradas y materiales de los programas de mejoramiento.

Dados los procesos de erosión genética en marcha en el mundo, se ha colectado una parte de la variabilidad genética, privilegiando especies importantes desde el punto de vista económico y los materiales domesticados, con los cuales se han conformado las llamadas colecciones *ex situ*, encontrándose en éstas alrededor de seis millones de materiales (FAO, 1996), de los cuales un 10% están en los Centros del Grupo Consultivo de Agricultura Internacional, CGIAR. De las anteriores, las correspondientes a las colecciones mundiales de frijol, yuca y forrajeras se encuentran en Colombia en el CIAT..



Para que la variabilidad genética sea aprovechable en programas de mejoramiento es necesario tener adecuadamente caracterizado el germoplasma de las colecciones, convirtiendo el mismo en un recurso genético a partir de un recurso biológico. Al respecto, se ha reconocido que dos de los factores que han limitado la utilización del germoplasma han sido: por un lado la falta de conocimiento de las características presentes en el mismo debidamente documentadas y por otro la transferencia de éstas a partir de materiales del complejo maleza-silvestre y con bajo o nulo grado de mejoramiento a cultivares comerciales. En el primer caso, se precisa adelantar procesos de caracterización general y específica, siendo reconocido el trabajo insuficiente que se ha realizado a este nivel, aun en el caso de la descripción de características morfológicas, lo cual fue puntualizado en el primer informe global del estado de los recursos genéticos (FAO, 1996). En el segundo caso se requiere realizar procesos de hibridación interespecífica o premejoramiento, que en muchos casos están fuera del alcance de los mejoradores por las técnicas requeridas para tal fin o que éstos no quieren llevar a cabo las hibridaciones por lo demorado de los procesos y porque los mismos implican procesos tediosos de eliminación de atributos indeseables ligados a los genes de resistencia.

Lo anterior señala que, en el caso de búsqueda de resistencia a insectos, es necesario caracterizar adecuadamente el tipo de resistencia, lo cual puede ser asistido por información disponible a nivel de las colecciones de germoplasma, partiendo de los datos llamados de pasaporte, los cuales corresponden a las condiciones del sitio de origen del germoplasma. Los datos de pasaporte, sirven para seleccionar los materiales para los procesos de evaluación con base en que los mismos hayan estado sometidos a presión por parte de los insectos dañinos, buscándose por este medio aprovechar el grado de coevolución que se haya presentado entre el hospedante y la plaga.

Igualmente, para la transferencia de la resistencia es fundamental conocer la herencia y heredabilidad de la misma, la cual puede ser controlada por genes mayores u oligogenes, presentándose, en este caso, una relación entre los genes de resistencia del hospedante y los genes de "virulencia" del insecto (Panda y Khush, 1995, Robinson, 1996). La ventaja de este tipo de resistencia, llamada vertical, es que es más fácil de transferir y que da un mayor grado de resistencia, presentando como desventajas que la misma ejerce una presión selectiva sobre el insecto lo que puede llevar al desarrollo de biotipos de insectos resistentes (Panda y Khush, 1995) o al aumento de poblaciones pre-existentes con genes de resistencia, las cuales inicialmente se encontraban en bajas frecuencias.

El concepto gene a gene, desarrollado en la discusión de mecanismos de resistencia a enfermedades, se pudo comprobar a nivel de insectos en la especie *Phytophaga destructor*, en la cual se encontraron cinco loci de virulencia por parte del insecto y cinco genes de resistencia correspondientes en trigo (Panda y Khush, 1995).

La resistencia también puede ser condicionada por una serie de genes menores o poligenes, cada uno de los cuales contribuye de manera pequeña a la expresión de la



misma, siendo más estable que la resistencia vertical. Se ha señalado que la resistencia horizontal es cuantitativa y opera después que el insecto ataca, siendo esto evidente cuando se ha perdido la resistencia vertical (Robinson, 1996), en caso de que los poligenes de resistencia estén presentes en la planta.

Los desarrollos biotecnológicos correspondientes a marcadores genéticos e ingeniería genética han dado herramientas importantes para hacer más eficientes los programas de introducción de características de resistencia a insectos plagas, las cuales generalmente se encuentran en materiales silvestres o en variedades de agricultor.

La utilización de marcadores isoenzimáticos y moleculares en programas de introgresión genética por medio de retrocruzamientos, se ha considerado como la aplicación más concreta de éste tipo de tecnología (Ferreira y Grattapaglia, 1998), en especial de los marcadores moleculares. Adicionalmente, el uso de marcadores moleculares permite la selección de individuos que además de poseer el gene que se desea introgresar, presentan una mayor proporción del genotipo recurrente (Young y Tanksley, 1988), reduciendo así el número de generaciones de retrocruzamiento necesarias para el desarrollo de las variedades (Ferreira y Grattapaglia, 1998).

Los desarrollos biotecnológicos en el área de la Ingeniería Genética han ampliado la utilización de la variabilidad genética ya que se ha posibilitado la introducción de genes, existentes en especies distantes, a materiales cultivados, entre las cuales es imposible lograr transferencia de estas características por vía de cruzamientos convencionales. Es así, como se ha logrado transferencia de atributos genéticos entre procariotes y eucariotes y aún entre animales y vegetales. Adicionalmente, las metodologías permiten la introducción específica del gene con la característica buscada, eliminándose la mezcla de genomas del genotipo recurrente con el donante (Mayer, 1998), que toma lugar en el mejoramiento convencional.

La Ingeniería Genética ha tenido amplia aplicación en especies vegetales en la obtención de plantas resistentes a plagas y enfermedades, lo cual incluye la introducción de segmentos de DNA clonados, a partir de plantas, animales o bacterias a otro genoma, debiendo ser la planta transgénica fértil y normal (Lai y Lal, 1993, citados por Smith, 1997).

La producción de plantas transgénicas implica una serie de etapas que deben cumplirse, como son: el atributo debe ser seleccionado y el gene o genes codificando la característica identificados y aislados del organismo donante, el gene funcional debe incluir segmentos regulatorios que le permitan una expresión adecuada en la planta recurrente y el gene aislado debe ser transferido directamente o insertado en un sistema vector (Lai y Lal, 1993, citados por Smith, 1997).

A nivel de utilización de metodologías de la ingeniería genética, se destaca la producción de plantas transgénicas con insertos derivados de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, microorganismo que produce proteínas tóxicas conocidas como endotoxinas, las cuales pueden ser activas solo contra lepidópteros, dípteros o coleópteros, habiendo sido reportadas cepas que producen toxinas con actividad contra lepidópteros y dípteros, o lepidópteros y coleópteros (Realpe *et al*, 1998). Las endotoxinas del microorganismo son codificadas por genes localizados en plásmidos de 40 a 150 MDa (Agaisse y Lereclus, 1996).

Los genes anteriores han sido introducidos a un número considerable de plantas con importancia económica (Gelrnter y Schwab, citados por Realpe *et al*, 1998), lo cual ha enfrentado problemas derivados de la transferencia de información genética de un organismo procarionte a individuos eucariotes, señalando Realpe *et al* (1998), que el número de plantas transformadas con estos genes va en aumento y que en la mayoría de los casos se han tenido que modificar los genes truncados a la usanza del código genético de las plantas para lograr alcanzar los niveles de expresión y actividad deseables y conferir, de esta manera, protección a las plantas contra el ataque de los insectos.

Duvick (1996), señaló que, en países como Estados Unidos de América, el cual es uno de los líderes en desarrollos biotecnológicos, los procedimientos de ésta índole utilizados por los fitomejoradores, han buscado incrementar la eficiencia de métodos tradicionales, con énfasis particular en la resistencia a enfermedades y plagas y en la obtención de variantes nuevas de tolerancia a herbicidas. El autor reseñó entre los logros importantes, hasta la fecha del reporte, la identificación de genes nuevos para resistencia a insectos y la incorporación de los mismos en genomas vegetales por medio de transformación genética.

Con relación a las plantas transgénicas que incorporan genes de resistencia derivados del *Bacillus thuringiensis*, se ha indicado que los insectos tienen el potencial de romper la resistencia ya que la planta mantiene una presión constante selectiva sobre las plagas (Whalon, 1996). Lo anterior está en concordancia con lo que ocurre con las plantas que presentan resistencia vertical codificada por genes mayores y obtenida a través de procesos de mejoramiento convencional.

Con el fin de mantener la efectividad de los transgenes, se han diseñado estrategias que incluyen: 1. Diversificación de las fuentes de mortalidad, esto implica la introducción simultánea de genes que codifican diferentes toxinas, 2. Reducción de la presión de selección mediante el uso de refugios, siendo importante reducir la posibilidad de transferencia del gene de resistencia a las poblaciones susceptibles, lo cual puede conducir a rompimiento de la resistencia en la planta transgénica. 3. Precisión y monitoreo de la resistencia, lo cual señala la necesidad de muestreo de poblaciones insectiles para determinar su capacidad de daño en plantas resistentes y 4. Implementación de políticas que consideren todos los puntos anteriores (Whalon, 1996).



## TRABAJOS DE RESISTENCIA GENETICA A INSECTOS EN PLANTAS REALIZADOS EN COLOMBIA

Sin pretender realizar una revisión exhaustiva sobre el tema, se incluyen, como ejemplo del tipo de trabajos que se vienen realizando en el país, investigaciones referenciadas relacionadas con resistencia genética a insectos, siendo de anotar que éste objetivo del mejoramiento ha sido menos abordado que otros como: productividad, adaptación, estabilidad, características cualitativas y resistencia a enfermedades.

Lobo, *et al* (1987a, 1987b), evaluaron la resistencia a la mosca blanca de los invernaderos en 20 accesiones de la especie *Lycopersicon pennellii*, relacionada con el tomate y 15 del taxón *L. hirsutum*. Los autores encontraron que 25 de los materiales de *L. pennellii*, al cabo de 10 días, exhibían un porcentaje de mortalidad de la mosca blanca significativamente superior al testigo del tomate común incluido, cv. 'Licato', con valores de mortalidad del 100% en 6 de ellas. Los resultados señalaron una estrecha relación entre la densidad de tricomas tipo IV en el envés de la hoja y la mortalidad del insecto. En el caso de la especie *L. hirsutum*, se apreciaron diferencias significativas en mortalidad del insecto entre materiales evaluados, con valores que oscilaron entre el 17.8% y el 100%, siendo destacable el hecho de que en los materiales LA 1362 y PI 12786, no se presentaron estadios posteriores de desarrollo de la mosca.

Posso *et al* (1989), en un estudio de caracterización de la proteína arcelina, polipéptido encontrado en algunas poblaciones de fríjoles silvestres mexicanos, resistentes al *Zabrotes subfaciatus*, concluyeron que ésta estaba asociada con la resistencia, la cual era del tipo antibiosis. Los autores señalaron que la presencia de arcelina, que sirve como marcador de la resistencia, era condicionada por un gene mendeliano simple, el cual puede ser incorporado a fríjoles cultivados mediante programas de retrocruzamiento. En la misma línea de trabajo, Posso *et al* (1992), encontraron 4 isoenzimas de arcelina, de las cuales 2 servían como marcadores de resistencia, pudiendo ser utilizadas las mismas en programas de transferencia de la resistencia a materiales de fríjol a través de retrocruzamientos.

Cardona y Cortés (1991), reportaron avances en la obtención de líneas de fríjol tolerantes a lorito verde, lo cual, de acuerdo con los autores, da bases para el adelanto de un programa de manejo integrado del insecto. Cortés *et al* (1996), indicaron que dos líneas de fríjol seleccionadas por tolerancia al *Empoasca krameri*, mostraron daños consistentemente inferiores a los presentados por materiales susceptibles, con relaciones costo beneficio, por parte de las líneas mejoradas resistentes, 1.4 y 2.5 veces superiores a las del testigo susceptible.

Valencia y Bohórquez (1994), evaluaron la resistencia genética al gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax*, en nueve cultivares comerciales y 13 clones de la Colección

Central Colombiana, obteniendo como resultado una alta susceptibilidad al daño causado por las larvas en todos los materiales incluidos en el estudio.

Pardey, *et al* (1996), en un estudio de caracterización de la resistencia al daño mecánico causado por *Tagosodes orizicolus* en arroz, propusieron un modelo de resistencia dependiente de un gene dominante, con efectos modificadores por parte de otro gene que interfiere en mayor o menor grado en la expresión de la resistencia.

Sotelo, *et al* (1998), desarrollaron una metodología para evaluación de resistencia al salivazo de los pastos *Aeneolamia varia*, la cual demostró alta eficiencia con relación a procedimientos anteriores, con ahorro de tiempo, de espacio y de recursos materiales, posibilitando, la instrumentación, evaluar daños causados por ninfas, lo cual no era posible con las metodologías anteriores. Adicionalmente, los autores señalaron que, el procedimiento permitía incrementar el número de genotipos evaluados por año de 300 a 2000, sin problemas de contaminación con otros organismos, siendo posible la utilización del procedimiento con otras especies de salivazo.

Fory *et al* (1998), realizaron estudios, los cuales buscaban, mediante el empleo de técnicas moleculares basadas en visualización diferencial del ácido ribonucleico (ARN), desarrollar procedimientos para la identificación y caracterización de factores moleculares relacionados con la resistencia a insectos. Los autores, trabajaron con genotipos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) resistentes y susceptibles a *Acanthoscelides obtectus*. El trabajo es importante ya que se incursiona en procedimientos que han sido poco empleados en el área de resistencia a insectos, pudiendo brindar resultados que permitan aislar los genes que codifican el o los factores involucrados en resistencia.

Adicionalmente a lo anterior, es de gran importancia la incursión de investigadores colombianos en estudios con *Bacillus thuringiensis* y especies relacionadas del mismo género, las cuales poseen los genes Cry responsables de resistencia a insectos, en aspectos tales como: caracterización molecular de cepas (Hernández *et al*, 1997), caracterización de los genes de las toxinas del microorganismo (Restrepo *et al*, 1996), clonaje y expresión de genes que codifican las toxinas (Restrepo *et al*, 1997) y relaciones del ADN plasmídico y la actividad larvicida de cepas nativas (Dussán, *et al*, 1997). Lo anterior da bases al desarrollo de programas de producción de plantas transgénicas con resistencia a insectos, cuando la misma no pueda ser ubicada dentro del genoma de las especies recurrentes, brindando una herramienta fundamental para la implementación de programas de manejo integrado de plagas.

## CONCLUSIONES

- El cambio del enfoque de la revolución verde al de sostenibilidad y producción sana, señala la necesidad, en el caso de control de insectos plaga, del desarrollo de



modelos de Manejo Integrado, de los cuales un componente importante es la resistencia por parte de las plantas a dichos insectos.

- Lo anterior implica la utilización de características genéticas que codifican resistencia a los insectos.
- Dicha variabilidad puede estar presente en genotipos de la especie sujeto de mejoramiento, en taxa vegetales relacionadas a ésta o distantes, o aún en entes biológicos más distantes como son los microorganismos.
- En el primer caso la identificación de resistencia, la categorización de los mecanismos de resistencia y la caracterización genética del atributo es de capital importancia para el delineamiento de programas de mejoramiento tendientes a la obtención de variedades resistentes.
- La utilización de marcadores isoenzimáticos o moleculares hace más eficientes los procesos de mejoramiento, permitiendo seleccionar, en forma rápida los individuos portadores de resistencia e identificar el grado de introgresión de los genotipos recurrentes por parte de los donantes de características de resistencia.
- Los procedimientos de Ingeniería Genética permiten ampliar el ámbito de posibilidades de transferencia de características de resistencia entre entes biológicos alejados genéticamente. Para que lo anterior se cumpla, es necesario tener en cuenta protocolos de bioseguridad antes de liberar los genotipos transgénicos.
- Todo lo anterior puntualiza la necesidad de contar con colecciones con amplia variabilidad y diversidad genéticas, tanto de especies vegetales, como de microorganismos con atributos genéticos con acción nociva sobre insectos.

## BIBLIOGRAFIA

AGAISSE, H.; LERECLUS, D. 1995. How does *Bacillus thuringiensis* produce so much insecticidal crystal protein?. *Journal of Bacteriology*. 177: 6027-6032.

CARDONA, C.; CORTES, M.L. 1991. Evaluación económica de la tolerancia de variedades de frijol al lorito verde *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 17:19-23.

CORTES, M.L.; CARDONA, C.; DUQUE, M.C. 1996. Medición de la tolerancia en líneas de frijol mejoradas por resistencia al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 22:45-51.

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (CAST). 1999. Benefits of Biodiversity (Tilman, G.D., et al. (Edits). CAST. <http://www.cast-science.org/biod/biod.htm>

- DUSSAN, J.; ANDRADE, D.; LOZANO, L. 1997. Relación de ADN plasmídico y actividad larvica en cepas nativas de *Bacillus sphaericus*. Revista Colombiana de Entomología. 23:103-106.
- DUVICK, D.N. 1996. Utilization of biotechnology in US plant breeding. Monitor No 27:15-17.
- FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. EMBRAPA. Brasilia, D.F., Brasil. Pp. 221.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1996. Report of the State of the World's Plant Genetic Resources. Prepared for the IV Technical Conference on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Leipzig, Germany, June 17-26. FAO Rome, Italy.
- FORY, L.F.; ANGEL, F.; THOME, J.; CARDONA, C.; ROCA, W. 1998. Avances en la identificación y caracterización de los factores moleculares relacionados con la resistencia de *Phaseolus lunatus* a *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). Revista Colombiana de Entomología. 24:43-48.
- HERNANDEZ, J.; MARIÑO, L.; OROZCO, M.L.; NARVAEZ, J. 1997. Uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa para caracterizar aislamientos nativos de *Bacillus thuringiensis*. Revista CORPOICA. 2:1-9.
- INTERNATIONAL PLANT GENETICS RESOURCES INSTITUTE (IPGRI). 1998. Genetic diversity is essential for the long-term survival of all living species. Breeding Sheet No 1. IPGRI-FAO. Sp.
- KOGAN, M.; ORTHMAN, E.F. 1978. Antixenosis- A new Term Proposed to Define Painter's "nonpreference" modality of Resistance. ESA Bulletin 24:175-176.
- LOBO, M; BUSTILLO, A.; ESCOBAR, J.I.; PELAEZ, L.E. 1987. Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) resistance in accessions of *L. pennellii*. Tomato Genetics Cooperative Report No 37:50.
- LOBO, M; BUSTILLO, A.; ESCOBAR, J.I.; PELAEZ, L.E. 1987. Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) resistance in *Lycopersicon hirsutum*. Tomato Genetics Cooperative Report No 37:51.<sup>o</sup>
- MAYER, J. 1998. Editorial: La Agricultura del próximo milenio. Revista Colombiana de Biotecnología. 1:7-10.
- PAINTER, R.H. 1941. The economic value and biologic significance of insect resistance in plants. Journal Economic Entomology. 34: 360-367.
- PAINTER, R.H. 1968. Insect Resistance in Crop Plants. The University Press of Kansas, Lawrence and London. First paperback Edition. Pp. 520.
- PANDA, N; KHUSH, G.S. 1995. Host Plant Resistance to Insects. International Rice Research Institute, Philippines. Pp.431.
- PARDEY, C.; CUEVAS, F.; BAENA, D.; MARTINEZ, C. 1996. Caracterización de la resistencia al daño mecánico de *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Homoptera:Delphacidae) en doce cultivares de arroz (*Oryza sativa*). Revista Colombiana de Entomología. 22:37-43.
- POSSO, C.E.; CARDONA, C.; VALOR, J.F.; MORALES, H. 1989. Caracterización de una nueva proteína como factor responsable de la resistencia de *Phaseolus vulgaris* a *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera:Bruchidae). Revista Colombiana de Entomología. 15:3-9.



POSSO, C.E.; CARDONA, C.; VALOR, J.F.; MORALES, H.1992. Desarrollo de líneas de frijol resistentes al gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera:Bruchidae). Revista Colombiana de Entomología. 18:8-13.

REALPE, M.; MONTOYA, D.; ORDUZ, S. 1998. Reseña Bibliográfica. *Bacillus thuringiensis*: Legado para el siglo XXI. Revista Colombiana de Biotecnología. 1:11-27.

RESTREPO, N.H.; PATIÑO, M.M.; ORDUZ, S.; DIAS, T.; ROJAS, W. 1996. Caracterización de los genes de las toxinas de *Bacillus thuringiensis ssp. medellin*. Revista Colombiana de Entomología. 22:7-12.

RESTREPO, N.H.; GUTIERREZ, D.; PATIÑO, M.M.; THJERY, I.; DELECLUSE, A.; ORDUZ, S. 1997. Clonaje, expresión y toxicidad de un gen tóxico de *Bacillus thuringiensis* aukbsp. *medellin*. Revista Colombiana de Entomología. 23:97-101.

ROBINSON, R.A. 1996. Return to resistance: Breeding crops to reduce pesticide dependence. AgAccess, California, Pp.480.

SMITH, C.M. 1989. Plant Resistance to Insects: A fundamental Approach. John Wiley and Sons, New York. Pp 286.

SMITH, C.M. 1997. Host plant resistance to insects. <http://kali.usask.ca/bio364/essay97/sa97203/sa97203.html>

SOTELO, G.; CARDONA,C.;MILES, J.1998. Metodología para evaluación de resistencia de *Brachiaria spp* por resistencia al salivazo de los pastos (Homoptera: Cercopidae) en invernadero. Revista Colombiana de Entomología. 24:17-22.

VALENCIA, L.; BOHORQUEZ, C.1994. Tamizado de clones de papa por resistencia genética al gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustrache). Revista Colombiana de Entomología. 20:7-14.

YOUNG, N.D.; TANKSLEY, S.D. 1989. RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the *Tm-2* locus of tomato during backcross breeding. Theoretical and Applied Genetics. 77: 353-359.

**BIOSEGURIDAD**  
**UN NUEVO ESCENARIO DE CONFRONTACION INTERNACIONAL**  
**ENTRE LAS CONSIDERACIONES COMERCIALES MEDIO AMBIENTALES**  
**Y SOCIOECONÓMICAS**

Rafael H. Aramendis<sup>1</sup>

Las preocupaciones mundiales relacionadas con el uso seguro de las técnicas modernas de Biotecnología, que habían sido establecidas como instrumentos de aplicación netamente nacional por los países con mayor desarrollo en esta área del conocimiento, como los Estados Unidos o Inglaterra, vrg, las guías del National Health Institute, NIH de los EUA, se convierten en sólo una década (90s) en el centro de preocupación mundial por cinco razones fundamentales de tipo tecnológico, legal, ambiental, socioeconómico y ético.

Desde el punto de vista tecnológico-legal, el inusitado desarrollo de estas tecnologías superó los marcos regulatorios existentes e hizo necesario crear, adaptar o modificar legislaciones que fueran capaces de normatizar los nuevos avances de la Biotecnología.

En relación con los potenciales efectos ambientales se comenzaron a desarrollar los estudios tendientes a valorar el potencial efecto de las nuevas tecnologías sobre la salud humana, el medio ambiente y la productividad agropecuaria.

El centro de las preocupaciones socioeconómicas se concentró en analizar los potenciales efectos e implicaciones inherentes a la adopción de la(s) innovacione(s) tecnológica(s), en factores como la seguridad alimentaria, el desplazamiento de economías nacionales o regionales, la sustitución de los cultivos tradicionales por los provenientes de las nuevas tecnologías y los efectos de estos cambios, especialmente sobre comunidades marginales.

Desde la frontera ética se abordaron aspectos, como la aplicación directa de las tecnologías al ser humano para el diagnóstico, prevención o tratamiento de enfermedades, su relación de costo/beneficio y las consideraciones éticas relacionadas con el cuidado y la preservación del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Este artículo no compromete ni parcial ni totalmente la posición institucional de Colciencias ni de ninguna otra entidad nacional en torno a los temas analizados. Las opiniones son de absoluta responsabilidad de su autor. El autor ha sido miembro desde 1995 de las delegaciones colombianas que participaron en las sesiones de los grupos de Composición Abierta celebradas en el Cairo, Egipto (1995) y Montreal, Canadá (1997) y participó como miembro de la delegación oficial colombiana ante el sexto período de sesiones del Grupo de Bioseguridad celebrada en la ciudad de Cartagena de Indias en Febrero de 1999.



## ANTECEDENTES

Estas preocupaciones comienzan a manifestarse con fuerza en la Cumbre de la Tierra llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, en instrumentos como: la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la Agenda 21 y más específicamente en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. En este último, según lo dispuesto en su artículo 19.3, los países signatarios se comprometen a establecer la necesidad de contar con un instrumento jurídicamente vinculante, que incluyendo en particular el concepto del Consentimiento Fundamento Previo, regule lo relacionado con la transferencia, manejo y uso de los Organismos Vivos Modificados (OVMs), producto de la Biotecnología, que pudieran tener un efecto adverso sobre la conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica.

En seguimiento de este precepto la primera Conferencia de las Partes del Convenio (COP I) reunida en Nassau (Bahamas) en 1994 creó un grupo de expertos para estudiar la necesidad y las modalidades de un Protocolo jurídicamente vinculante, dicho grupo, reunido en el Cairo (Egipto) en 1995, recomendó el desarrollo de un marco jurídico internacional para todas aquellas actividades relacionadas con los (OVMs). La segunda (COP II) celebrada en Jakarta (Indonesia) en noviembre de 1995 estableció un Grupo de Trabajo Ad Hoc de Composición Abierta, para que, basado en las recomendaciones del Grupo de Expertos del Cairo, estableciera las modalidades de un Protocolo, cuyo ámbito se restringía al movimiento transfronterizo de los OVMs.

El Grupo Ad Hoc de Composición Abierta se reunió durante cinco períodos en Aarhus, Dinamarca (Julio 96) y en Montreal, Canadá (Mayo 97, Octubre 97, Febrero 98 y Agosto 98); el VI período de sesiones del Grupo de Trabajo se llevó a cabo en la Ciudad de Cartagena de Indias, Colombia del 14 al 19 de Febrero de 1999 y acto seguido (22 y 23 de Febrero), se tenía previsto realizar una sesión extraordinaria de la Conferencia de las Partes, que revisará el Protocolo para posteriormente abrirlo a la firma, tres meses después de su adopción.

A pesar de los ingentes esfuerzos realizados a través de casi cinco años de negociaciones y "reconociendo el hecho que aún persisten asuntos sin resolver, antes de la adopción del Protocolo", (UNEP/CDB/ExCOP/1/1.4), se decidió suspender la primera reunión extraordinaria de la Conferencia de las Partes y solicitar a su presidente y al Bureau, en consulta con la Secretaría Ejecutiva, decidir acerca de la fecha y lugar de una sesión especial de la primera Conferencia de las Partes del Protocolo a ser realizada lo antes posible y en ningún caso antes de la quinta Conferencia de las partes del Convenio de Biodiversidad.

¿Qué hechos llevaron a tomar esta decisión? ¿Cuáles fueron sus principales causas y actores? Este artículo pretende dar una visión resumida de los hechos que motivaron la necesidad de contar con un instrumento internacional en materia de Bioseguridad, así como de los principales elementos analizados durante el VI período de sesiones del grupo

de trabajo Ad-Hoc de Bioseguridad reunido en Cartagena. Adicionalmente, se hará una mención especial respecto al papel de Colombia frente al proceso de negociación del protocolo.

## **LAS CINCO PRIMERAS RONDAS DE NEGOCIACIÓN DEL PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD**

En las cinco primeras rondas de negociación del Protocolo de Bioseguridad, los temas centrales de discusión se concentraron mayormente en los aspectos técnicos de gestión y evaluación del riesgo, que permitían un transporte, manejo y uso de los OVMs en condiciones seguras para el hombre y el medio ambiente y solo se hacían algunas referencias tímidas en aspectos como las implicaciones socioeconómicas, las cláusulas de responsabilidad e indemnización en caso de daño o accidente, la capacidad institucional (Capacity Building) y el intercambio adecuado de información entre las partes (Clearing House Mechanism), siendo muy baja la existencia de consideraciones comerciales ligadas al desarrollo del Protocolo. En estas sesiones los grupos de negociación y sus actores se alineaban en tres bloques principales: los países desarrollados, el Grupo G-77 más China y los países con economías en transición.

## **EL SEXTO PERIODO O LA CUMBRE DE BIOSEGURIDAD DE CARTAGENA**

La sexta ronda de negociaciones del Grupo Ad Hoc de Composición Abierta reunida en Cartagena contó con la aparición de un nuevo escenario de negociación y un nuevo actor. El nuevo escenario estuvo representado por los países agrupados en cuatro bloques centrales de negociación; los **Países de Compromiso** representados por (Suiza, Japón, México, Corea del Sur, Noruega y Nueva Zelanda); los estados de **Europa Central y Oriental**; los llamados países **Like Minded** o naciones con intereses convergentes, que buscaban asumir la vocería de los Estados en desarrollo más China y la **Unión Europea** con Alemania como actor central. El nuevo actor es el llamado **Grupo de Miami** integrado por Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina, Chile y Uruguay).

En este período de sesiones, adicional a las consideraciones netamente técnicas propias del tema en análisis, se hizo evidente una muy fuerte tensión entre las consideraciones ambientales, comerciales y socioeconómicas. Alrededor de estos últimos tres elementos se distribuyeron los nuevos bloques y las estrategias de negociación y se generaron las alianzas que permitieron alcanzar consenso en buena parte del texto sometido a estudio; pero también, frente a los mismos se generaron las discrepancias, que finalmente no permitieron culminar con la adopción del instrumento.

Cada uno de estos actores tuvo posiciones y compromisos diferentes frente a la adopción del Protocolo. Los países de compromiso con Suiza y Noruega a la cabeza y fieles a su tradicional imparcialidad, abogaron por la adopción de un instrumento concensuado que recogiera los intereses de todos los estados involucrados; mientras que los Estados de



Europa Central y Oriental fungieron como nuevos miembros de la comunidad internacional de Bioseguridad.

Para los países **Like Minded** (Grupo del cual hace parte Colombia), el instrumento debería reflejar principalmente un adecuado balance entre los compromisos **ambientales y sociales**, acompañado por cláusulas que le imprimieran operatividad. Estas fueron las razones fundamentales que esgrimieron para buscar la inclusión en el Protocolo de elementos tales como el Principio de Precaución, el Acuerdo Fundamentado Previo, las cláusulas relacionadas con responsabilidad e indemnización y la consideración de los efectos socioeconómicos originados por la adopción de las nuevas tecnologías. Como cláusulas operativas proponían la adopción de mecanismos claros en materia de transferencia de recursos y tecnología, la construcción de capacidad institucional (Capacita Building) y la operación de un sistema de información como elemento central para el proceso de toma de decisiones (Clearing House Mechanism).

**La Unión Europea** buscaba un instrumento que reflejara un adecuado balance entre las consideraciones **medio ambientales y comerciales**, con elementos que le otorgaran viabilidad al desarrollo del instrumento. Propuso tomar las decisiones de evaluación de riesgo fundamentados, no solo en el conocimiento científico, sino también en el principio de precaución; y en elementos adicionales como las características de los OVMs y del ambiente receptor, la familiaridad con los mismos y el uso previsto. Propendía de la misma manera por la necesidad de que los OVMs sujetos al movimiento transfronterizo contarán con información acompañante y/o etiquetado. En relación con los aspectos comerciales buscaba una complementariedad con otros acuerdos multilaterales especialmente con los de la Organización Mundial de Comercio (OMC). Los elementos operativos los refería al desarrollo de capacidades institucionales bien fuera a través del fondo GEF (Global Environmental Facility) o mediante la aplicación de las Directrices Técnicas Internacionales sobre Seguridad de la Biotecnología del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El **Grupo de Miami** tuvo como principal posición frente al Protocolo **la prevalencia de las consideraciones comerciales frente a las ambientales y sociales** con la inclusión también de cláusulas operativas menores dentro del texto. Estas consideraciones netamente económicas se reflejaron en las posiciones adoptadas por el grupo que buscaban excluir del Protocolo los productos para alimentación humana o alimentos procesados más conocidos como commodities, así como los productos derivados de organismos modificados genéticamente (Productos thereof); restringir la aplicación del ámbito a aquellos OVMs destinados exclusivamente a liberación intencional en el país importador, no etiquetado para los OVMs; ninguna restricción frente al comercio con no partes y defendieron con especial ahinco el hecho de que el Protocolo no afectara en ningún caso los derechos y obligaciones derivados de otros acuerdos internacionales, en especial los relacionados con la Organización Mundial del Comercio. OMC.



Esta postura pudo originarse en el hecho de que cuatro de los miembros del grupo (Estados Unidos, Argentina, Canadá y Australia) manejaron entre 1997 y 1998, el 100% del área total de los cultivos transgénicos en el mundo (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Area total (millones de hectáreas) de cultivos transgénicos por país entre 1997 y 1998.

País	1997	%	1998	%
Estados Unidos	8.1	74	20.5	74
Argentina	1.4	13	4.3	15
Canadá	1.3	12	2.8	10
Australia	0.1	1	0.1	1
Otros	0.1	-1	0.1	-1
Total	11.0	100	27.8	100

Fuente: Clive James, 1998. En: Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1998. ISAAA Brifes No. 8, 1998.

El valor de estos mercados se incrementó desde 1995 a 1998 en aproximadamente 20 veces, pasando de 75 millones de dólares en 1995 a valores cercanos a los 1.2 a 1.5 billones de dólares en 1998 y la misma tendencia se refleja para los mercados futuros que se espera muestren una tendencia creciente hasta el año 2010 donde se prevé alcancen los 20 billones de dólares (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Ventas en los mercados mundiales de los cultivos transgénicos. Valores en millones de dólares entre 1995 y 1998

AÑO	VALOR MERCADO (miles y millones de dólares)
1995	US \$ 75 millones
1996	US \$ 235 millones
1997	US \$ 670 millones
1998	US \$ 1.2-1.5 billones
2000 (proyectado)	US \$ 3.0 billones
2005 (proyectado)	US \$ 6.0 billones
2010 (proyectado)	US \$ 20 billones

Fuente: Clive James, 1998. En: global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1998. ISAAA Brifes No. 8, 1998.

Los resultados frente al texto propuesto para análisis muestran que existió consenso en 24 artículos de 39 sometidos a consideración por parte de 128 delegaciones de 134 estados.

Dentro de los puntos en los cuales se logró llegar a acuerdos preliminares figuran: la inclusión de los efectos sobre la salud humana derivados del uso de los OVMs producto de la Biotecnología moderna, la aceptación de la notificación previa por parte del exportador, el uso de los procesos de gestión y evaluación de riesgos como elementos de la toma de decisiones en materia de Bioseguridad y la inclusión de cláusulas de responsabilidad y compensación. Como elementos facilitadores se permitió la inclusión de cláusulas de información confidencial dentro la documentación, la aceptación de algunos mecanismos financieros, la adopción de un sistema de información y el compromiso de fortalecer la formación de recursos humanos y la capacidad institucional en Bioseguridad.

Los temas frente a los cuales no se logró consenso son los referidos al artículo 5, en especial lo relacionado con la aplicación del acuerdo fundamentado previo para los commodities (con fines específicos de alimentación) y el artículo 31 relacionado con la vinculación del Protocolo con otros acuerdos internacionales, en especial el de la Organización Mundial de Comercio.

El anterior análisis muestra cómo la adopción de un Protocolo en materia de Bioseguridad superó el ámbito de las consideraciones netamente técnicas del transporte, manejo y uso de los OVMs, producto de la Biotecnología moderna y se situó principalmente en el centro de la confrontación entre comercio y medio ambiente, con algunas consideraciones menores en aspectos socioeconómicos puntuales. Se sitúa entonces la Bioseguridad, luego de la cumbre de Cartagena, en el centro de las tensiones de una pirámide cuyos vértices están constituidos por elementos comerciales, medio ambientales y socioeconómicos.

Esta dinámica de negociación, generó un nuevo escenario de confrontación para dos de los principales actores del proceso: la Unión Europea y los Estados Unidos que ya se habían enfrentado en temas de comercio y medio ambiente en relación con las protestas de los Estados Unidos frente al régimen europeo al comercio del banano y las restricciones europeas a las exportaciones de carne norteamericana proveniente de ganado alimentado con hormonas.

## **EL ROL DE COLOMBIA FRENTE AL PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD**

### **Los Antecedentes.**

Desde el inicio de los procesos de negociación internacionales tendientes a contar con un marco jurídico en materia de Bioseguridad, Colombia mantuvo una posición firme en defensas de la adopción de un instrumento multilateral de naturaleza jurídica vinculante que permitiera contar con reglas de juego claras en la materia. Esta posición fue esgrimida desde el mismo momento en que la Primera Conferencia de las Partes, COP I, celebrada en Bahamas, (1994) creó el Grupo Ad Hoc de Composición Abierta sobre la



Seguridad de la Biotecnología. Así, la actitud colombiana fue reconocida y valorada entre los países miembros del Convenio de la Diversidad Biológica, y de los futuros signatarios del instrumento, lo que valió para que un representante colombiano, el doctor Rodrigo Artunduaga del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), fuera seleccionado como miembro de un panel internacional de quince expertos que se encargaron de estudiar la naturaleza y modalidades del instrumento a ser adoptado.

La posición asumida por nuestro país frente a la naturaleza del instrumento, fue respaldada en muchas ocasiones por países como Malasia, Indonesia o la India y muchos otros, que comparten con Colombia la posesión de los recursos genéticos, base de la biotecnología moderna, pero que no cuentan con recursos financieros, humanos y tecnología suficiente y necesaria para explotarlos y usarlos de manera sostenible.

## **EL PROCESO REGIONAL**

En el ámbito regional el país fue líder en las posiciones presentadas por los países de la Comunidad Andina y supo capitalizar las instancias de discusión presentadas en el marco de los países miembros del Grupo Latinoamericano, GRULAC y del Grupo de los 77, G77 + China. Este mismo liderazgo regional se ha mantenido y aumentado desde 1997 y hasta la fecha, por intermedio de contactos y consultas previas como las realizadas con miras al V período de sesiones del Grupo Ad Hoc de Bioseguridad (Montreal, Junio de 1998), que bajo los auspicios del Programa Nacional de Biotecnología de Colciencias, consultó los puntos de vista de Colombia, Cuba y Ecuador frente a los textos propuestos; o como las efectuadas en el marco del Seminario Regional (Recursos Genéticos y Bioseguridad, Santafé de Bogotá, Diciembre de 1998) que con los auspicios de la Biotecnología de Colciencias, consultó las posiciones de países como Perú, Argentina y Venezuela frente al proceso de negociación de Cartagena.

## **LA DISCUSIÓN NACIONAL**

Si en el proceso de discusión internacional y regional la presencia del país fue destacada desde el mismo inicio de las negociaciones (1995), en el plano nacional era palpable la necesidad de aunar esfuerzos interinstitucionales que permitieran contar con un instrumento local (vrg. legislación nacional) que supliera la falta de normatividad internacional y que no nos enfrentaran a la cruda realidad de no poder acceder a las nuevas tecnologías por falta de una legislación interna eficaz. Atendiendo este llamado en 1997 y por expresa solicitud del Consejo del Programa Nacional de Biotecnología, su Secretaría técnica, (Programa de Biotecnología de Colciencias), con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente y el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA conformó tres grupos de trabajos (agrícola-pecuario; ambiente-industria y salud) interinstitucionales, en los que participaron las Universidades, Centros e Institutos de investigación y Ministerios involucrados con el fin de elaborar los lineamientos básicos de la legislación interna en Bioseguridad.



El primer grupo (agrícola-pecuario), que ya previamente venía trabajando en el tema, contó con la dirección y coordinación de la Subgerencia de Investigación y Políticas del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, el cual a través de la Unidad de Recursos Genéticos y Bioseguridad elaboró en 1997 un primer borrador de legislación nacional en materia de Bioseguridad, con énfasis en plantas transgénicas, documento que fue presentado, consultado y analizado con la comunidad académica, investigativa, sociedad civil y el sector privado, y que se convirtió finalmente, en diciembre de 1998 en las resoluciones 03492 de diciembre 22 de 1998 y en el Acuerdo 00013 de la misma fecha, por medio de los cuales se reglamenta y establece el procedimiento para la introducción, liberación y comercialización de Organismos Modificados Genéticamente de uso agrícola y se crea el Consejo Técnico Nacional (CTN) para introducción, liberación y comercialización de Organismos Modificados Genéticamente de uso Agrícola, respectivamente.

Si bien entonces, el país ya cuenta con una normatividad expresa en materia de regulación de los OVMs de uso agrícola, se hace muy urgente complementar esta legislación en sus elementos faltantes, los campos de la salud humana, el medio ambiente y la industria. Esta situación puede ser parcialmente solventada, si en los grupos de trabajo que en la actualidad coordina el Ministerio de Salud (marzo de 1999) con miras a introducir modificaciones al Código Sanitario Nacional se introduce un acápite especial para normatizar lo relacionado con Bioseguridad en productos provenientes de la Biotecnología moderna de aplicación en salud humana. Quedaría sin embargo por resolver cual es el órgano nacional competente para reglamentar los aspectos relacionados con el manejo, transporte y uso interno de los OVMs de aplicación en los campos medio ambientales e industriales, y las modalidades bajo las cuales se efectuarían estas reglamentaciones.

## **LA POSICIÓN DE COLOMBIA EN LA CUMBRE DE BIOSEGURIDAD DE CARTAGENA**

Muy pocas personas dentro de la comunidad académica, científica, de la sociedad civil o del sector privado e incluso de los medios de comunicación, a pesar de haber asistido, participado y/o informado acerca de la reunión de Cartagena se han preguntado el por qué fue aceptada y aprobada la postulación de Colombia para ser la sede del VI período de sesiones del Grupo Ad Hoc de Bioseguridad.

La respuesta es clara y se encuentra contenida en los párrafos previos, pero se destacan dos razones fundamentales de tipo estratégico para que este hecho se produjera. La primera se relacionó con el hecho que el Protocolo de Bioseguridad, primer instrumento de esta naturaleza dentro del Convenio de Biodiversidad, y uno de cuyos objetivos fundamentales es contribuir a garantizar la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica de los potenciales riesgos de la Biotecnología moderna, se adoptaría en uno de los países considerados como megabiobiosferas del planeta. La segunda razón radica en que Colombia desde 1995 tanto en el seno de la Conferencia de las Partes del CDB, como



en las reuniones preparatorias del Grupo de expertos, en las del Grupo de Composición Abierta y en el plano bilateral y multilateral regional mostró un compromiso firme tendiente hacia la adopción de un Protocolo que concertara los intereses de los diferentes países, lo que le valió para ser seleccionada como país anfitrión de la reunión.

No es entonces una simple coincidencia ni un azar que la reunión de Bioseguridad por razones de tipo estratégico, de liderazgo multilateral y regional, de firme y decidido compromiso técnico nacional y de voluntad política local se hubiera realizado en el Corralito de Piedra.

El Ministerio de Relaciones Exteriores en coordinación con un comité interinstitucional e interdisciplinario compuesto por miembros de los Ministerios del Medio Ambiente, Comercio Exterior, Agricultura y Salud; Colciencias; el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; Corpoica y el Instituto Alexander Von Humboldt lideró, concertó y consultó la posición de Colombia con miras a su participación en la reunión de Cartagena.

Tenía nuestra delegación una triple misión, la de fungir como anfitrión, presidente de la Conferencia de las Partes y país parte interesado en la adopción del Protocolo. Como anfitriones la posición de Colombia fue altamente valorada y reconocida lo que valió en la sesión final los reconocimientos y elogios de la totalidad de las delegaciones presentes. Colombia como presidente de la Conferencia de las partes, en cabeza del ministro del Medio Ambiente, Juan Mayr, fue altamente reconocida por su innegable imparcialidad, neutralidad y permanente búsqueda de consenso al interior de todos los bloques de negociación, elemento este que llevó a las delegaciones a solicitar que el mismo Ministro del Medio Ambiente de Colombia, continuara presidiendo las negociaciones durante su fase de reunificación, y que el Protocolo, en razón del innegable esfuerzo de Colombia para su realización, continuara manteniendo el nombre de nuestra heroica ciudad "Protocolo de Cartagena". Como país parte interesada el grupo interinstitucional apoyó dentro de los elementos claves del proceso de negociación: la inclusión del principio de precaución como eje vital del protocolo, la adopción de un mecanismo de acuerdo fundamentado previo para el movimiento transfronterizo de los OVMs, la inclusión de elementos relacionados con los mecanismos de responsabilidad y compensación y la valoración de los efectos socioeconómicos. También se abogó por una definición precisa respecto al tema de los productos derivados, la no inclusión de listas (OVMs detallados con efectos potencialmente positivos o negativos sobre el medio ambiente) dentro de los elementos de negociación. Respecto al comercio con no partes, Colombia solicitaba alentar a las no partes para que se adhirieran al Protocolo y entregaran información veraz y útil al mecanismo de información previsto (Clearing House Mechanism) y en relación con los aspectos vinculados a la relación entre el protocolo y otros convenios, nuestro país proponía referirlo al artículo 22 del Convenio de la Diversidad Biológica.

Dado que nuestro país va a continuar presidiendo el proceso de discusión, cabe preguntarse entonces qué rol asumirá y como podrá conciliar nuestros intereses con la innegable esperanza que 128 delegaciones han puesto en su presidente (Juan Mayr) y en el grupo negociador Colombiano.

Los intereses nacionales indican que es necesario reforzar y complementar la legislación nacional existente, máxime en una situación de transitoriedad mientras define si se adopta o no un Protocolo internacional. La adopción del Protocolo debe también tener en cuenta que de acuerdo con lo dispuesto en las decisiones andinas 345 o Régimen Común de Protección a los Obtentores de Variedades Regionales (disposición transitoria tercera) y 391 o Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos (disposición transitoria séptima), se solicita a los países miembros aprobar un régimen que "garantice la Bioseguridad de la Subregión" y a "iniciar los estudios respectivos, particularmente en lo relacionado con el movimiento transfronterizo de los OVMs producto de la Biotecnología", respectivamente.

Debe entonces nuestro país ser líder neutral en el proceso de reactivación de las negociaciones sin olvidar que deben salvaguardarse importantes intereses nacionales y subregionales.

## **EL FUTURO DE LA NEGOCIACIÓN**

Surgen varios interrogantes en relación con el proceso de reanudación de las negociaciones. ¿Cuándo y dónde se reanudarán? ¿qué mecanismo jurídico y viable se empleará para convocar la nueva etapa? ¿Conservarán los actores en el proceso que se inicia sus posiciones iniciales? ¿Qué tanto influyó la cumbre de Cartagena en los puntos básicos de discusión? ¿Se conservará el mismo escenario de negociación de Cartagena? ¿Se reabrirá a discusión todo el texto, tal y como se presentó previo a la reunión de Cartagena, o solo se abrirán aquellos puntos en los cuales no se logró consenso? ¿Podrán reconformarse los bloques de negociación expresados en el VI período de sesiones? ¿Cómo influirán otros foros internacionales, especialmente los agrícolas y comerciales, en el desarrollo de este Protocolo? ¿Cuál será el papel de Colombia como Presidente de la Conferencia?

Aunque se debe tener respuesta a la mayor parte de estos interrogantes antes de reiniciar el proceso de negociación, hoy es evidente, más que nunca, cómo la reanudación del mismo va a depender de los resultados de otros foros internacionales, en particular los de la OMC, en lo atinente, a las relaciones entre comercio y medio ambiente, y frente a los temas de Comercio de Productos agrícolas y de aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias de la OMC en una situación de no existencia de Protocolo de Bioseguridad jurídicamente vinculante. También es evidente que deberá seguirse muy de cerca la manera como evolucionarán las tensiones entre Europa y Estados Unidos en los temas de comercio y medio ambiente.



Adicionalmente en este período de transición, también será de capital importancia analizar la manera como las legislaciones nacionales y/o regionales podrán cubrir de manera amplia y suficiente la falta de un instrumento internacional de amplia aplicabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

Es innegable el papel protagónico que nuestro país está desempeñando en el ámbito de las negociaciones internacionales medio ambientales, en el marco del Convenio de la Diversidad Biológica; presidir el reinicio del proceso de negociación es nuestra clara y manifiesta de la confianza y seriedad que los países miembros del CDB han depositado en Colombia. Probablemente, nos despojaremos, ante el próximo período de sesiones, de nuestro papel de anfitriones y mantendremos nuestro rol de presidentes de la Conferencia y país parte. Seremos punto obligado de consulta y concertación en el tema, elemento, que si se continúa aprovechando con la eficiencia y neutralidad que se logró alcanzar en Cartagena, nos podrá convertir en un país tan importante como lo fue Japón en el desarrollo del Convenio de Kioto sobre Cambio Climático. El kioto Suramericano, por qué no?

Para cumplir este destacado rol podría ser necesario seguir alguna(s) de las siguientes acciones:

### **PLANO INTERNACIONAL**

Es urgente que por iniciativa de Colombia se retomen los contactos con la Secretaría del Convenio, CDB y con el Bureau con el fin de determinar las modalidades, procedimientos, fechas y lugar para reiniciar el proceso de negociación del Protocolo.

El país debe mantener y reforzar sus mecanismos de consulta bilateral y multilateral con gobiernos y autoridades designadas en el tema de Bioseguridad.

El reinicio de las negociaciones debe consultar cuidadosa y milimétricamente los resultados de otros foros internacionales, conexos con el tema, como los de la OMC en relación con comercio y medio ambiente, productos agrícolas, medidas sanitarias y fitosanitarias.

Es necesario revisar la manera como evolucionan los conflictos de intereses de dos de los principales actores en el proceso de negociación: Estados Unidos y la Unión Europea.

### **PLANO REGIONAL**

Colombia debería propiciar urgentemente el acercamiento de los países de la Comunidad Andina, con el fin de estudiar las modalidades y procedimientos que permitan dar

cumplimiento a lo dispuesto por las decisiones 345 y 391 respecto a la adopción de un Régimen Común Andino en materia de Bioseguridad.

## **PLANO NACIONAL**

La situación de interregno frente a la adopción de un instrumento internacional, le debe permitir al país revisar, adaptar y complementar su normatividad interna.

Como ya lo está efectuando la Subdirección de Organismos Multilaterales del Ministerio de Relaciones Exteriores es vital mantener la labor de excelente grupo técnico y humano que participó en el proceso de concertación y consulta de la posición de Colombia frente al Protocolo de Bioseguridad.

Los entes nacionales encargados de aplicar en forma directa las normatividades de Bioseguridad, ICA en el sector agropecuario y los que sean designados en el futuro como competentes en los sectores de salud y medio ambiente deben ser fortalecidos financiera y profesionalmente para que puedan cumplir a cabalidad una labor que no puede ser realizada con los instrumentos y recursos actuales.

Es necesario dar a conocer desde el más profundo análisis científico, a la sociedad en general, a auditorios especializados y a los medios de comunicación en particular, los beneficios y potenciales riesgos derivados de la utilización de las modernas biotecnologías que no lleven a "satanizar" los resultados de un privilegiado campo del conocimiento- como lo es la Biotecnología- que pueda aportar innumerables soluciones para la calidad y bienestar de vida del hombre colombiano.

## **BIBLIOGRAFIA**

ARAMENDIS H., Rafael y HODSON de JARAMILLO, Elizabeth. Biotecnología y bioseguridad. *En: Capacidad Nacional Actual para la Conservación y el Uso Sostenible de la Diversidad Biológica. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad.* Santafé de Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander Von Humboldt, 1998.

CLIVE, J. Global review of commercialized transgenic crops: 1998 (preliminary executive summary and principal tables). International Service for the Acquisition of Agri- Biotech. Applications. ISAAA Briefs. No. 8 - 1998. New York, 1998.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Acuerdo 0013 y Acuerdo 03492. Santafé de Bogotá: ICA, 1998.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, COLOMBIA. Convenio sobre diversidad biológica. Textos y Anexos. Ley 165 de 1994. Santafé de Bogotá: Instituto Humboldt, 1996.

MONTOYA, J. Informe de comisión. Santafé de Bogotá, Colombia: Ministerio de Relaciones Exteriores, 1999.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. VI Reunión del Grupo Ad Hoc sobre Bioseguridad. Sesión Especial de la Conferencia de las Partes de la Convención sobre Diversidad Biológica. Documentos. Cartagena de Indias: UNEP, 1999.





## HACIA UNA CAFICULTURA POST-MODERNA Y EL ROL DE LAS FAMILIAS RURALES Y LOS EXTENSIONISTAS

*En vez de convencer a los productores que cambien sus técnicas de cultivo, fortalezcamos la capacidad de la familia productora de café en su toma de decisiones*

Falguni Guharay<sup>1</sup>

25807

***¿Cómo es que un gran número de familias rurales va modificando las técnicas que emplean para producir?***

El café es la principal fuente de divisas en Centroamérica. Es también un cultivo importante en la conservación de cuencas y como refugio para una gran diversidad de flora y fauna silvestre. Miles de familias rurales cultivan café y otros miles de familias dependen del café para sostenerse económicamente, como trabajadores de campo, transportistas, comerciantes, procesadores y banqueros. En fin, el café es un cultivo primordial para la vida actual y futura de Centroamérica. De la misma manera, la tecnología de producción de café es importante para la economía, el medio ambiente y el bienestar social centroamericano.

Por eso, nosotros, quienes trabajamos para el sector cafetalero, en institutos, universidades y proyectos a cargo de programas de generación, validación y transferencia de tecnología, tenemos una gran responsabilidad. Intentamos acelerar y orientar el proceso de cambio tecnológico pero, debemos entender que el proceso de cambio no empezó con nosotros.

La agricultura y sus tecnologías han estado cambiando desde que nosotros, los seres humanos, nos convertimos en agricultores. Gran parte de los cambios se han dado antes del establecimiento de los sistemas formales de generación, validación y transferencia de tecnología.

El caso del café demuestra claramente que la innovación y la comunicación entre productores/as han sido un motor fuerte en el desarrollo tecnológico cafetalero. Una reflexión breve nos indica que los productores y sus familias aún juegan un papel muy importante en probar, modificar e ingeniar nuevas prácticas. La capacidad de las familias de caficultores de administrar sus recursos, oportuna y eficientemente, son claves en la rentabilidad y sostenibilidad de la caficultura. Los esfuerzos del sector institucional y de ONG's van a dar más y mejores frutos si logramos que el sector formal y el sector

---

<sup>1</sup> Profesor investigador Asociado del CATIE. Programa regional CATIE-MIP/AF (NORAD). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Apartado Postal P-116. Managua - Nicaragua.

informal (las familias y comunidades rurales) nos complementemos y nos reforcemos en los procesos de cambios tecnológicos.

### *¿Quiénes y cómo desarrollaron la caficultura tradicional?*

El inicio del desarrollo de la tecnología para producir café, en Centroamérica, data de la llegada de las primeras semillas, hace más de un siglo. El café, cultivo originario de Etiopía, se difundió primero en el Medio Oriente y luego, en Asia. De las colonias holandesas fue trasladado a los jardines botánicos de Europa. Llegó a las Antillas Francesas como planta ornamental. Y de allí, poco a poco, se regó por todos los países de la región, llegando a Nicaragua en 1840.

Es de suponer que estas primeras introducciones no se dieron a través de importaciones masivas, sino de semillas que viajaron, de bolsillo en bolsillo, entre amigos y conocidos y llegaron con una información muy reducida sobre como cultivarlas.

Esta historia de la introducción del café a Nicaragua nos da una idea de cómo se desarrolla una tecnología tradicional y se adapta a zonas de Nicaragua tan contrastantes como las zonas secas de la cordillera del Occidente, las zonas medias de la Meseta de Carazo y las zonas húmedas del Norte.

Los mismos agricultores sembraron pocas semillas y observaron los resultados de sus pruebas. Poco a poco, siguieron probando, a veces sin resultado y probaron algo diferente pero, acumularon experiencia. Hablaron con sus vecinos y con los años, terminaron teniendo una tecnología apropiada para su zona. Estas experiencias se comunicaron entre productores, de padres a hijos, entre amigos y vecinos. También, hubo unos que otros productores innovadores que viajaron a otros países, en busca de nuevas variedades y de nuevos conocimientos. Otros desarrollaron sus propias ideas, observando, año tras año, la naturaleza y la agricultura, en sus alrededores.

En este proceso, las universidades agrarias y los centros de investigación no tuvieron ningún papel, en parte porque aparecieron mucho tiempo después de la introducción del café. El Estado tampoco jugó un papel importante en el desarrollo tecnológico cafetalero pero, incentivó y facilitó la incorporación de nuevas áreas al cultivo de café con nuevas leyes, incentivos monetarios y otorgamiento de títulos de propiedad a colonos, en terrenos indígenas.

El desarrollo tecnológico se dio casi exclusivamente por obra y gracias de las familias rurales. Aunque, hoy en día, los sectores institucionales juegan un papel mayor en el desarrollo tecnológico, todavía los productores siguen observando, probando, acumulando experiencias y compartiendo sus ideas y resultados entre ellos.



### *¿Cómo se dio el cambio hacia una caficultura moderna?*

En los años 40 y 50 de este siglo, se introdujo un nuevo elemento tecnológico en la agricultura Centroamericana : El uso de insumos, fabricados en procesos industriales, para aumentar la productividad. Los fertilizantes y los plaguicidas son producidos en fábricas, partiendo de materia primera como petróleo o rocas minerales.

El uso de fertilizantes en la caficultura se dio junto con la introducción de nuevas variedades más compactas, de entrenudos más cortos (como Caturra, Catuai y Catimor) sembradas a densidades mayores. Estas variedades tienen un potencial productivo mayor cuando se cultivan con poca sombra. Pero, para que las plantas no se desgasten después de unas pocas cosechas, es preciso la aplicación de 10 hasta 30 quintales, por manzana, de fertilizantes nitrogenados y completos.

Por lo tanto, anualmente, los productores tienen que recurrir a la compra de estos insumos, que llegan a representar el 50% o más de sus costos totales de producción. Para las economías de los países centroamericanos, estos productos, también, implican más gastos anuales en divisas, ya que son producidos, en su gran mayoría, en el exterior.

#### **Cuadro comparativo de café tradicional y tecnificado**

	Variedades	Ppoblación/mz	Sombra	Rendimiento	Fertilizante	Plaguicidas
Tradicional	Típica, Bourbon	900-1,500	alta 100-200/mz	5-10 qq oro/mz	0-3 qq/mz	0-1 aplicación
Moderno	Caturra, Catuai, Catimor	2,500-4,000	baja 0-50/mz	20-40 qq oro/mz	10-20 qq/mz	3-7 aplicaciones

El cambio de variedades de sombra a variedades de sol, en los cafetales centroamericanos, también, representó un cambio en el manejo de las plagas del café.

En los cafetales tradicionales las plagas estaban siempre presentes, con niveles de afectación variables, sin causar mayores pérdidas. Los cafetos tenían una buena capacidad de recuperación, por sus sistemas radiculares amplios y por el amortiguamiento del desgaste de la planta que ofrecía la sombra.

En los cafetales con poca o ninguna sombra, la situación cambió, ya que tenían poca capacidad de recuperación y de amortiguamiento. Sin la sombra, surgían más malezas, pero estaban a la mano los herbicidas. A pleno sol, incrementaba la mancha de hierro, pero se podía aplicar fungicidas. Con la reducción de la materia orgánica en el suelo, por

la ausencia de sombra y con el uso de variedades con sistemas radicales compactos, los nematodos se volvieron un problema. La solución se encontró en el uso de nematicidas. En resumen, la caficultura entró en un proceso forzoso de intensificación del uso de plaguicidas. Para cada plaga, se buscaba una receta química.

El desarrollo de estas tecnologías modernas, para intensificar la producción agrícola, fue producto de investigaciones llevadas a cabo fuera de la finca, en manos de científicos y de centros experimentales. Estos sistemas de generación de tecnología se dedicaban, esencialmente, a aumentar la gama y mejorar la eficiencia de los agroquímicos. Actualmente se han diversificado los temas de estudio pero, los investigadores dedican, todavía, mucho tiempo a promover el uso de agroquímicos.

A partir de los años 50 y hasta ahora, el Estado ha asumido un papel preponderante en promover estas tecnologías, productos de la revolución verde. Se han organizado programas nacionales de renovación y expansión de cafetales, con créditos supervisados, en muchos casos subsidiados y ligados al uso de una carta tecnológica que incluye muchos insumos externos.

La nueva tecnología se ha transmitido, en un proceso de convencimiento, por vía de parcelas demostrativas, asistencia técnica basada en recetas generales y subsidios o incentivos. Los productores que no han logrado dar el paso hacia la tecnología moderna, han sido calificados de reacios, atrasados y aferrados a sus tradiciones.

### *¿Actualmente, en qué situación se encuentra la caficultura centroamericana?*

Cumpliendo medio siglo desde el inicio de la incorporación de insumos industriales a la tecnología cafetalera, es apropiado detenernos en una breve reseña de la situación actual de la caficultura centroamericana.

*Hay más problemas de plagas, ahora que antes.*

Esto se debe a tres factores principales:

Primero, las plagas que existían en el lugar de origen del café, se han diseminado. Igual como se puede trazar el camino y las fechas de llegada del café a los diferentes países, también, se puede trazar el camino y las fechas de llegada de sus plagas. En los últimos 20 años, la roya y la broca han llegado a Centroamérica. La roya llegó primero a Nicaragua en 1978 y ahora, está presente en todos los países del Istmo. La broca llegó a Guatemala y a Nicaragua, en 1986. Hasta la fecha, no se ha señalado su presencia en Costa Rica, ni en Panamá. La llegada de cada nueva plaga ha desatado un nuevo auge en el uso de plaguicidas.



Segundo, han surgido nuevas plagas, por los cambios en las condiciones ambientales, en los cafetales con poca sombra. Estas plagas estaban presentes en los cafetales tradicionales, pero sin causar mayor daño.

La mancha de hierro, por ejemplo, se propaga en plantas bajo estrés nutricional, a pleno sol o con poca sombra. También, el minador se ha convertido en una plaga del cafetal con poca sombra, ya que es favorecido por condiciones más secas, en el verano.

Tercero, han surgido plagas secundarias, producto del uso de plaguicidas. Recordemos que los plaguicidas no solamente matan las plagas, sino casi toda la fauna. Entre esta fauna, están los enemigos naturales de las plagas. En el caso de los cafetales, en la Meseta de Carazo de Nicaragua, el uso de plaguicidas piretroides, para controlar el minador, eliminó los enemigos naturales de la cochinilla aérea que se volvió una plaga muy dañina, destruyendo nudos florales enteros. De igual manera, el uso de plaguicidas contra la broca podría causar problemas de cochinilla, en otras zonas.

*Los plaguicidas enfrentan cada vez más restricciones de uso.*

En primera instancia, esto hecho se debe a su toxicidad para los seres humanos. De los 15 plaguicidas más usados, en café, en Nicaragua, 9 son altamente tóxicos o peligrosos. Las aplicaciones foliares, el lavado de las bombas de mochilas y el almacenamiento de los plaguicidas en el hogar resultan en un contacto directo entre seres humanos y plaguicidas que provoca muchas intoxicaciones. Podemos esperar que existan, cada vez, menos plaguicidas tóxicos.

En segunda instancia, los plaguicidas, además de su toxicidad para los seres humanos, tienen impactos negativos sobre el medio ambiente. El Endosulfán, por ejemplo, tan importante en el control de la broca, es altamente tóxico para los peces. La ubicación de los plantíos de café, en las cuencas altas de muchos ríos, agrava aún más este problema de contaminación ambiental.

### **Toxicidad de los plaguicidas comúnmente utilizados en la producción de café**

	Muy tóxico	Muy peligroso	Peligroso	Moderadamente peligroso
Herbicidas	2,4-D	Paraquat	Glifosato Terbutilazina	Simazina
Insecticidas	Endosulfán	Chloropirifos Deltametrina Diazinón	Malatión	
Nematicidas	Terbufos Carbofuran			
Fungicidas		Tridimenol	Cobre	Benomil



En tercera instancia, las fabricas de plaguicidas son focos de derrames accidentales de desechos tóxicos y de otros tipos de contaminación. Estas fábricas, en sus países de origen, están sujetas, cada vez, a mayores controles y reglamentos que encarecen los costos de los plaguicidas o resultan en su discontinuación.

Por otro lado, el mercado “verde” sigue creciendo, como muestra de la creciente preocupación que tienen los consumidores, sobre la presencia de residuos de plaguicidas en sus alimentos. Los compradores pagan un premio o sobreprecio de 10 a 20% para el café producido con poco o nada de plaguicidas, un hecho que ha incentivado a un número significativo de caficultores a reducir el uso de plaguicidas.

*La gran mayoría de los caficultores tiene rendimientos bajos, de 4 a 8 quintales por hectárea.*

Los beneficios de la tecnología moderna, reflejados en mayor productividad, no han llegado a la gran mayoría de caficultores. En Nicaragua, Guatemala, Honduras, República Dominicana o Colombia pero, una gran mayoría tiene rendimientos bajos. Estos sectores ya no emplean, tampoco, una tecnología tradicional. Ellos han incorporado el uso de las nuevas variedades, tienen plantaciones de mayor densidad y emplean fertilizantes y plaguicidas, aunque no en los niveles propuestos por la carta tecnológica moderna.

El uso de insumos está muy relacionado con los riesgos asociados con el crédito, la poca disponibilidad de efectivo en la economía familiar y ciertas expectativas de precio.

La producción tecnificada cuesta, al caficultor, siete veces más que la tecnología tradicional. El sector de caficultores con rendimientos bajos no puede emplear la tecnología moderna completa, no por desconocimiento, sino porque la tecnología de insumos industriales no está a su alcance económico, ni acorde a su capacidad de asumir ciertos riesgos.

#### **Comparación de costos de insumos, en café tecnificado y tradicional (Siman, 1994)**

	<b>Plaguicidas</b>	<b>Fertilizantes</b>	<b>Costos totales</b>	<b>Ganancia</b>	<b>Tasa de retorno</b>	<b>Divisas</b>
Tradicional	\$2/mz	\$23/mz	\$210/mz	\$170/mz	73%	\$347/mz
Moderna	\$66/mz	\$261/mz	\$1,400/mz	\$400/mz	28%	\$1,330/mz

*El costo de los insumos agroquímicos ha mostrado un aumento paulatino, mientras el precio del café ha fluctuado, con una tendencia a disminuir.*

Como resultado del deterioro en los términos del intercambio (alza de los precios de los insumos y precios del café fluctuantes), han aparecido programas especiales de apoyo a la caficultura, en períodos de precio bajo, de deudas acumuladas y de restricciones en el crédito para el café.

Hoy en día, los bancos ven en el café un negocio de alto riesgo, cuando, en años anteriores, la caficultura ofrecía ganancias estables. Razón por la cual los caficultores modernos se sienten en una situación de mucha vulnerabilidad. A la vez, esta situación justifica la cautela de los pequeños productores, quienes minimizan sus costos como estrategia frente a unos precios tan variables y a los altos costos de los insumos.

Variabilidad en el precio del café de 1980-1995 (fuente CEPAL)

	1980	1985	1990	1995	2000
Precio del café	\$ 2.44	\$ 1.75	\$ 0.89	\$ 1.42	\$ 0.83

*Con la disponibilidad de insumos de impacto a corto plazo, los técnicos y productores han perdido la costumbre de planificar prácticas de efecto acumulativo y diversificado.*

Con los plaguicidas y los fertilizantes, es posible observar cambios en el color de las hojas, insectos muertos o malezas quemadas, pocos días después de la aplicación. Para observar el efecto de una sombra bien manejada, hay que tomar el tiempo para sembrar el árbol, formar su copa y podarlo algunas veces al año.

El retorno de una inversión en establecimiento de sombra es múltiple: Incremento en materia orgánica, disminución de malezas, reducción de enfermedades y mayor estabilidad de los rendimientos. Pero, hay que planificar las actividades con mayor anticipación, mientras que, con los insumos y el crédito bancario, el horizonte de la planificación no supera los 6 a 8 meses.

*Todavía, la extensión y la capacitación están dirigidas, principalmente, a los hombres, aunque la finca depende del trabajo y de los conocimientos de toda la familia.*

Es muy común invitar sólo a los hombres, en una comunidad, para los eventos de capacitación. Sin embargo, en algunas organizaciones, se hace una invitación abierta a toda la familia, pero, excepto en el caso de proyectos exclusivos para mujeres, la gran mayoría de los participantes son hombres.

Unos estudios de unas familias cafetaleras han mostrado que la caficultura es una actividad económica que depende del trabajo y de las habilidades de toda la familia. La organización interna varía según cada caso pero, también, en muchos casos, se discuten los planes y se toman las decisiones entre varios miembros de las familias.



Por lo tanto, para que la caficultura salga adelante, es importante que los diferentes miembros de la familia tengan la oportunidad de fortalecer sus conocimientos económicos y ecológicos, en el cultivo del café.

### División de labores en una plantación de café en producción

Tipos de labores	Miembros de la familia que las realizan				
	Mujeres	Hombres	Jóvenes	Niños/as	Ancianos/as
Regulación de sombra	xx	xxx	xx	-	-
Graniteo/pepena	xxx	x	x	xx	-
Manejo de tejido	xx	xxx	xxx		x
Cosecha	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Comercialización	x	xxx	-	-	-
Control de plagas					
Químico	x	xxx	xxx	-	-
Botánico	x	xxx	xx	x	-
Fertilización orgánica/química	xxx	x	x	xx	-

□ = no participan, x = participan poco, xx = participan regularmente, xxx = participan fuertemente

### Toma de decisiones en el cultivo de café

Decisiones que se toman	¿Quiénes toman las decisiones en la familia?		
	Hombres	Mujeres	Hombres y mujeres
En qué parcela sembrar el cultivo			xxx
Fecha a sembrar el café			xxx
Crédito a utilizar y cómo obtenerlo	xx		xxx
Compra de insumos para el cultivo	xxx	x	
Tipo de variedad a sembrar	xxx	x	
Fecha para establecer el vivero	xxx	xx	
Riego	xxx	xx	
Deshierbe	xxx	xxx	
Plaguicidas a utilizar	xxx		
Cuándo aplicar plaguicidas	xxx		
Cuándo reparar	xxx		
Uso y manejo de sombra	xxx	x	
Cómo cosechar y cuándo cosechar			xxx

□ = no participan, x = participan poco, xx = participan regularmente, xxx = participan fuertemente



*Existen nuevos conocimientos sobre aspectos ecológicos y biológicos de las plagas que permiten manejarlas sin o con pocos plaguicidas.*

Conocemos los ciclos de la mayoría de las plagas y los factores que influyen en la duración de sus diferentes etapas de vida. De igual manera, se han establecido las curvas epidemiológicas para diferentes enfermedades y su comportamiento bajo diferentes condiciones. También, se han identificado diferentes agentes de control biológico como *Beauveria bassiana*, *Cephalonomia* y *Verticilium*, entre otros. Para varios de estos agentes, están, incluso, establecidos los métodos de cría artificial.

### *¿Cómo habría de ser una caficultura post-moderna?*

Viendo el conjunto de problemas que ha traído la caficultura moderna para los diferentes grupos de productores, sin menospreciar los aumentos en rendimientos que se han logrado, estamos a tiempo para buscar un enfoque que mejore la situación de todos los sectores.

Tenemos que ir más allá de la tecnología moderna e identificar una caficultura post-moderna. Esta caficultura post-moderna incorporaría lo valioso de la moderna, lo rescatable de la tradicional y lo nuevo aún por desarrollarse.

¿Pero, es realista pretender llegar a una caficultura post-moderna, si todavía no hemos transferido la caficultura moderna a todos los productores?

Es cierto que los programas especiales de renovación, bien diseñados y ejecutados con crédito de bajo costo, pretenden convertir unos cuantos productores más al uso de la tecnología moderna. ¿Pero, porqué involucrar a más productores con los problemas que ha traído la tecnología moderna (inestabilidad económica y dependencia de sustancias tóxicas restringidas) si, desde ya, se puede escoger un camino tecnológico que podría aprovechar lo moderno, sin sufrir algunas de sus consecuencias negativas?

El camino de una caficultura post-moderna, aún por encontrarse, entre técnicos, extensionistas y familias productoras, podría tener cuatro características que abarcan aspectos ambientales, sociales y económicos.

### *Una caficultura al alcance de muchas familias productoras*

A diferencia de la caficultura moderna, cuyo acceso es limitado a los productores con mayores recursos financieros, la caficultura post-moderna se tiene que desarrollar en función del bienestar y de las posibilidades de la gran mayoría de las familias de caficultores. Desde la perspectiva de la familia, los principales criterios, en la toma de decisión, son la rentabilidad y la disminución del riesgo, a mediano plazo, que le permite

enfrentar la fluctuación de los precios del café y la variabilidad de las condiciones meteorológicas.

Para los Estados centroamericanos que dependen del café como principal fuente de divisas, las tecnologías a emplearse deben lograr que la cantidad neta de divisas generadas por la exportación de café se mantenga o incluso, aumente con el tiempo. La cantidad neta de divisas es el valor total del café exportado menos el costo de todos los insumos importados. A estas divisas, se las llaman “divisas limpias”.

Para el Estado, la caficultura también representa el sostén económico de un numeroso sector de familias rurales. En muchos países, la modernización de la agricultura ha significado una reducción forzada del número de agricultores y su migración hacia las áreas urbanas lo que provoca un cambio social que no conviene a la estabilidad social centroamericana. Una caficultura que tome en cuenta las familias, en pequeñas y medianas unidades, permitirá mejorar su vida, aún estando en el campo.

El Estado tampoco puede dejar de velar por el medio ambiente y el manejo de los recursos naturales. Esto implica una caficultura que contabilice los costos externos como la contaminación, la erosión del suelo y la pérdida de la biodiversidad.

#### *Uso máximo de recursos locales.*

Para lograr una generación más eficiente de divisas netas y una protección contra el deterioro de los precios internacionales, la caficultura post-moderna debe basarse en un uso máximo y eficiente de los insumos nacionales y de los recursos locales.

La luz solar que cae sobre Centroamérica no se puede aprovechar en ningún otro lado. Sin embargo, los cafetales que producen de 2 a 5 quintales por hectárea, no están haciendo uso de una buena parte de la energía solar. Para poder captar más luz solar, un recurso que no se puede almacenar, se debe mejorar la densidad y arreglo de las plantas, el manejo del tejido para incrementar la masa foliar y la cantidad y distribución de la sombra. Se puede, también, en el marco de una diversificación, aumentar el uso de la energía solar con cultivos asociados, como árboles maderables de copa abierta.

Es un lujo importar fertilizantes y no aprovechar, en un mayor grado, lo que existe en el país. La principal materia prima para el reciclaje es la pulpa de café que, actualmente, es un contaminante de las aguas, en muchas cuencas cafetaleras del istmo centroamericano. Las fuentes naturales de nutrientes, como los árboles fijadores de nitrógeno y un reciclaje mejor organizado son otros recursos nacionales que no hay que importar y no cuesta divisas. Se podría hacer un uso más sistemático de los árboles fijadores de nitrógeno y de otras especies de árboles que concentran nutrientes, como el fósforo y el calcio, que se encuentran en el subsuelo.



Los conocimientos biológicos y ecológicos sobre el cultivo, las plagas, la fauna y la flora, en las diferentes zonas cafetaleras, a diferencia de los insumos, no se pueden importar, ni generar en otros países. Estos conocimientos tienen que generarse, en cada país, en cada zona, en cada finca y en cada plantío. Los insumos importados han reemplazado los conocimientos locales y borrado las diferencias de manejo a nivel local, cuando, realmente, esos conocimientos son la clave para un uso eficiente de los insumos.

Las habilidades y capacidades de las familias de caficultores, para un buen manejo de los plantíos y fincas, son otros recursos nacionales claves. En la caficultura moderna se ha visto al trabajador o al pequeño finquero como simple mano de obra no calificada, como un simple brazo para accionar la bomba de mochila. Capacitados, con mejores conocimientos del cultivo y de las plagas, de los mecanismos de control natural y de las interacciones entre diferentes aspectos del sistema productivo, los trabajadores, los caficultores y sus familias pueden contribuir a mejorar la rentabilidad, reducir el riesgo y hacer un uso más eficiente de los recursos locales y también, de los agroquímicos importados.

#### *Uso eficiente de agroquímicos*

Los insumos importados pueden tener un papel importante en mejorar la eficiencia y la productividad de la caficultura, si se plantea su uso en el contexto de priorizar un uso máximo de los recursos nacionales. El uso de plaguicidas se debe reducir o eliminar, para minimizar los gastos innecesarios en divisas, para lograr una mejor protección contra la fluctuación de los precios y para bajar los costos ambientales y humanos, asociados con su toxicidad.

#### *Potencialización de los recursos humanos en el sector cafetalero.*

Para lograr un modelo de caficultura al alcance de la gran mayoría de las familias rurales, las tecnologías y la capacidad de la gente para decidir qué práctica escoger y cuando usarla, son centrales.

El crédito, como impulsor de cambios en la caficultura, aún amarrado con asistencia técnica obligatoria, se mira poco viable. Su costo y poca disponibilidad, siempre, son problemáticos. Pero, el mayor problema es la dependencia que crea en la mente de los productores. Los paquetes tecnológicos, promovidos con crédito, han reemplazado las habilidades y los conocimientos de las familias rurales para producir económicamente, año con año, en vez de complementarlos.

Los programas para masificar una caficultura post-moderna no pueden tratar de convencer a los productores que utilicen nuevos manejos. Tienen que facilitarles elementos para que mejoren sus tomas de decisiones, frente a una gama de opciones técnicas y condiciones meteorológicas, familiares y económicas.



Las familias rurales, a través de actividades grupales de capacitación, durante el ciclo anual de café, pueden aprender a diagnosticar su problemática, a observar los niveles de plagas y los mecanismos de control natural y a relacionar sus decisiones con lo observado.

### **¿Cuál sería el manejo de las plagas, en la caficultura post-moderna?**

Una respuesta a la dependencia creciente y al abuso de plaguicidas en la agricultura moderna y en particular, en la caficultura moderna, fue el manejo integrado de plagas conocido como MIP.

Existen muchas variantes en cuanto a la definición del MIP. Comúnmente, el MIP se define como:

*“La combinación de métodos para mantener pérdidas por plagas en niveles aceptables, con costos razonables y con un impacto negativo mínimo sobre el medio ambiente y la salud humana”.*

Esta definición plantea la no dependencia de las plaguicidas y reconoce que no es conveniente, ni ecológicamente, ni económicamente, pretender a la eliminación total de las plagas.

### *¿Cuáles son los métodos que se pueden combinar dentro del MIP?*

Los métodos de manejo integrado de plagas se pueden dividir en dos grandes categorías: Supresión directa de las plagas y manipulación indirecta del agro-eco-sistema.

Los plaguicidas representan el principal método de la supresión directa. La aplicación calendarizada de plaguicidas no toma en cuenta los niveles existentes de plagas, en el plantío y frecuentemente, lleva a un sobre-uso o uso ineficiente de estas sustancias tóxicas.

Es posible racionalizar el uso de plaguicidas por vía de observaciones y recuentos. De esta manera, las aplicaciones se realizan solamente cuando el daño causado por las plagas supera el costo del uso de plaguicidas. Este nivel se conoce como “umbral de acción”. Para poder emplear este método, es necesario conocer mejor los ciclos de las plagas y los factores que aceleran o disminuyen los incrementos en su población o en su incidencia. También, hay que conocer la relación entre los niveles de infestación de una plaga y la reducción de los rendimientos.

Otro método de supresión directa es el uso de organismos biológicos que se encuentran afectando a las plagas, en la naturaleza y que llamamos “enemigos naturales”. Estos organismos actúan directamente contra la plaga pero, mayormente, no son tóxicos para

otros organismos, ni para el medio ambiente en general. Entre los organismos para el control de la broca, están el hongo *Beauveria bassiana* y el parasitoide *Cephalonomia* que se pueden multiplicar artificialmente para, luego, liberarlos en los cafetales, en el momento oportuno, según las condiciones locales.

También, es posible sustituir los plaguicidas sintéticos por sustancias botánicas muchos menos tóxicas. El aceite del árbol de Nim controla el minador de la hoja de café, sin afectar a los enemigos naturales de otras plagas menores, como la cochinilla aérea. Los cultivos de cobertura sembrados como el *Arachis pintoi* crecen en el piso del cafetal y no dejan crecer las malas hierbas más dañinas.

Por otro lado, hay tres clases de acciones indirectas que se pueden emplear para reducir el daño causado por las plagas.

- ♣ Primero, se puede usar prácticas que vuelven más tolerante o resistente el cultivo. La selección de variedades adaptadas a las condiciones locales es un paso importante. Ciertas variedades, como Bourbón y Caturra, se adaptan mejor a niveles no-óptimos de fertilidad del suelo. Otras variedades, como Catimor o especies como el café Robusta, son resistentes a la roya. El injerto de café Arábica sobre patrones de café Robusta proporciona una tolerancia a los nematodos. Un plan adecuado de fertilización y un buen manejo de la sombra, también, son importantes para asegurar un cultivo vigoroso, con buena capacidad de recuperación.
- ♣ Segundo, se pueden crear, en el cafetal, condiciones desfavorables para el desarrollo de las plagas. En el caso del cafetal, sabemos que los niveles de sombra afectan las condiciones micro-ambientales de humedad, temperatura y luz solar. Por ejemplo, las enfermedades foliares, conocidas como ojo de gallo y peyejillo, son favorecidas por una alta humedad. Especialmente en épocas muy lluviosas, la reducción en los niveles de sombra puede ayudar a controlar estas enfermedades. Ciertas malas hierbas, por otro lado, como los zacates, prosperan en condiciones de abundante luz solar. La incorporación de una mayor sombra puede reducir su agresividad y así, reducir los costos para controlarlos.
- ♣ Tercero, se puede crear condiciones favorables, en los cafetales, para el incremento del control biológico natural de las plagas. La incorporación de materia orgánica al suelo, incrementa la biodiversidad de la fauna del suelo, incluyendo los enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos. Mayores niveles de sombra también favorecen el crecimiento de hongos como *Beauveria bassiana* contra la broca y *Verticillium* contra la roya. El parasitoide *Cephalonomia* se alimenta del néctar de las flores. Por lo tanto, la presencia, en los cafetales, de una vegetación silvestre en floración, en épocas críticas, puede contribuir a una mayor sobrevivencia de *Cephalonomia*.



### *¿Quién decide de la combinación de los diferentes métodos en el MIP?*

En Nicaragua, hay más de 30,000 familias cafetaleras, repartidas entre el Mombacho, Carazo, Boaco, Matagalpa, Jinotega y las Segovias. No se puede imaginar que, entre tantos productores, con tamaño de plantaciones tan variables, en tantas zonas diferentes, se pueda emplear la misma combinación de prácticas, para lograr un buen control de plagas.

Es muy claro que son el caficultor y su familia, los que tienen que combinar los diferentes métodos, para lograr un manejo de plagas, a bajo costo y con pocas pérdidas.

### *¿Cuáles son las condiciones que rodean al productor para combinar los métodos MIP?*

La floración y formación inicial de los frutos de café dependen de las primeras lluvias de la temporada. Unas condiciones de pluviosidad tan variables como las que conocemos, afectan el vigor de las plantas, su fenología, el comportamiento de las plagas y de las enfermedades y la efectividad de posibles acciones de manejo. Las condiciones de la época seca, en junio, reducen la efectividad de los fertilizantes pero, también, frenan el desarrollo de ciertas enfermedades. Las temporadas de lluvia abundante estimulan el crecimiento de los cafetos pero, pueden lavar los fertilizantes y las aplicaciones foliares.

#### **Precipitación anual y mensual en Serranía, Managua**

	anual	junio	agosto	octubre
1992	682	171	29	116
1993	1492	204	186	86
1994	926	79	87	146
1995	1706	185	474	311
1996	1453	187	178	490
1997	829	386	88	104

La variabilidad, en los niveles de enfermedades y plagas, se debe a múltiples diferencias, entre los plantíos, en cuanto a edad, variedad, cantidad de sombra, tipo y profundidad de suelo y uso de fertilizantes. Unos niveles dispares de plagas no permiten un solo plan



de manejo. Tampoco, se puede tener un solo plan de manejo, cuando los precios del café fluctúan, de año en año y, a veces, de un mes a otro.

**Niveles de enfermedades y plagas (en % de hojas o frutos afectados) en Santo Domingo, San Juan de Río Coco (julio de 1997)**

Plantío	1	2	3	4	5	6
Roya	9.6	11.5	3.2	4.8	11.1	7.4
Mancha de hierro	4.5	9.2	6.0	3.2	2.1	6.7
Broca	1.3	0.7	0.2	0.0	0.6	7.9

**Cobertura del piso (%) por diferentes tipos de malezas en café joven en Matagalpa (junio de 1995)**

Plantío	1	2	3	4
Zacates	46	12	25	30
Hoja ancha	17	29	14	26
Bejucos	12	25	20	10

*¿ Dado la variabilidad de las condiciones agro-climatológicas, cómo puede el productor combinar los métodos MIP?*

Para producir a bajo costo, minimizar los riesgos de fracaso económico y no descapitalizar la finca, la familia cafetalera tiene que manejar la variabilidad de las condiciones agro-climatológicas, usando diferentes habilidades y conocimientos. Esas mismas habilidades que sirvieron para el desarrollo de la caficultura tradicional.

Sin embargo, comparado con antes, ahora, la situación está más complicada, con nuevas plagas y cambios económicos más bruscos. Pero, por otro lado, la agricultura está respaldada por mayores conocimientos sobre ecología y biología que pueden ayudar a orientar las decisiones de manejo tomadas por las familias rurales.

Se pueden identificar cinco tipos de conocimientos y habilidades que fortalecen la capacidad de las familias cafetaleras, en su planificación y toma de decisión, en MIP.

- Primero, el productor y su familia necesitan más conocimientos ecológicos. Tienen que mejorar su habilidad para identificar las plagas y la fauna benéfica en el cafetal y su función en la cadena alimenticia, analizar los ciclos de vida de las plagas y profundizar sus conocimientos de la fenología del cultivo y de las interacciones entre el cultivo, la plaga y los mecanismos de control natural.

- Segundo, la familia cafetalera tiene que observar y cuantificar el estado del cultivo, de las plagas y de los factores de control natural, en los momentos adecuados, según la fenología del cultivo, cada año.

Estas herramientas son tan importantes para una caficultura productiva como el machete, ya que permiten un mejor entendimiento de las diferencias, dentro de un plantío, de un plantío a otro y de un año a otro.

- Tercero, la familia productora tiene que desarrollar una capacidad de razonamiento ecológico para relacionar las decisiones de qué prácticas emplear y cuando aplicarlas, con los niveles de infestación de plagas.

El razonamiento ecológico permite la identificación de momentos críticos, en cuanto a toma de decisiones, frente a diferentes situaciones en el plantío y la selección y uso de diferentes prácticas. Por ejemplo, para decidir qué hacer para controlar la broca, cualquier productor tiene que tomar en cuenta sus rendimientos esperados, el nivel de infestación de la broca en granos caídos, la secuencia de floraciones, incluyendo la floración loca y sus recursos disponibles. Por supuesto, el manejo que realiza el productor va a variar según si tiene rendimientos bajos con mucha floración loca, regulares niveles de broca y poco dinero o si tiene rendimientos altos, sin floración loca, con mucha broca y buenos recursos financieros.

- Cuarto, para poder afinar los manejos de un año a otro y aprovechar las oportunidades de aprendizaje que se presentan, en cada nuevo ciclo del cultivo, las familias cafetaleras deben llevar unos registros por escrito. Es importante, no sólo anotar aspectos de costos, sino, también, niveles de plagas, condiciones meteorológicas y las razones que fundamentan las tomas de decisiones.

- Quinto, la familia cafetalera debe realizar experimentos para probar nuevas ideas. Se puede aprender mucho, simplemente observando la variabilidad en un plantío y de un plantío a otro. Pero, también, es valioso hacer ensayos formales. No tienen que ser ensayos grandes. Lo más importante, para poder sacar buenas conclusiones, es hacer la comparación entre una práctica nueva y la práctica usual.



En base a estas preguntas, se puede replantear la siguiente definición:

El MIP, en una caficultura post-moderna, debe ser:

*“Un proceso de toma de decisiones sobre prácticas a usar, basado en observaciones sistemáticas y razonamiento ecológico sobre el cultivo, las plagas y el control natural, para mantener las pérdidas por plagas en niveles aceptables, con costos razonables y un impacto negativo mínimo sobre el medio ambiente y la salud humana”.*

***¿Cuáles son los nuevos roles de los diferentes actores, en una caficultura post-moderna?***

Para concluir esta propuesta de una caficultura post-moderna, es conveniente mencionar los posibles papeles que puedan jugar los diferentes actores en el proceso de desarrollo de la caficultura.

- ♣ El investigador quien, convencionalmente, ha trabajado principalmente en un centro experimental o un laboratorio, dedicándose a realizar ensayos, redactar informes técnicos y asistir a reuniones científicas, debería ampliar su papel. Puede seguir realizando trabajos de investigación pero, también, tiene que vincularse más a los técnicos/as y productores/as, dado que las técnicas y conocimientos ecológicos tienen que ajustarse a los recursos y habilidades del sector mayoritario de las familias rurales. Los investigadores y especialistas tienen que desarrollar habilidades participativas para realizar investigaciones con los grupos de familias rurales. Además, cada especialista tiene que trabajar con especialistas de otras ramas para organizar capacitaciones que integren los conocimientos ecológicos, los métodos de muestreo y las posibles prácticas, por etapa de planificación y fenología del cultivo. En vez de orientar su marco de análisis a la definición de las mejores cartas tecnológicas para condiciones promedias, tiene que organizar sus conocimientos y futuras acciones, en función del manejo de la variabilidad.
  
- ♣ El técnico extensionista quien ha sido un promotor de cartas tecnológicas y fuente de recetas, tiene, también, la oportunidad de cambiar su papel. Debe volverse un facilitador o catalizador de procesos. Tiene que seguir desarrollando su capacidad de relacionarse con los productores pero, en una caficultura post-moderna, tiene que aprender a pensar en toda la familia y no sólo en el caficultor. No es suficiente poseer información técnica. El extensionista facilitador tiene que desarrollar buenos conocimientos en ecología, observación, muestreo y razonamiento ecológico, para un mejor manejo de la variabilidad, en los cafetales. Un buen facilitador emplea sus amplios conocimientos para escuchar, observar y formular procesos prácticos de capacitación, para el productor y su familia. Estos procesos de encuentros grupales,



durante los momentos críticos del cultivo, fortalecen la capacidad de las familias para tomar mejores decisiones.

- ♣ Finalmente, la familia cafetalera que, muchas veces, frente a un sistema de asistencia técnica, se ha vuelto un receptor pasivo de recetas técnicas y de crédito, tiene que cambiar de actitud. Su nuevo papel debe ser gerencial, para modificar y mejorar las técnicas en función de sus propios recursos y condiciones, empleando un razonamiento ecológico comprobado bajo sus propias condiciones y demostrando un mejor dominio de los momentos oportunos para usar las diferentes opciones de manejo.

Con estos tres actores, cada uno jugando un nuevo papel diferenciado, la caficultura post-moderna tiene la posibilidad de ser una mayor fuente de divisas limpias y un sostén del bienestar social y económico, para el mayor número de familias rurales.

### **¿ Cómo hemos avanzado para alcanzar estos logros en el ambiente del Programa Regional CATIE MIP/AF(NORAD) en Nicaragua y Centroamérica?**

En 1989 CATIE recibió financiamiento de Noruega y Suecia para un proyecto de 5 años con la finalidad de incorporar a Nicaragua a una red de MIP financiado en los demás países centroamericanos por USAID. El equipo con sede en Nicaragua realizó actividades de investigación colaborativa, validación y transferencia dirigidas a MIP en café, cultivos hortícolas y las musáceas. A pesar de la larga tradición en MIP en Nicaragua y las numerosas actividades del proyecto, se escuchaba frecuentemente el comentario : *“El MIP es una idea muy importante, pero en la práctica no les sirve a los productores.”* En una búsqueda de respuesta a este comentario, el equipo del proyecto en colaboración con diversos contrapartes en el sector café organizó actividades pilotas en desarrollo participativo de tecnologías MIP. Llegando al final del período el equipo concluyó que no solamente los productores necesitaban hacer sus propias pruebas de prácticas MIP, sino también requerían de mayores conocimientos del comportamiento ecológico de las plagas. En esta primera etapa el proyecto alcanzó a 39 profesionales y 564 productores relacionados al sector café.

En base a los avances del primer proyecto CATIE recibió un segundo proyecto financiado por NORAD para continuar el trabajo en Nicaragua. Este proyecto tuvo como objetivo desarrollar una mayor capacidad y a su vez más sostenible entre especialistas, técnicos, maestros y pequeños y medianos productores para implementar MIP en términos sociales, económicos y ambientales. El equipo del proyecto mejoró su enfoque de trabajo con grupos de productores, desarrolló métodos para fortalecer la capacidad de extensionistas en MIP participativo y ecológico, promovió la colaboración entre especialistas en capacitación e investigación e involucró a decisores en discusiones sobre los modelos para lograr MIP en el campo. El equipo también empezó a dar mayor importancia a la incorporación de género y familia para poner MIP en manos de familias rurales.

Durante el período 1995-1998 el equipo de CATIE trabajó directamente o indirectamente con 19 especialistas (45% mujeres) en café, 424 extensionistas (11% mujeres) en café y 4650 productores (19% mujeres) de café.

Durante los años 95-97 este proyecto en coordinación con PROMECAFE y los institutos nacionales de café realizó talleres de capacitación en el manejo de plagas en café en Honduras, Guatemala, El Salvador, Costa Rica y República Dominicana. Un total de 237 especialistas y extensionistas participaron en estos talleres. A menudo al final de estos talleres los participantes sugerían cursos de seguimiento y mayores acciones directas en sus países.

Los avances del trabajo en Nicaragua y el interés manifestado en otros países dieron el impulso para la formulación de un nuevo proyecto dirigido a MIP y también agroforestería, dada la relación tan estrecha entre la sombra y el estado fitosanitario del cultivo.

El nuevo Programa titulado *“Implementación participativa de agroforestería en café y MIP sobre bases ecológicas”* tiene una duración de cinco años hasta 2003.

Los objetivos del Programa no han variado tanto desde el proyecto en 1989, pero el equipo ha logrado seguir afinando las estrategias y los métodos para poner MIP en manos de familias rurales. Partiendo de los fundamentos de MIP participativo y ecológico, el Programa trabaja para tres años 1999-2001 en la implementación amplia de MIP y agroforestería en café en Nicaragua. Pretende fortalecer los conocimientos y habilidades de 9,000 familias cafetaleras, 250 técnicos de campo y 36 especialistas en el sector café en Nicaragua durante este período.

#### **Alcance de las actividades de capacitación del Programa CATIE MIP/AF en el sector café nicaragüense en 1999**

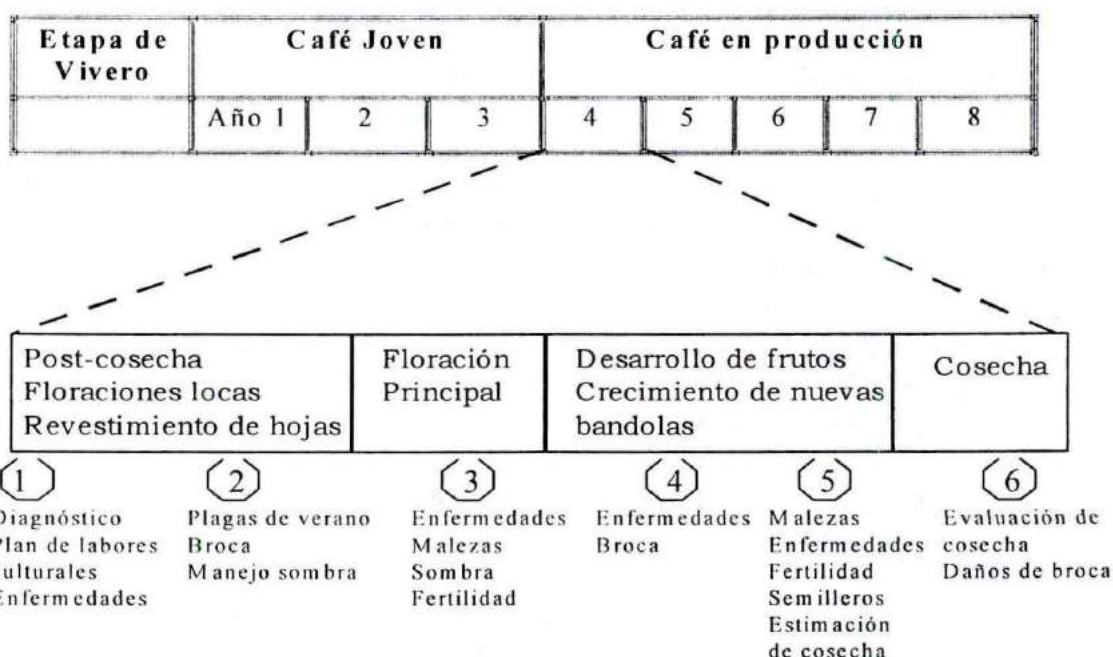
<b>Región</b>	<b>Familias</b>	<b>Proyectos</b>	<b>Extensionistas</b>	<b>Especialistas</b>	<b>Instituciones</b>
Segovias	533	28	22 (3 M)	4 (1 M)	11
Jinotega	564	26	18 (2 M)	3 (1 M)	11
Pacífico Sur	414	21	18 (1 M)	4 (2 M)	8
Matagalpa	409	19	14 (3 M)	3 (2M)	10
Boaco-Chontales	314	15	17 (2 M)	1	7
<b>Total</b>	<b>2234 (15 % Mujeres)</b>	<b>109</b>	<b>89 (12 % Mujeres)</b>	<b>15 (40% Mujeres)</b>	<b>44</b>

Durante el ciclo 1999-2000, el Programa colaboró con 44 instituciones en 5 regiones para cubrir 89 extensionistas y 2234 familias en ciclos de capacitación. Estas familias productoras en capacitación representaban la gran mayoría de las familias productoras en



Nicaragua con cafetales bajo sombra y rendimientos menores a los 10 qq/mz. Menos de 25% de las fincas emplean plaguicidas en el manejo de sus cafetales.

*El proceso de capacitación participativa con productores se desarrolló sobre la base de momentos críticos del cultivo (capacitación por etapa fenológica) y basándose en las plagas/problemas priorizados en cada momento definido. Durante los encuentros participativos con grupos de productores(as) en el campo, los grupos identificaron problemas, reforzaron sus conocimientos y desarrollaron sus habilidades para observar el cultivo y sus plagas. Por medio de métodos sencillos mejoraron su capacidad en tomar datos y esto se facilitó haciendo prácticas de “recuentos” en la finca de uno de los miembros del grupo. Con los datos tomados los grupos realizaron un análisis para tomar las decisiones más adecuadas en el momento.*



Durante las reuniones y en las parcelas se hicieron análisis de la eficacia de las opciones probadas. Al final del encuentro los grupos acordaron sobre las acciones a realizar durante un período determinado y el cumplimiento de estos acuerdos se revisó en el siguiente encuentro. También el grupo decidió el tema más apropiado para dialogar en el siguiente encuentro.

Al final del ciclo el grupo evaluó su cosecha y el desarrollo y los aprendizajes durante el proceso de implementación participativa del MIP. El equipo de facilitadores de los procesos realizaron sondeos, estudios formales y sesiones de reflexión con grupos de



trabajo para evaluar los avances y dificultades en el desarrollo del proceso de implementación.

Cada productor o productora participando en los procesos de capacitaciones completó un cuaderno de autoevaluación al final del ciclo de capacitación de 1999-2000. Más de 50% indicó que podría identificar 3-5 plagas entre broca, minador, cochinilla, roya, mancha de hierro, antracnosis en hoja y bandola, derrite, marchitez lenta, mal de talluelo, nemátodos y bejucos. Más de 50% de los productores y productoras participantes cuantifican sus problemas fitosanitarios con recuentos en sus fincas. Cerca de la tercera parte está usando técnicas culturales como poda sanitaria, pepena y chapoda selectiva de malezas para mejorar sus plantíos.

Estos datos señalan que, a pesar de los avances en las capacitaciones a los productores y productoras, aún les falta mejorar su conocimiento de plagas, su capacidad de razonamiento ecológico y su toma de decisiones.

Para fortalecer las habilidades de los productores(as) en razonamiento ecológico y toma de decisiones, los 90 extensionistas facilitadores de los procesos de capacitación necesitaban entender mejor la ecología, la variabilidad de las plagas y su relación con el ciclo del cultivo. Los extensionistas necesitaban desarrollar habilidades en observación y muestreo de plagas y también poner en prácticas herramientas participativas para facilitar el dialogo en grupos de productores. *El proceso de desarrollo de estas habilidades y conocimientos de los extensionistas* inició con un taller técnico-metodológico en MIP café que duró de 3 a 4 días. Se contó con un manual, herramientas para la toma de datos, rotafolios para el trabajo con productores. Como acuerdos en el taller los participantes se organizaron en los grupos de técnicos interesados en participar en el proceso posterior de reforzamiento técnico-metodológico o proceso de acción-reflexión.

De esta manera se organizó un plan de encuentros con fechas y posibles temas considerando los momentos críticos del cultivo. Después del primer encuentro los extensionistas salieron a sus zonas de trabajo y iniciaron los procesos de capacitación participativa con grupos de productores.

Luego de un evento con los grupos de productores/as, los extensionistas regresaron a otro encuentro técnico para intercambiar sus experiencias, hacer reflexiones y evaluaciones del trabajo desarrollado durante el período y se repitió esto varias veces durante el ciclo. Durante los encuentros los extensionistas reforzaron sus conocimientos con los especialistas, visitaron un cafetal para observar su desarrollo y analizaron el estado actual del sistema, analizaron los datos del cultivo y sus plagas y prepararon los próximos eventos con grupos de productores. El último encuentro del ciclo sirvió para evaluar el proceso en lo técnico y lo metodológico. Los facilitadores de los procesos realizaron algunos sondeos y estudios para conocer logros, avances y dificultades presentados durante el proceso.

**Procesos de capacitación de los extensionistas y familias rurales enlazados por las etapas fenológicas**

**Taller Regional Técnico-  
Metodológico Café**

**Planificación participativa**

**Primer Reforzamiento**

**I evento de Capacitación  
con familias rurales**

**Segundo Reforzamiento**

**II evento de Capacitación  
con familias rurales**

**Tercer Reforzamiento**

**III evento de Capacitación  
con familias rurales**

----- **Evaluación intermedia**

-----  
**IV evento de Capacitación  
con familias rurales**

**Cuarto Reforzamiento**

**V evento de Capacitación  
con familias rurales**

**Evaluación del ciclo**

----- **Evaluación del ciclo**

Al final del ciclo de capacitaciones del 1999-2000, entre 60-80% de los técnicos pudo identificar las principales plagas de café. El 75% señaló cómo la plaga llega al plantío. El 52% indicó correctamente el factor climático más importante en el incremento de la plaga, mientras solamente 40% describió una opción no-química.



### Resultados de evaluación ex-post con extensionistas:

¿ Cómo hemos mejorado nuestras capacidades de fortalecer a las familias productoras en sus tomas de decisiones ?

Aspecto evaluado	Al inicio			Al final		
	muy poco	regular	bastante	muy poco	regular	bastante
Conocimientos bio-ecológicos	55 %	35 %	5 %	-	45 %	54 %
Métodos de monitoreo y evaluación	55 %	25 %	-	15 %	60 %	25 %
Enfoque de género	60 %	30 %	10 %	15 %	40 %	40 %
Métodos participativos	60 %	35 %	-	20 %	45 %	30 %

En una evaluación ex-post de sus aprendizajes principales en 1999 los extensionistas mostraron un fortalecimiento de capacidad en conocimientos bio-ecológicos, métodos de monitoreo y evaluación, enfoque de género y evaluación participativa . Aún así está claro que estos técnicos podrían aprovechar de capacitaciones adicionales en sus conocimientos del cultivo y las plagas y en sus métodos de trabajo con familias productores.

Para el año 2000 el Programa ampliará su cobertura de trabajo en Nicaragua para incluir 4400 familias productoras, 140 extensionistas y 57 instituciones.

### La caficultura centroamericana: Enlazando un futuro compartido

El Programa MIP/AF de CATIE con financiamiento de NORAD considera que la caficultura centroamericana está dotado con una enorme riqueza. Cuenta con suelos volcánicos y climas especiales que permiten la producción de cafés de alta calidad. Los mercados de Europa y Norteamérica muestran un creciente interés en el café amigable para pájaros, el café justo, el café orgánico y el café natural. De mayor importancia aún es la experiencia de las familias cafetaleras, extensionistas y especialistas involucrados en la producción de café. En América Central tenemos a cinco institutos nacionales de café, muchas universidades y ONGs, cientos de cooperativas y asociaciones de caficultores y miles de familias cafetaleras, todos con su propia experiencia y con sus propios planes de cómo mejorar hacia las décadas venideras. Esta base de información y de experiencia a veces dispersa amerita esfuerzos múltiples de articulación. Esperamos que el Programa MIP/AF de CATIE será uno de muchos y que cada uno contribuya a un mejor enlace de experiencias.





# INMUNOLOGY OF INSECTS: DEFENSINS, CECROPINS, TRANSFERINS AND PEPTIDE PARASITE INTERACTION.

Carl Lowenberger<sup>1</sup>

I am extremely grateful to the organizing committee of SOCOLEN for inviting me to Medellín. It is indeed a great honor and a privilege to have the opportunity to participate in the annual meeting of the Colombian Society of Entomology. Having had the opportunity to participate as a student many years ago, I know the quality of the presentations and the range of research that is presented. I apologize for the quality of my Spanish. But if there are any problems, I will be available for discussions throughout the conference. My talk today will address a relatively new area of entomology- that of the immune response of insects: the mechanisms that insects use to protect themselves from pathogens, and the potential role of these responses to determine the ability of a mosquito to act as a vector for human parasites.

## INTRODUCTION

Insects represent one of the earth's most successful groups of organisms, colonizing essentially every niche possible, with the exception of the oceans. One factor contributing to this success in exploiting such diverse ecological niches is their ability to defend themselves against harmful pathogens and parasite. Insects can mount an extremely effective response against invasion by prokaryotic and eukaryotic pathogens involving both cellular and humoral factor. These responses may include phagocytosis of bacteria, formation of nodules containing large aggregates of bacteria, the melanotic encapsulation of metazoan parasites or the use of potent antimicrobial peptide.

These inducible responses, including those that result in the production of immune peptides, have been incorporated into what is termed innate immunity in both animals and plants. Immune peptides are quickly expressed *de novo* and delivered to the appropriate site to defend the organism in a manner that is neither learned or acquired, unlike the hallmark characteristics of classical immunology. The innate immune system of insects is a complex interactive system used extensively by all genera to protect themselves from infection from bacteria, fungi, and parasites, and although the insects' innate system lacks the sophistication of the mammalian system, there are similarities between different taxa that would suggest common origins of some immune molecules.

---

<sup>1</sup> University of Wisconsin-Madison, USA. Lowenberger@ahabs.wisc.edu

The role and goal of the innate immune system is a rapid and effective elimination of invading pathogens. We can find examples of innate immunity from primitive and advanced organisms; genes encoding immune molecules have been isolated from plants, mammals, birds, amphibians, fish and many classes of invertebrates, especially the insects. Because very similar molecules have been isolated from such diverse taxonomic groups, it has been proposed that the efficacy of these ancient molecules has perpetuated their presence through evolutionary diversification.

It is now becoming apparent, as more and more related immune peptides are being isolated from very diverse taxa, that antimicrobial peptides are key, and highly conserved elements of the innate immune system in both animals and plants. Since the first cecropin molecule was identified and characterized in the laboratory of Hans Boman, over 170 immune peptides have been isolated from insects alone. This potent arsenal of antimicrobial peptides results in hemolymph concentrations from 1-100  $\mu\text{M}$  within 24h of pathogen stimulation. These peptides have been classified into specific families by their physical structure and several recent reviews have described in detail these families of compounds, their range of activity and the taxa from which they have been identified.

It is interesting to note that closely related insects often have the same peptides in their antimicrobial repertoire, but do not rely on the same peptides as their major response to microbial invasion. Although the origins and evolution of these peptides in invertebrates may have arisen from common ancestors before the divergence of the insects, specific peptides are preferentially expressed by different species.

My talk will address the antimicrobial peptides used by insects in general, and specifically by mosquitoes, and will review the growing literature on the role of these immune peptides in determining the competence of mosquitoes to transmit parasites. Mosquitoes are unquestionably the most important arthropod vectors of diseases to humans and are responsible for the transmission of malaria, lymphatic filariasis, and numerous arboviruses including yellow fever and Dengue fever. One of the main questions we have is a) why do only some mosquito species transmit diseases, b) why do some mosquitoes kill their parasites, and c) why do all mosquitoes not kill their parasites? What are the fitness and evolutionary costs to either killing or not killing ingested parasites?

Over the last few years, several immune peptides have been isolated and characterized from mosquitoes. These include defensin, cecropins, and a specific peptide active solely against Gram negative bacteria. Other molecules found in mosquitoes that may have a role in antibacterial activity include insect transferrins. It generally is accepted that the site of production of antimicrobial peptides is the insect fat body, the functional equivalent of the mammalian liver. However, in some species immune peptides have been found in hemocytes, salivary glands, genital tracts, and the cuticle. As such many of the insect immune peptides may be produced as larger precursors that are transported to the



hemolymph and subsequently to specific locations and activated by a cleavage of the precursor molecule.

## INSECT DEFENSINS

Insect defensins were described first from the flesh fly *Sarcophaga peregrina* and independently from *Phormia terranova*. Since these initial reports, over 30 defensins have been reported from Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Trichoptera, Odonata, and related molecules reported from scorpions and molluscs. Functional analogues also have been reported from mammals and plants. Insect defensins contain 34-43 residues (with the exception of the defensins isolated from royal jelly and the honey bee. A characteristic of the insect defensins is the presence of 6 cysteine residues that combine to form three intramolecular bridges to provide the characteristic 3-dimensional structure. The molecule consists of an N-terminal loop (residues 4-14, an  $\Upsilon$ -helix structure, (residues 15-23), and a 2-stranded twisted antiparallel  $\beta$ -sheet (residues 27-31 and 35-39). The structure is stabilized by 2 of the disulphide bridges between the  $\Upsilon$ -helix and the  $\beta$ -sheet (Cys2-Cys5, Cys3-Cys6) forming the "cysteine-stabilized  $\Upsilon$ - $\beta$  motif" described by Cornet et al. This motif is present in other families of peptides, such as scorpion toxins and plant  $\epsilon$ -thionins, and similarities have been described for the antifungal peptide, drosomycin. In insect defensins the disulphide bridges that maintain stability of the molecule are Cys1-Cys4, Cys2-Cys5, and Cys3-Cys6.

Defensins have been isolated from several orders of insects: from the higher insects such as the Diptera (*Drosophila* and mosquitoes), and Coleoptera, and also from ancient insects such as dragon flies (*Aeshna cyanea*), which evolved about 100 million years before the emergence of mosquitoes. Functional analogues also have been isolated from amoebae, nematodes, scorpions, molluscs mammals and plants. The presence of defensin like molecules in such a diverse group of taxa suggests an ancient origin whose importance in protecting self against microbes has maintained the prominence of this peptide family through evolutionary divergence.

Insect defensins are active against many Gram positive, and a few Gram negative bacteria. Activity against Gram positive bacteria is carried out almost immediately with a lytic effect on the bacterial membranes. These membranes are permeabilized, resulting in a loss of cytoplasmic potassium, a depolarization of the inner membrane, reduced amounts of cytoplasmic ATP, and a reduction in respiration.

Three insect defensin isoforms have been isolated from *Ae. aegypti*, one from *An. gambiae*, and we have corresponding cDNAs from *Culex pipiens*. In *Ae. aegypti* the peptides were isolated from whole bodies of insects 24h after being inoculated with bacteria. Subsequent peptide analysis of the hemolymph of bacteria-inoculated mosquitoes confirmed that defensins are the predominant antibacterial peptide produced by this species.



Of the three isoforms of defensin isolated from *Ae. aegypti*, we believe that A and B are allelic variants of the same gene whereas isoform C likely is a separate gene. In the samples used in the initial study, the peptides corresponding to isoforms A and B were found in equal amounts in the insects whereas the peptide corresponding to isoform C was found at levels only 20% of A and B, and there are differences in the length and composition of the signal peptide region of the pre-pro defensins. Defensins are transcribed in the midguts of naïve mosquitoes, but only transcripts for isoform C were detected by RT-PCR, and these were up-regulated in the presence of a bloodmeal. The presence of lower amounts of isoform C in the mosquito, but its major presence in the midgut and the much greater levels of isoforms A and B in the hemolymph probably reflects tissue specific expression patterns. In immune activated mosquitoes, transcription for defensins continues for 21 days after inoculation with bacteria, and about 7-10 days after sterile injury.

If we consider the developmental stages of the mosquito, we only find transcription for defensin in the white or callow pupal stages, and no transcription in any of the larval stages. We thought initially that this may have been due to entry of bacteria through the soft white cuticle of the callow pupae during metamorphosis, or by a contamination of the hemocoel following the histolysis of the immature gut in the larva-pupa-adult transformation. However, because we do not see a similar transcriptional profile for cecropins (see below) in *Ae. aegypti*, which should occur if bacteria entered the hemocoel from the gut or through the cuticle, the transcription for defensin may be a developmentally regulated event independent of the presence of bacteria.

In *An. gambiae*, the major vector of malaria in sub-Saharan Africa, there is a similar pattern of transcription for defensins, but transcripts are short lived compared to *Ae. aegypti*, and there is not the similarly high level of defensin in the hemolymph of *An. gambiae* (1-5  $\mu$ M) as is the case with *Ae. aegypti* (45 $\mu$ M). Whether this reflects a more potent peptide in *An. gambiae* that is able to combat invading pathogens at a lower concentration, or the use of other, currently unknown, immune peptides is unknown. However, there are several differences in the transcription of insect defensins in these two mosquito species. In *Ae. aegypti* there is a low level of transcription for defensins in the midgut of naïve mosquitoes, that increases with the ingestion of a bloodmeal. In *An. gambiae*, an increase in transcription occurs when *Plasmodium* parasites are ingested in the bloodmeal, although not so with a non-parasite-infected bloodmeal. In addition, by RT-PCR, Dimopoulos et al. demonstrated that defensin transcripts were found in the salivary glands 10 days after ingesting a *Plasmodium*-infected bloodmeal. In contrast, in *Ae. aegypti*, no transcripts were found by Northern analysis in whole body RNA extracts 10 days after ingesting a *P. gallinaceum*-infected bloodmeal. Whether these differences are due to different techniques used (northern analysis versus RT-PCR) or due to differences between mosquitoes of different genera remains to be elucidated.



## CECROPINS

Cecropins were the first of the inducible antimicrobial peptides to be isolated and characterized. Approximately 20 cecropins have been reported from several Lepidoptera and Diptera, and from the intestine of pigs. These peptides are 31-39 residue proteins, devoid of cysteines, and generally amidated on the C-terminus. The helical structure of this molecule was described as two helices joined by a Alanine-Glycine-Proline hinge. The N-terminal region forms an amphipathic  $\Upsilon$  helix with equal hydrophobic and hydrophilic regions. The C-terminal region is more hydrophobic. Cecropins are active against Gram-negative and Gram-positive bacteria: the mode of action seems to be through binding to the acidic components of the cell membrane, and inducing changes in cell permeability. Because of the amphipathic nature of the helices it has been proposed that the molecules bind to the cell membrane, inducing channel formation. In this "barrel-stave" mechanism trans-membrane amphiphilic  $\Upsilon$ -helices form bundles that have outwardly facing hydrophobic surfaces that interact with membrane lipid regions, and inwardly facing hydrophilic regions that induce the pore.

Cecropins were originally isolated from Lepidoptera and, with the exception of cecropin D from *Bombyx mori*, all cecropins previously reported from insects have a tryptophan residue as the first or second amino acid in the mature peptide sequence. However, with the sequences we now have from mosquitoes (one obtained from immune-activated *Ae. aegypti*, one from a screen of a genomic library, and found expressed in immune activated mosquitoes, 3 cDNA sequences found in bacteria exposed cells of an *Aedes albopictus* cell line, and one from *An. Gambiae*) no mosquito cDNA sequence has a tryptophan residue in this position. Another common feature of the cecropins is the blockage of the C-terminus by an amine group, a feature absent in the cecropins isolated from *Ae. aegypti*, but present in those isolated from *An. gambiae* and *Ae. albopictus*. These features are considered significant because in *H. cecropia* the activity of a synthetic analogue deficient in the tryptophan residue was significantly reduced. Similarly in *S. peregrina*, an amidated cecropin molecule had a 4-fold greater antimicrobial activity than did the molecule with a free carboxylic group. Similar results implicating the importance of these two features have been reported by other authors. That the *Ae. aegypti* cecropin is not as active against bacteria as is the corresponding molecule from *Drosophila*, may reflect the lack of these two features in the mosquito cecropin.

From a phylogenetic perspective, cecropin like molecules are not limited to insects. Similar molecules have been isolated from tunicates, marine invertebrates belonging to the genus Chordata, from the intestine of a pig and from bovine adrenal glands once again exemplifying the diversity of taxa in which these immune peptides are found.



## TRANSFERRINS

Transferrins (TF) are molecules normally associated with transport of iron in vertebrates, and may play a role in limiting iron supplies to, and thus starving, parasites. Iron bound to lactoferrin found in mucosa and transferrin in blood serum and interstitial regions may lower the availability of free iron to levels below those needed by pathogens to survive. In insects transferrins have been isolated from *M. sexta*, *S. peregrina*, *D. melanogaster* and the mosquito *Ae. aegypti*. The insect transferrins differ from those isolated from mammals in that the insects have the characteristic iron binding residues in the N-terminal region, but lack the iron binding domain in the C-terminal region. It has been speculated that this modification has arisen as a mechanism to reduce iron piracy by microorganisms. In *Ae. aegypti* there is an upregulation in TF transcripts after bacterial inoculation or the injection of filarial worms. There is a similar increase in TF transcripts in *D. melanogaster* upon bacteria inoculation. When filarial worms were introduced into the hemocoel of *Ae. aegypti*, the transcripts were found in the hemocytes at the time when the mosquito was melanotically encapsulating the worms. However the process of injecting the worms also may have initiated the up regulation. We have been studying the immune response, including transferrin production, of another mosquito, *Armigeres subalbatus*, to infections with filarial worms. This is an ideal model to use because *Ar. Subalbatus* melanizes >95% of the microfilariae of *Brugia malayi* ingested in a blood meal. In this species the introduction of bacteria significantly increases transcription of TF, but TF transcripts also increase significantly during the melanotic encapsulation of *B. malayi*. It is enticing to suggest that TF plays dual roles in the mosquito: that of iron transport in general, and as an immune response to pathogens or parasites to reduce their ability to establish and proliferate within the hemocoel during the period required for the production of other immune peptides.

One of the interesting aspects in looking at the different immune peptides in different insect species is the fact that even closely related Diptera do not produce the same molecules at the same concentration. Even making general references to the response of mosquitoes to a particular stimulus may be inappropriate because all species do not respond similarly. For instance, *Ae. aegypti* produces defensin in great amounts- about 45 $\mu$ M in the hemolymph, and cecropin at about 1-5  $\mu$ M, but *An. gambiae* produces defensin and cecropin at about 1 $\mu$ M, and *Drosophila* produces defensin at 1 $\mu$ M and cecropin about 10 $\mu$ M. Whether these differences are related to the environments in which these different organisms live, and on the bacteria to which they have been exposed through evolutionary time, remains to be examined. When we examine the phylogenetic relationships of the cecropins and defensins solely within the insects, it is common to make comparisons between taxonomic groups. However, environmental factors and specific niches inhabited by particular insects also may have played a role in the evolution and preponderance of use of specific peptides based upon the selective pressures to which these organisms have been exposed. In the analysis of cecropins, the terrestrial Diptera and Lepidoptera arise from one branch whereas the Diptera with aquatic immature stages,



the mosquitoes, arise from a different branch. Similarly with the defensins, the terrestrial Diptera, as well as other terrestrial insect orders arise from a different branch than do the mosquitoes. To test the hypothesis of environmental effects on the preferential expression of particular immune peptides will require a more detailed analysis encompassing more species from different environments, and the microbial fauna in these diverse locations, than is currently feasible.

## PEPTIDE-PARASITE INTERACTIONS

Insect immune peptides generally have been considered ineffective against eukaryotic cells. However, there is a growing literature on the effects of these immune peptides on parasites normally transmitted by mosquitoes. Gwadz et al. injected cecropins and magainins into mosquitoes, and reported a significant reduction in development of *Plasmodium* sp. Since this first report, several laboratories have reported similar results. Jaynes et al (1989) used a modified synthetic cecropin, Shiva, to reduce the development of *Plasmodium* sp. Further modifications of the cecropin molecule subsequently were used to prevent *Plasmodium* development. Chalk et al. (1995) co-injected cecropins with the nematode *Brugia pahangi* into *Ae. aegypti*, and Albuquerque et al. (1996) co-injected mosquito defensins and *B. pahangi* into *Ae. aegypti*. Both studies reported a reduction in parasite development. We reported that the inoculation of bacteria into the hemocoel (a process normally done to activate the immune system of mosquitoes) and then subsequent feeding of these mosquitoes on a gerbil infected with *Brugia malayi*, resulted in significant reductions in both parasite prevalence (percent of mosquitoes that became infected) and mean intensity of infection (mean number of parasites/ infected mosquito). Depending on the parasite burden to which the mosquitoes were exposed, prevalence was reduced to 50-57% in immune activated mosquitoes while non-inoculated controls had a prevalence of 92-97%. Similarly the mean intensity of infection was reduced from 8-16 worms / mosquito in the controls to 2.3-2.5 worms / immune activated mosquito. When the mosquitoes were exposed to extremely high numbers of parasites the hosts apparently were overwhelmed in their efforts to eliminate the parasites, and numbers were no different from naïve controls. Interestingly, in this study the microfilariae that were ingested by the mosquito, and which subsequently penetrated the midgut and entered the hemocoel, were found dead in the immune-activated mosquitoes. This killing apparently occurred after entering the hemolymph, and before the nematodes could reach the thoracic musculature where they normally develop. However, there was no evidence of melanotic materials being deposited on the worms, thus killing them, as is in the case of some mosquito-nematode relationships.

In a subsequent study we studied the effect of immune activation of *Ae. aegypti* on the development of *Plasmodium gallinaceum*. As was the case with *B. malayi*, the immune activation process had a significant effect on the number of parasites that developed within the mosquito. However, the timing of events was critical: Only those mosquitoes immune activated before, or immediately after bloodfeeding demonstrated this reduction



in parasite development. Mosquitoes immune activated 1-5 days after bloodfeeding demonstrated no reduction in oocysts on the midgut as compared to naïve controls. These results implicated the ookinete as the susceptible parasite stage that was being killed. Approximately 24h after bloodfeeding, the ookinetes leave the blood bolus, migrate through the midgut wall, and establish on the hemolymph side of the midgut, beneath the basal lamina, where they form oocysts. As this study found very few oocysts, the authors assumed that the parasite killing factors had acted on the ookinetes. These data appear to conflict with those of Shahabuddin et al. (1998) who injected purified defensins isolated from *P. terranova* and *A. cyanea* into *Ae. aegypti*. In this study there was no effect of defensins *in vitro* or *in vivo* on the ookinetes or early oocysts, whereas later oocysts and sporozoites were killed by the defensins. However, whereas bacteria inoculation produced a significant reduction in prevalence, as well as in mean intensity of infection in one study injection of purified defensins did not reduce the prevalence of infection in another study. The results of these two studies may differ because of the methodologies used: we injected bacteria into the hemocoel, a process that turns on the expression of many immune peptides, some of which, alone or acting in concert, may have had an effect on the developing ookinetes, whereas in the study by Shahabuddin et al. one individual peptide, defensin, was evaluated.

In order to determine what specific peptides are involved in the parasite killing effects reported, we need a mechanism by which we can express a particular peptide within the mosquito host, without expressing the complete arsenal of immune factors. The development of the Sindbis virus as a transient transducing vector for the expression of specific peptides has been developed for use by the AIDL at Colorado State University. Although the original viral construct had to be injected into the mosquitoes, the development of a double subgenomic construct that is orally infectious to *Ae. aegypti* will prove invaluable in assessing the effects *in vivo* of particular peptides on developing parasites within mosquitoes.

There is no doubt that there are many more immune peptide molecules produced by mosquitoes and other insects, and the search continues to isolate, identify, and characterize them. With the recent announcement to sequence the entire genomes of *Ae. aegypti* and *An. gambiae* future discoveries of genes coding for immune peptides will be able to probe these microchip libraries to find large flanking regions of these genes and such advances will no doubt increase the speed with which we can define the regulatory elements and promotor regions of specific genes. Similarly, with the ever expanding databases of sequences from diverse organisms, database searches will rapidly be able to discern the same genes within related species, members of the same gene family in diverse taxa, or even propose ancient precursor or ancestral genes that have evolved differently through different taxa.

However, gene sequence data alone will not allow us to determine what biological factors within mosquitoes act alone or in concert to induce or enhance the expression of



particular peptides encoded by these genes or what signalling molecules are used for chemical communication between cells and tissues. The regulation of several immune peptides through Toll/ IMD pathways has been described in *Drosophila*, and these are, in all likelihood, similar in mosquitoes. However, the mechanisms, molecules, and means by which mosquitoes in particular, and insects in general, recognize non-self and then initiate the chain of events that results in the high concentrations of immune factors in the hemolymph is the holy grail of insect immunity today.

So what are the fitness costs to mounting an immune response? First of all, do parasites have a cost to the host? There is no doubt that certain parasites have a detrimental effect on the host- causing a reduction in reproductive potential. The following slides demonstrate the costs to mosquitoes in mounting a melanotic encapsulation response. The precursor to the end product of melanin production is tyrosine- and this is also a major nutrient required for egg development. Therefore, any response that requires tyrosine to respond to parasites reduces the tyrosine available to egg production.

In terms of the immune peptides, there is no known effect of their production on the longevity or reproductive potential. So the question arises as to why not use this system to kill parasites? But we have demonstrated that this aspect of the immune response is not turned on under normal conditions. This is yet another aspect of insect immune responses that we simply do not understand.

Most of the data presented here has been generated in mosquitoes. However, in every insect studied, there are immune responses that have contributed to their success. The study of innate immunity has several avenues of research- identifying novel antimicrobial molecules that may be used in the future for controlling human infections, understanding the origin of the mammalian innate immune response. In addition, for many of us working in biological control programs with pathogens and parasites, often we do not understand why failures exist. Perhaps by understanding the immune response of the target insect, we can modify the agent of control to increase the potential for success.

The field of insect immunity is only 20-25 years old. There is so much more to understand- and everyone attending this Congress of entomology, in all areas of entomology, can benefit by understanding this area of insect biology that has contributed to the success of the animals that all of us study.





# POTENTIAL OF *Bacillus thuringiensis* (Bt) IN THE BIOCONTROL OF STORED PRODUCT INSECT PESTS<sup>1</sup>

Dr. Ferruccio Gadani<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Insect infestations in storage premises cause serious damages to agricultural commodities and manufactured consumer products. The cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) and the tobacco moth, *Ephesia elutella* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae) are the major insect pests of both raw and manufactured tobacco. Post-harvest tobacco control is achieved through sanitation, insect monitoring, and fumigation with phosphine. However, resistance of stored product insects and control failures have been reported for conventional chemical insecticides, which are subjected to increasingly stringent regulatory action. The integration of conventional stored product infestation control approaches such as fumigation with novel systems based on biological agents may allow in the future the reduction of the risk of insecticide resistance development by deploying control tools with different modes of action simultaneously.

Biological control agents such as *Bacillus thuringiensis* (Bt) appear therefore to be environmentally sound and potentially viable alternatives to chemical control. Bt is a bacterium which produces insecticidal crystal proteins during the sporulation phase and has been for more than 40 years the microorganism of choice for the biocontrol of phytophagous insect pests. Moreover, Bt strains have been recently isolated from a variety of leaf surfaces, indicating that it may be considered part of the naturally occurring phylloplane microflora.

Our laboratory has conducted extensive research and worldwide surveys to evaluate the presence of Bt in stored tobacco and has isolated and characterized several strains that exhibit insecticidal activity against the larvae of *L. serricorne*.

## INTRODUCTION

Insects are the most significant pests of stored products since ancient times (Levinson and Levinson, 1999). Unlike rodents and birds they are not easily excluded from stores by physical barriers and are well adapted to life in the storage environment. Economic damage caused by insect pests include weight loss due to direct feeding, and quality reduction by contamination with excreta, dead insects and waste products. Moreover,

---

<sup>1</sup> Prepared with the collaboration of Dr. Michel Blanc (Philip Morris Europe R&D, Neuchâtel, Switzerland) and Ms. Pascale Kaelin, consultant (Chapel Hill, NC, USA).

<sup>2</sup> Manager of Biotechnology Research. Philip Morris Europe, Research & Development CH-2003 Neuchâtel Switzerland.

insects may facilitate product deterioration due to contamination with molds, that grow well in the moist and warm microhabitat of the infested product. In stored grains and pulses it is estimated that insects account for 10% of the losses recorded in developed countries, and up to 30% in countries where modern storage technologies have not been introduced. Beetles feed on stored products as both adults and larvae, whereas moths feed on them only as larvae (Ryan, 1995).

The cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) and the tobacco moth, *Ephesia elutella* (Hb) (Lepidoptera: Pyralidae) are the major insect pests of stored and processed tobacco (Massey, 1999; Ryan, 1995). *L. serricorne* is native to the Mediterranean region, as indicated by its discovery in 3000 year-old dried resins and mummy-filling materials found in Egyptian pyramids. Damage to tobacco is caused by the insect larvae that eat the stored leaf and contaminate the product with excreta and body oils. *L. serricorne* is particularly suited to tropical regions and is known to infest and consume tobacco at all stages of the manufacturing process, resulting in spoilage of at least 1% of tobacco stocks per annum.

Commodities such as grains, beans, spices, dried fruit and vegetable, dried fish and leather can also be infested by the cigarette beetle (Ashworth, 1993 a).

The tobacco moth, *E. elutella*, also known as the cocoa or warehouse moth, is indigenous to the Northern Hemisphere, being adapted to temperate climates and intolerant to long exposures to high temperatures. Similarly to *L. serricorne*, larvae of *E. elutella* can breed on a wide variety of stored products, such as flue cured and oriental tobacco, grains, cocoa beans, dried fruit, coffee and pepper (Ashworth, 1993 a).

Insect infestations of stored tobacco are controlled by sanitation and fumigation with magnesium phosphide formulations (Ryan, 1995, 1999). However, resistance to phosphine and control failures have been recently reported for *L. serricorne* in tobacco warehouses (Rajendran and Narasimhan, 1994). Although phosphine fumigation has many desirable properties, pressure is being put on legislators to dramatically reduce the use of chemical insecticides, including fumigants, some of which are already being phased out. An alternative to chemical insecticides in pest control appears to be the use of biological control agents based on naturally occurring organisms or systems and their metabolites (bacteria, fungi, viruses) (Eberhardt, 1997).

To date, the insecticidal bacterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) is the most widely used biocontrol agent. It has been used for crop protection worldwide since 1959 with the best safety and environmental record among all pesticides. As of 1998, there were nearly 200 registered Bt products in the United States (Schnepf *et al*, 1998), including products to control field tobacco pests, *Heliothis virescens* (F.) and *Manduca sexta* (F.), and farm-stored tobacco pest *E. elutella* (Hb.). It has also been used with excellent results against



storage pests *Plodia interpunctella* (Indian meal moth) and *Cadra cautella* (almond moth).

Bt is a ubiquitous Gram-positive, spore-forming bacterium that forms parasporal crystals during the stationary phase of its growth cycle. A variety of Bt strains have been isolated worldwide from many habitats, including soil (De Lucca, Simonson and Larson, 1981; Martin and Travers, 1989; Travers, Martin, and Reichelderfer, 1987), insects and stored-product environments (Kaelin, Renaud and Hofer, 1990; Kim *et al.*, 1998; Meadows *et al.*, 1992). Isolation from the phylloplane of many plants including tobacco (Damgaard, Hansen, Pedersen, and Eilenberg, 1997; Damgaard, Abdelhameed, Eilenberg, and Smits, 1998; Kaelin, Morel and Gadani, 1994; Liu *et al.*, 1999; Ohba, 1996; Smith and Couche, 1991) indicates that Bt is part of their natural microflora.

Bt was originally characterized as an insect pathogen, and its insecticidal activity was attributed largely or completely (depending on the insect) to the insecticidal crystal proteins (ICPs). After ingestion by a susceptible insect, the crystals are solubilized in the midgut and processed by midgut proteases into an active toxin. The toxin then acts in a highly specific manner by binding to glycoprotein receptors of the midgut, inserting into the apical membrane and creating ion channels or pores, which lead to cell lysis and death of the host (reviewed in Schnepf *et al.*, 1998).

Many Bt crystal proteins (and the genes coding for them) have been described with an activity spectrum including primarily insect species of the order Lepidoptera, some Diptera and, more recently, species of Coleoptera. There are more recent reports of Bt isolates active against other insect orders (Hymenoptera, Homoptera, Orthoptera, and Mallophaga) and against nematodes, mites, and protozoa (Feitelson, Payne and Kim, 1992; Feitelson, 1993). Powerful biochemical and molecular techniques have been employed to enlarge the narrow spectrum of activity of Bt in order to address multiple insect infestation problems faced by farmers in the field. Moreover, the recent advances in plant genetic modification have facilitated the design of novel and efficient delivery systems for ICPs proteins (Estruch *et al.*, 1997; Peferoen, 1997), with tobacco being the first experimental Bt transgenic plant developed in 1987 (reviewed in Gadani, Ayers, and Hempfling, 1995). Insect-resistance crops expressing Bt genes are today grown commercially on 8.9 million hectares worldwide (James, 1999).

The first systematic attempt to organize the genetic nomenclature was carried out in the late 1980s and relied on the insecticidal activities of crystal proteins (Höfte and Whiteley, 1989). The *cryI* genes encoded proteins toxic to lepidopterans; *cryII* genes encoded proteins toxic to both lepidopterans and dipterans; *cryIII* genes encoded proteins toxic to coleopterans; and *cryIV* genes encoded proteins toxic to dipterans alone. Since then, the number of sequenced crystal protein genes has grown from 14 to well over 100 and the Bt nomenclature has been revised (Crickmore *et al.*, 1998).



In the past it was hoped that insects would not develop resistance to Bt toxins, since Bt and insects had coevolved. Starting in the mid-1980s, however, different levels of resistance to Bt were found in several insect species in laboratory selection experiments (reviewed in Schnepf *et al*, 1998). The first case of field-selected resistance to Bt was reported for Hawaiian populations of diamondback moths, *Plutella xylostella* (Tabashnik *et al*, 1994). Since then, other cases of resistance to Bt have been recorded in numerous regions of the world. Scientists have thus proposed different resistance management strategies, e.g. the use of multiple toxins, ultrahigh dosages and spatial or temporal refugia. Companies developing Bt-biopesticides and Bt-transgenic plants formed the Bt Management Working Group in 1988 to promote the judicious use of Bt products, and researchers in many laboratories are characterizing resistance to Bt and seeking ways to combat it.

The objectives of our research program were to isolate Bt strains from the stored tobacco environment and to test their efficacy against *L. serricornis*, with the perspective of developing alternative or integrated tools for biological control of stored tobacco pests. This paper summarizes the results of investigations and insecticide bioassays conducted at Philip Morris Europe R & D laboratories in 1992-1999.

### **Investigations on the natural microflora of the tobacco leaf**

the bacterial populations of cured tobacco leaves consist almost exclusively of Gram-positive spore-forming bacteria belonging to the genus *Bacillus* (> 95%) (Geiss, 1989; Gottscho and Lin, 1988; Kaelin, Renaud and Hofer, 1990; Kaelin, Zaugg and Gadani, 1995). The vast majority of this bacterial community consists of dormant spores. Our studies indicated that total counts of bacteria of burley, flue cured and oriental tobacco types are in the range of  $10^3$  -  $10^6$  bacteria (CFU) per gram, with *B. pumilus* being the predominant species in all studied tobaccos. Three other species were found to occur at high frequency, with proportions greatly varying according to the tobacco types: *B. subtilis*, *B. megaterium*, and *B. licheniformis*. The predominance of *Bacillus* spp. on dried tobacco leaves can be explained by their ability to form resistant spores which allow them to survive through the successive heat treatments and desiccation of post-harvest tobacco processing (Kaelin, Renaud and Hofer, 1990; Kaelin, Zaugg, and Gadani, 1995).

### **Isolation and identification of Bt associated with the stored-tobacco environment**

Our laboratory conducted a survey to evaluate the worldwide occurrence, distribution and diversity of Bt in the stored tobacco environment. A total of 126 samples of tobacco dusts and scraps, processed tobacco or dead tobacco beetles were collected in tobacco warehouses and manufacturing facilities of 15 countries. A total of 107 Bt strains were isolated from 27% of the samples and were subsequently differentiated into 3 main subgroups on the basis of crystal morphology, crystal protein characterization (SDS-



PAGE and Western blot analyses) (Kaelin, Morel and Gadani, 1994) and PCR-based DNA analysis/gene sequencing (Kaelin, Zaugg, Albertini and Gadani, 1999):

- Cry1, lepidopteran-specific related strains (18%)
- Cry2, lepidopteran/dipteran-specific related strains (23%)
- Cry3, coleopteran-specific related strains (59%)

### **Isolation and identification of Bt associated with cured tobacco leaves**

More recently, we carried out a second worldwide survey to evaluate the frequency and distribution of Bt populations present on the surface of cured tobacco leaves during post-harvest storage. A total of 133 tobacco samples of different types (flue cured, burley, oriental and Maryland) and geographical origins (18 countries) were analyzed. Bt could be isolated from 9% of the samples and 24 strains were isolated and characterized. PCR analysis revealed seven distinct cry1 profiles and one cry3 profile (Kaelin and Gadani, 2000).

In contrast to the previous study, which investigated the presence of Bt in the stored tobacco habitat, the leaf survey results showed:

- a higher proportion of isolates harboring Cry1-Type proteins (the predominance of isolates producing anti-lepidopteran type proteins has also been reported for Bt strains recovered from other plants (Smith and Couche, 1991).
- a much lower incidence of Bt strains on the cured tobacco phylloplane when compared to Bt levels in dust and scraps.

However, the genetic diversity observed confirmed our previous reports on the presence of diverse populations of Bt in the phyllosphere of tobacco (Kaelin, Morel and Gadani, 1994). Some strains showed characteristics of Bt subsp. *kurstaki* HD-1. This could point at residues of insecticidal sprays, Bt being used in certain countries as a foliar insecticide in the field control of tobacco budworms and hornworms.

Our findings were also consistent with the results of several studies reporting that Bt is a naturally occurring organism on the phylloplane of many plants (Damgaard, Hansen, Pedersen and Eilenberg, 1997; Damgaard, Abdelhameed, Eilenberg and Smits, 1998; Ohba, 1996; Smith and Couche, 1991). In particular, Liu and coworkers of the Yunnan Academy of Tobacco Science (Kunming, China) have recently isolated from stored tobacco leaf a total of 491 Bt strains, which showed a predominance of rhomboidal crystals belonging to the Cry3 type (Liu, Dan, Wang, Wang, Gao and Wang, 1999). Orduz and coworkers of the Biological Research Corporation (Medellín, Colombia) have

also isolated Bt strains from stored tobacco and dead cigarette beetles. The majority of these isolates are active against *Spodoptera frugiperda* and *Culex quinquefasciatus* (S. Orduz, personal communication).

### Assessment of insecticidal activity of Bt on the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne*)

The insecticidal activity of selected tobacco Bt isolates was evaluated on *L. serricorne* first instar larvae<sup>3</sup>. Bioassays were carried out with both spore/crystal and purified crystal protein preparations using *in vivo* single organism assays.

Table 1 shows a summary of the results obtained with our Bt isolates as well as data obtained with two commercial products registered for agricultural use.

**Table 1.** Insecticidal activity of Bt spore/crystal preparations against *L. serricorne*.

Bt strain	Immuno/PCR homology with <i>Bt tenebrionis</i> (Btt)	Insecticidal activity after 7 days (% mortality) (control mortality = 1.5%)
Btt (anticoleopt. ref.)	+	62 - 76
Btk (antilepidopt. ref.)	-	20
Cry1-related isolates	-	6 - 18
Cry2-related isolates	-	2 - 12
Cry3-related isolates	+	34 - 83
Raven <sup>®</sup> (Ecogen)	N.D.	69 ± 15
oil <sup>®</sup> (Ecogen)	N.D.	86 ± 11

N.D.: not determined.

At the screening dose of 10 µg/7mg diet (total protein concentration of spore/crystal suspensions), larval mortality reached a maximum of 83% for certain tobacco Bt strains and 86% for Foil<sup>®</sup>. In general, spore/crystal mixtures exhibited a slightly higher insecticidal activity than purified protein preparations after 7 days (Kaelin, Zaugg, Albertini and Gadani, 1999). This could be due to synergistic effects between the proteins and the spores. The effectiveness of commercial products Raven<sup>®</sup> and Foil<sup>®</sup> was comparable to that recorded for the tobacco Bt strains (Kaelin, Zaugg, Albertini and Gadani, 1999) and thus indicates potential use of commercially available Bt products if toxicity potentiation can be achieved for the cigarette beetle. The Cry3-related isolates showed morphological, biochemical, and molecular characteristics similar to those of the reference strain *Bt* subsp. *tenebrionis* (Btt). Accordingly, based on quantification of

<sup>3</sup> Average size and weight: less than 1 mm long, less than 1 mg.



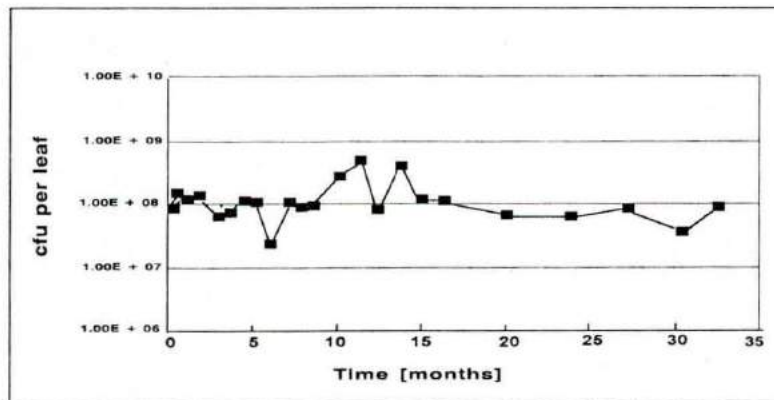
larval mortality (Table 2), cigarette beetle larvae appeared to have similar degrees of sensitivity to Btt and to the tobacco Bt isolates.

**Table 2.** Insecticidal activity of Bt crystal proteins against *L. serricornis* larvae.

Strain	Sample size, n	LC <sub>50</sub> <sup>4</sup> (µg/mg)	95% fiducial limits	Slope ± SE	X <sup>2</sup> (df)
<i>Tenebrionis</i>	1088	2.84	2.225-3.580	0.377 ± 0.063	12.14 (6)
PME 1401	382	4.43	3.374-5.836	0.503 ± 0.074	6.39 (6)
PME 2173	376	7.21	5.428-9.594	0.544 ± 0.068	4.49 (6)
PME 3904	1112	3.41	2.704-4.296	0.353 ± 0.039	5.38 (6)

### Stability of Bt crystal proteins and spores on cured tobacco leaves

The stability of spores and crystal proteins of Bt subsp. *tenebrionis* was evaluated over time on flue-cured tobacco leaves, which were stored at 23°C and 60% R.H. SDS-PAGE and bacterial count analyses were performed to monitor the degradation of the crystal proteins and the evolution of the Bt spore population, respectively. The crystal proteins showed a slight degradation after 16 months storage, and after 30 months all the proteins appeared almost completely degraded. Bt spore viability showed a very good stability over time (Figure 1).



**Figure 1.** Stability over time of spores of *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* applied to dry tobacco leaf and stored at 23°C - 60% R.H.

<sup>4</sup> It should be noted that the calculated LC<sub>50</sub> values may be overestimated because a dramatic reduction of insect feeding rate was observed when the larvae were exposed to crystal proteins (Kaelin, Zaugg, Albertini and Gadani, 1999).

## CONCLUSION

Work conducted in our laboratory has shown that some Bt isolates associated with dried tobacco leaves have insecticidal activity against the larvae of *L. serricornis*, indicating a potential use of Bt in the biological control of the cigarette beetle (Gadani, 1995; Kaelin, Zaugg, Albertini and Gadani, 1999). Moreover, Liu and coworkers recently reported 100% mortality obtained on *E. elutella* by using Bt strains isolated from stored tobacco (Liu *et al.*, 1999). These results along with those recently reported by other investigators (Mummigatti, Raghunathan, and Karanth, 1994) for coleopteran pests appear to confirm the potential of Bt as alternative or integrated pest control tool in stored products.

In addition, our research has demonstrated that diverse Bt isolates were present in 27% of the tobacco samples collected in warehouses and processing plants of the tobacco samples collected in warehouses and processing plants of 15 different countries, as well as in 9% of cured leaf samples of different types and origins. These results, which have been confirmed by other investigators, indicate that Bt is naturally present on the phylloplane of cured tobacco leaves and is indigenous to the stored-tobacco environment. Importantly, our experimental data with insecticidal doses of Bt applied to cured leaf suggest that Bt may retain its efficacy over a typical leaf storage period of time.

However, neither the *B. thuringiensis* strains isolated from stored tobacco nor the tested commercial products have yet shown satisfactory levels of mortality and potency at the required times and doses on *L. serricornis*. Consequently, research efforts should now be undertaken to screen further the tobacco and other environments and to assess academic and industrial collections for new and higher potency isolates to be tested on the cigarette beetle. As more information is gained on the biochemistry and molecular genetics of Bt, microbial biotechnology should provide opportunities to enhance the production and the activity of insecticidal proteins in Bt, and to reduce the risk of resistance build-up.

An alternative option would be the genetic modification of plants with multiple Bt genes active on both coleopteran and lepidopteran storage pests. The possibility of increasing the expression of cry genes by sequence enhancement and use of strong promoters has been demonstrated in plants and could be applied to improve both the efficacy and the delivery of Bt in the control of stored product insects.

The prevention and management of insecticide resistance remains an outstanding problem and a considerable challenge in the control of both field and stored product pests. Gaps exist in our knowledge of the genetic base and the biochemical mechanisms that lie behind the development of insecticide resistance in pests. The application of modern molecular marker-based techniques such as the amplified fragment length polymorphism (AFLP) is currently being investigated at our laboratory and will hopefully improve and strengthen our ability of early detection and control of resistant insect populations.



## REFERENCES

- ASHWORTH, J.R., 1993 a. The biology of *Ephestia elutella*. J. Stored prod. Res. 29: 199-205.
- ASHWORTH, J.R. 1993 b. The biology of *Lasioderma serricorne*. J. Stored Prod. Res. 29: 291-303.
- CRICKMORE, R. *et al.* 1998. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. Microbiol. Molec. Biol. 62: 807-813.
- DAMGAARD, P.H.; HANSEN, B.M.; PEDERSEN, J.C.; EILENBERG, J. 1997. Natural occurrence of *Bacillus thuringiensis* on cabbage foliage and in insects associated with cabbage crops. J. Appl. Microbiol. 82:253-258.
- DAMGAARD, P.H.; ABDELHAMEED, A.; EILENBERG, J.; SMITS, P.H. 1998. Natural occurrence of *Bacillus thuringiensis* on grass foliage. World J. of Microbiol. & Biotechnology. 2: 239-242.
- DE LUCCA, A.J.; SIMONSON, J.G.; LARSON, A.D. 1981. *Bacillus thuringiensis* distribution in soils of the United States. Can. J. Microbiol. 27: 865-870.
- EBERHARDT, H.J. 1997. Alternative forms of storage protection: biological insecticides for the control of the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne*) and the tobacco moth (*Ephestia elutella*). Beiträge zur Tabakforschung International. 17:35-51.
- ESTRUCH, J.J. *et al.* 1997. Transgenic plants; an emerging approach to pest control. Nature Biotechnology. 15:137-141.
- FEITELSON, J.S.; PAYNE, J. and KIM, L. 1992. *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond. Bio/Technology. 10:271-275.
- FEITELSON, J.S. 1993. the *Bacillus thuringiensis* family tree, p.63-71. In: KIM, L. (ed.), Advanced engineered pesticides. Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y.
- GADANI, F. 1995. *Bacillus thuringiensis* (Bt): Can biotechnology play a role in post-harvest tobacco infestation control? Abstr., Bergerac Tobacco Meeting, Bergerac, France, Sept. 5-6, pp.107-119.
- GADANI, F.; AYERS, D. and HEMPFLING, W. 1995. Tobacco: a tool for plant genetic engineering research and molecular farming. Part I. Agro-food Industry Hi-Tech. 6: 19-24.
- GEISS, V.L. 1989. Control and use of microbes in tobacco product manufacturing. In: 43<sup>rd</sup> Tobacco Chemists' Research Conference, Recent Advances in Tobacco Science. 15:182-212.
- GOTTSCHO, A.M. and LIN, J.L. 1988. Microorganisms in processing tobacco. In: REHM, H.J. and REED, G. (eds.). Biotechnology. vol. 6b. Special Microbial Processes, p. 757-769.
- HÖFTE, H. and WHITELEY, H.R. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol. Rev. 53:242-255.
- JAMES, C. 1999. Global review of commercialized transgenic crops: 1999. ISAAA Brief No. 12, 1999. The International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, Ithaca, N.Y.

- KAELIN, P.; RENAUD, J.M. and HOFER, M. 1990. biocontrol of tobacco microflora by D-alanine, abstr. APTS, 01, p.96, Abstr., CORESTA (Cooperative Centre for Scientific Research Relative to Tobacco). Symp. 1990:96, Oct. 7-10, Kallithea, Greece.
- KAELIN, P.; MOREL, P. and GADANI, F. 1994. Isolation of *B. thuringiensis* from stored tobacco and *Lasioderma serricornis* (F.). Appl. Environ. Microbiol. 60: 19-25.
- KAELIN, P.; ZAUGG, L. and GADANI, F. 1995. A plant surface microorganism as source of biocontrol agents against stored-product insect pests. Abstr., 6<sup>th</sup> Intl. Symp. on the Microbiol. of Aerial Plant Surfaces, Island of Bendor, France, Sept. 11-15, 1995.
- KAELIN, P.; ZAUGG, L.; ALBERTINI, A.M. and GADANI, F. 1999. Activity of *Bacillus thuringiensis* isolates on *Lasioderma serricornis* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). J. Stored Prod. Res. 35: 145-158.
- KAELIN, P. and GADANI, F. 2000. Occurrence of *Bacillus thuringiensis* on cured tobacco leaves. Current Microbiol. 40: 205-209.
- KIM, H.S. *et al.* 1998. Biological, immunological, and genetic analysis of *Bacillus thuringiensis* isolated from granary in Korea. Current Microbiol. 37:52-57.
- LEVINSON, H. and LEVINSON, A. 1999. Pest control of stored grain in antiquity. Informatore Fitopatologic. 49:13-18.
- LIU, Y. *et al.* 1999. Isolation of *Bacillus thuringiensis* from stored tobacco. In: YU, Z; SUN, M. and LIU, Z. (eds.). Biotechnology of *Bacillus thuringiensis*. Vol. 3: 362-267. Science Press, Baijing (China) (1999).
- MARTIN, P.A.W. and TRAVERS, R.S. 1989. Worldwide abundance and distribution of *Bacillus thuringiensis* isolates. Appl. Environ. Microbiol. 55:2437-2442.
- MASSEY, E.D. 1999. Stored tobacco: insects and their control. In: DAVIS, D.L.; NIELSEN, M.T. (eds.). Tobacco: Production, Chemistry and Technology. pp.338-345. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK (1999).
- MEADOWS, M.P. *et al.* 1992. Distribution, frequency, and diversity of *Bacillus thuringiensis* in an animal feed mill. Appl. Environ. Microbiol. 58:1344-1350.
- MUMMIGATTI, S.G.; RAGHUNATHAN, A.N. and KARANTH, N.G.K. 1994. *Bacillus thuringiensis* variety tenebrionis (DSM-2803) in the control of coleopteran pests of stored wheat. In: HIGHLEY, E.; WRIGHT, E.J.; BANKS, H.J. and CHAMP, B.R. (eds.). Stored Product Protection. Proc. 6<sup>th</sup> Intl. Working Conf. on Stored-product Protection. Vol. 2, p.1112-1115. CAB International, UK.
- OHBA, M. 1996. *Bacillus thuringiensis* populations naturally occurring on mulberry leaves - a possible source of the populations associated with silkworm-rearing insectaries. J. Appl. Bacteriol. 1:56-64.
- PEFEROEN, M. 1997. Progress and prospects for field use of Bt genes in crops. Trends Biotechnol. 15:173-177.



- RAJENDRAN, S. and NARASIMHAN, K.S. 1994. Phosphine resistance in the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (Coleoptera. Anobiidae) and overcoming control failures during fumigation of stored tobacco. *Intl. J. Pest Management.* 40:207-210.
- RYAN, L. (ed.). 1995. Post-harvest tobacco infestation control. Chapman & Hall, London, UK.
- RYAN, L. 1999. Tobacco storage, In: DAVIS, D.L. and NIELSEN, M.T. (eds.), *Tobacco: Production, Chemistry and Technology.* pp. 338-345. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK (1999).
- SCHNEPF, E. *et al.* 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol. Molec. Biol.* 62:775-806.
- SMITH, R.A. and COUCHE, G.A. 1991. The phylloplane as a source of *Bacillus thuringiensis* variants. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 311-315.
- TABASHNIK, B.E. *et al.* 1994. Reversal of resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 91:4120-4124.
- TRAVERS, R.S.; MARTIN, P.A.W. and REICHELDERFER, C.F. 1987. Selective process for efficient isolation of soil *Bacillus* sp. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1263-1266.





## THE DEVELOPMENT OF RECOMBINANT BACTERIA FOR INSECT PEST CONTROL

Neil Crickmore<sup>1</sup>

### *Bacillus thuringiensis* AND INSECT CONTROL

*Bacillus thuringiensis* (Bt) is a Gram-positive spore-forming bacterium that forms parasporal crystalline inclusions bodies during sporulation. These crystals contain protein toxins that are active against insect species but have little toxicity towards non-invertebrates including mammals. As a consequence of this Bt has been widely employed as a biological insecticide. In the late 1990's the annual worldwide market for insecticides was estimated at around 8 billion US dollars, with biopesticides accounting for approximately 2% of this market. Bt-based products in turn account for about 95% of the biopesticide market. The largest market for Bt-based insecticides is in the protection of vegetable and horticultural crops from lepidopteran pests. Other markets include the control of forest and cotton pests, coleopteran pests on solanaceous crops and dipteran pests that act as vectors of human disease. An individual strain of *Bacillus thuringiensis* can synthesise just one type of crystal toxin (known as a Cry protein) or several each toxin having a slightly different activity spectrum. Within the Bt population as a whole approaching 100 different toxins have been identified (Crickmore *et al.*, 2000), some of these toxins are specific to a particular order of insects whereas others show activity against a wider range. For many toxins specificity is restricted to a narrow range of insects within a particular order. This can be seen as an advantage of Bt over synthetically produced insecticides, which generally have a much broader spectrum of activity. Furthermore concerns over the environmental impact of the production and use of large quantities of synthetic insecticides alongside increased development costs, and problems with resistance, has accelerated interest in the use of alternative biological insecticides such as Bt. Despite the environmental advantages of Bt the efficacy of the bacteria is much lower than conventional insecticides and the narrow host range can also be considered disadvantageous if a diverse population of insects need to be controlled. Consequently the techniques of molecular biology have been employed to create recombinant forms of the bacterium with more desirable phenotypic characteristics.

### GENETIC MANIPULATION OF *Bacillus thuringiensis*

The genes encoding the Bt toxins are usually located on large, often transmissible, plasmids within the cell (González *et al.*, 1981). This explains the fact that many Bt strains contain different permutations of the same toxins since the plasmids could be naturally transferred between strains. It also provides a means of artificially creating new strains through conjugation (González *et al.*, 1982). Schnepf and Whiteley first cloned a

---

<sup>1</sup> School of Biological Sciences. University of Sussex. Falmer, Brighton. BN1 9QG. UK.

gene encoding an insecticidal toxin in 1981, in theory this provided an alternative mechanism to create new strains of Bt by introducing the cloned gene directly into Bt. However, no reliable transformation system had been established at that time for *Bacillus thuringiensis*. Klier *et al.* (1983) overcame this problem by placing a cloned toxin gene on a transmissible plasmid and introducing it, by transformation, into a strain of *Bacillus subtilis*. The recombinant plasmid was then transferred, by conjugation, into two strains of *Bacillus thuringiensis*. The cloned toxin gene conferred activity against lepidopteran insects whereas one of the host Bt strains had specifically dipteran activity. The resulting transconjugant demonstrated both lepidopteran and dipteran activity. As well as introducing toxin genes via conjugation plasmid curing could also be used to remove toxin-encoding plasmids from Bt strains. Gawron-Burke and Baum (1991) describe how a combination of plasmid curing and conjugation was used to create novel bioinsecticides. The resulting products are included in Table 1 that lists genetically modified bacterial strains that have been registered for agriculture use. The use of curing and conjugation proved to have severe limitations though; few of the toxin-encoding plasmids could be mobilized efficiently. Even when they could, they often proved unstable in their new host and since many plasmids encode more than one toxin gene the possibilities for producing defined toxin complements was reduced.

Product	Company	Description
Agree	Thermo	Transconjugant Bt <i>aizawai</i> for lepidopteran control
Design	Trilogy	Transconjugant Bt <i>aizawai</i> for lepidopteran control
condor	Thermo	Transconjugant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran control
Cutlass	Trilogy	Transconjugant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran control
Foil	Ecogen	Transconjugant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran/coleopteran control
Reven	Ecogen	control
Lepinox	Ecogen	Recombinant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran/coleopteran control
CRYMAX	Ecogen	control
MATTCH	Ecogen	Recombinant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran control
MVP	Ecogen	Recombinant Bt <i>kurstaki</i> for lepidopteran control
MTRAK	Mycogen	Recombinant <i>P. fluorescens</i> for lepidopteran control
	Mycogen	Recombinant <i>P. fluorescens</i> for lepidopteran control
	Mycogen	Recombinant <i>P. fluorescens</i> for lepidopteran control

In the late 1980's a number of groups found that the technique of electroporation could successfully be used to introduce DNA into Bt (see Gawron-Burke and Baum , 1991). Consequently cloned genes encoding toxins with a particular insect specificity could be easily transferred from one strain of Bt to another. In 1990 Crickmore *et al.* demonstrated that introducing a cloned gene from a coleopteran-specific strain of Bt into a lepidoptera-specific one resulted in a recombinant strain active against both orders of insect. Similarly dipteran activity could be transferred to strains not normally active against mosquitoes. The plasmid used to introduce the cloned gene in the above study



was based the on natural *Staphylococcus aureus* plasmid pC194 which conferred chloramphenicol resistance to the recombinant strain. Other plasmids that had previously been used as cloning vectors in *Bacillus subtilis* such as pUB110, pBC16 and pE194 were also used as the basis of *E. coli* - Bt shuttle vectors. As an alternative various groups designed shuttle vectors based on native *Bacillus thuringiensis* plasmids (Baum *et al.*, 1990; Arantes and Lereclus, 1991). The use of these shuttle vectors, whether derived from native or non-native replicons, required to use of antibiotic resistance markers to select recombinants. Due to environmental pressures to restrict spread of antibiotic resistance, alternative approaches had to be devised to eliminate the presence of these genes in the recombinant strains. One such approach had to be devised to eliminate the presence of the recombinase gene from the corresponding transposon recombination takes place between the two IRS regions resulting in the deletion of DNA in-between. The recombinase gene is either naturally present in the Bt strain or can be temporarily introduced on a temperature sensitive plasmid (Sanchis *et al.*, 1997; Baum *et al.*, 1996). Another approach that has been adopted, which also results in the loss of non-Bt DNA, is to integrate the cloned toxin gene into the Bt genome. The toxin gene is inserted into a section of DNA cloned from Bt and together these are placed on a plasmid vector. This vector is one that can either not replicate in Bt or whose replication is temperature sensitive. A temperature sensitive pE194 replicon can be used in the latter case (Villafane *et al.*, 1987). Homologous recombination between the plasmid and the Bt genome results in the insertion of the entire plasmid into Bt. This can be detected by selection for the antibiotic resistance encoded by the plasmid. In the case of the temperature-sensitive replicon selection for integrants is done at the non-permissive temperature following an initial selection at the permissive temperature to ensure successful transformation. Following integration of the plasmid a second homologous recombination can take place resulting in either insertion of the cloned toxin gene or removal of the entire plasmid. These two events both result in the loss of antibiotic resistance but can be distinguished by PCR. This technique has been used to insert cloned genes into either native plasmids (Lereclus *et al.*, 19992; Adams *et al.*, 1994) or the chromosome (Kalman *et al.*, 1995) of Bt.

#### **ADVANTAGES OF MANIPULATING THE TOXIN COMPLEMENT OF Bt**

As mentioned above one advantage of combining different toxins within a single Bt strain is to produce a product with a defined insecticidal spectrum of activity. Another is to make use of natural synergy between individual toxins. Such a synergistic effect is most noticeable in the mosquitocidal strain Bt subsp. *israelensis* that contains five different toxins. When combinations of the four major toxins were tested it was found that in some cases the toxicity observed was greater than would have been expected from the toxicities of the individual toxins (Crickmore *et al.*, 1995). In particular the presence of one of these toxins, Cyt1Aa, appeared to be important for the synergistic interactions. The Cyt1Aa toxin is much smaller than most of the other toxins and is believed to have a different mechanism of action (Du *et al.*, 1999), which may explain the synergistic effect.



Synergism between non-mosquitocidal toxins has also been reported although the potentiated effects are much smaller but again the mechanism is not understood (Lee *et al.*, 1996). As well as synergistically combining to give a greater potency towards susceptible insects, certain combinations of toxins have been shown to help overcome resistance. During laboratory trials numerous insects have developed resistance after prolonged exposure to Bt toxins. Development of resistance is delayed when the insects are exposed to multiple rather than single toxins (Georghiou and Wirth, 1997). Furthermore combinations of toxins have been shown to partially overcome resistance to individual toxins (Wirth *et al.*, 1998; Cheong *et al.*, 1997; Thiery *et al.*, 1998; Servant *et al.*, 1998).

### **OPTIMISING TOXIN EXPRESSION IN RECOMBINANT *Bacillus thuringiensis* STRAINS**

When creating 'designer' Bt strains it is desirable to maximize the production of functional toxin. The control of toxin gene expressions has been studied in considerable detail and has been reviewed by Baum and Malvar (1995) and by Agaisse and Lereclus (1995). Using alternative promoters has been shown to increase the expression of some toxins, for example Cry4A is poorly expressed under its own promoter but expressed well under the control of the Cyt1A promoter (Crickmore *et al.*, 1990 a). Heterologous promoters such as that from the *B. subtilis*  $\alpha$ -amylase gene have also been used (Chak *et al.*, 1994). The putative 20kDa chaperone from Bt subsp. *israelensis* has been reported to increase the production of various toxins (Ge *et al.*, 1998). Much attention has also been paid to the use of 5' and 3' mRNA stabilizing sequences. Stem-loop structures found 3' of the toxin gene act as positive retroregulators (Wong and Chang, 1986) whereas the 5' ribosome binding site-like STAB-SD sequences appear to stabilize the mRNA (Agaisse and Lereclus, 1996) and have been used to increase the expression of Cry2A (Ge, 1999). In 1991 Aronson *et al.* observed that some combinations of toxins produced crystals that were less soluble than those produced with other toxins. Since the solubility of the crystal can affect toxicity (Du *et al.*, 1994) this phenomenon is something that needs to be considered when creating recombinant Bt strains.

### **GENETIC MANIPULATION OF THE Bt HOST**

As well as manipulating the toxin genes themselves alterations can be made to the host bacterium in order to increase its effectiveness as a biological insecticide. One approach is to knockout toxin genes that might have undesirable properties, or result in the reduced expression of more desirable toxins. Such an approach was taken to prevent expression of the cytolytic toxin from Bt subsp. *israelensis* (Delecluse *et al.*, 1991). Gene knockout or disruption can also be used to give Bt other desirable properties, by blocking sporulation at a late stage a Bt product can be created which is a) non-viable and incapable of genetic exchange, and b) more resistant to damage by UV light. Sanchis *et al.* (1999) produced such a strain by inactivating the late sporulation-dependent sigma



factor SigK. An alternative approach is to block sporulation at an early stage by mutating *spo0A* and then expressing the toxin gene using a non-sporulation dependent promoter (Sanchis *et al.*, 1996). An added advantage is that overexpression of toxin genes is observed when expressed using such a promoter in strains blocked early in sporulation (Malvar and Baum, 1994; Lereclus *et al.*, 1995). Although asporogenic mutants have some advantages in toxin production and stability a viable spore often synergises the activity of the toxin (Dubois and Dean, 1995) and may be required for effective control in some situations. Disrupting other genes such as those encoding bacterial proteases (Suresh, Kumar and Venkateswerlu, 1998) or non-specific virulence factors can result in an improved product. The addition of non-Bt virulence factors such as chitinases is another approach that has been used to improve the potential of recombinant strains (Tantimavanich *et al.*, 1997).

## USING ALTERNATIVE HOSTS

Although *Bacillus thuringiensis* has a long history of use as a biological insecticide there are advantages in expressing the Cry toxins in alternative host bacteria. Table 2 lists bacteria that have been manipulated in this way. As a sprayable formulation Bt is not particularly effective against insects that attack the roots of plants. To address this problem Obukowicz *et al.* (1986) inserted a lepidoptera-specific Cry1A toxin into root-colonising strains of *Pseudomonas fluorescens* and *Agrobacterium radiobacter*. McPherson *et al.* (1988) then inserted a coleopteran-specific Cry3 toxin gene into *P. fluorescens* in order to control the larvae of the Colorado potato beetle, and in 1991 Waalwijk *et al.* (1991) inserted the dipteran-specific Cry4B toxin gene into the chromosome of a strain of *P. fluorescens* isolated from grassland soil in order to control leatherjackets. Gaertner (1990) describes the use of Bt toxins encapsulated in a *P. fluorescens* cell that has been killed and chemically stabilized as a way of improving the persistence of the toxin within the environment. Use of the root-nodulating bacteria *Bradyrhizobium* transformed with the dipteran-specific Cry11A toxin gene helped protect the nodules of pigeon pea against attack by *Rivella angulata* (Nambiar *et al.*, 1990). Two other nodule-based bacteria *Rhizobium leguminosarum* and *Rhizobium meliloti* were transformed with the Cry3A toxin gene and resulted in reduced damage by various nodule-feeding beetles (Bezdicek *et al.*, 1994). The endophytic bacterium *Clavibacter xyli* occurs naturally in the xylem of various plants and has also been genetically modified for insect control. Turner *et al.* (1991) inserted the Cry1Ac toxin gene into a strain of *Cx* subsp. *cynodontis* that was then found to provide significant control over the European borer when corn plants were inoculated with the recombinant bacteria. Two other plant-colonizing bacteria used to create transgenic bacteria are *Pseudomonas cepacia* that was transformed with a cloned Cry1Ac gene and protected axenically grown tobacco plants from infestation by tobacco horn worm (Stock *et al.*, 1990), and *Azospirillum* (Udayasuriyan *et al.*, 1995). Endophytic strains of *Bacillus* have also been used to host Bt toxin genes; these include *Bacillus cereus* (Mahaffee *et al.*, 1994) and the leaf-colonising *Bacillus megaterium* (Bora *et al.*, 1994).

**Table 2.** Recombinant bacteria expressing *B. thuringiensis* or *B. sphaericus* toxin genes.

Host Strain	Heterologous Toxin	Reference
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Cry1A	Obukowicz <i>et al.</i> (1986)
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Cry1A	Obukowicz <i>et al.</i> (1986)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Cry3	McPherson <i>et al.</i> (1988)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Cry4B	Wallwijk <i>et al.</i> (1991)
<i>Bradyrhizobium</i> sp	Cry11A	Nambiar <i>et al.</i> (1990)
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Cry3	Bezdicek <i>et al.</i> (1994)
<i>Rhizobium meliloti</i>	Cry3	Bezdicek <i>et al.</i> (1994)
<i>Calvibacter xyli</i>	Cry1Ac	Tumer <i>et al.</i> (1991)
<i>Pseudomonas cepacia</i>	Cry1Ac	Stock <i>et al.</i> (1990)
<i>Azospirillum</i> sp		Udayasuriyan <i>et al.</i> (1995)
<i>Bacillus cereus</i>	Cry2Aa	Mahaffee <i>et al.</i> (1994)
<i>Bacillus megaterium</i>		Bora <i>et al.</i> (1994)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cry11Aa, Cyt1Aa	Bar <i>et al.</i> (1991)
<i>Bacillus sphaericus</i> 1593	Cry4Ba	Trisrisook <i>et al.</i> (1990)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2297	Cry4Ba	Trisrisook <i>et al.</i> (1990)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2297	Cry4Ba	Poncet <i>et al.</i> (1994)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2297	Cry11Aa	Poncet <i>et al.</i> (1994)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cry11Aa	Poncet <i>et al.</i> (1994)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cry4Aa, 4Ba, 11A, Cyt1Aa	Bar <i>et al.</i> (1998)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cyt1Ab	Thiery <i>et al.</i> (1998)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cry11Aa	Servant <i>et al.</i> (1999)
<i>Bacillus sphaericus</i> 2362	Cry11Ba	Servant <i>et al.</i> (1999)
<i>Bt</i> subsp. <i>israelensis</i>	<i>B. sphaericus</i> binary toxin	Bourgouin <i>et al.</i> (1990)
<i>Bt</i> subsp. <i>israelensis</i>	<i>B. sphaericus</i> binary toxin	Bideshi <i>et al.</i> (2000)
<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Bs</i> binary toxin, Cyt1Aa	Li <i>et al.</i> (2000)
<i>Agmenellum quadruplicatum</i>	Cry4Ba	Angsuthanasombar & Panyim (1989)
<i>Agmenellum quadruplicatum</i>	Cry11A	Murphy and Steves (1992)
<i>Caulobacter crescentus</i>	Cry4Ba	Thanabalu <i>et al.</i> (1992)
<i>Caulobacter crescentus</i>	Cry4Ba	Yap <i>et al.</i> (1994a)
<i>Ancylobacter aquaticus</i>	<i>B. sphaericus</i> binary toxin	Yap <i>et al.</i> (1994b)
<i>Ancylobacter aquaticus</i>	<i>B. sphaericus</i> Mtx toxin	Yap <i>et al.</i> (1994b)
<i>Ancylobacter aquaticus</i>	Cry4Ba	Yap <i>et al.</i> (1994b)
<i>Asticcacaulis excentricus</i>	<i>B. sphaericus</i> binary toxin	Liu <i>et al.</i> (1996)
<i>Anabena</i> sp.	Cry4Aa	Xiaoqiang <i>et al.</i> (1997)
<i>Anabena</i> sp.	Cry4Aa, 11Aa	Xiaoqiang <i>et al.</i> (1997)
<i>Enterobacter amnigenus</i>	Cry4Bb	Khampang <i>et al.</i> (1999)
<i>Enterobacter annigenus</i>	<i>B. sphaericus</i> binary toxin	Khampang <i>et al.</i> (1999)

Various bacteria have been used as hosts for Bt toxins active against mosquito larvae. The most effective mosquitocidal bacterium to date has proved to be Bt subsp. *israelensis*, although strains of *Bacillus sphaericus* have also been used in mosquito control programmes (Porter *et al.*, 1993). More recently other toxin-producing mosquitocidal strains have been identified including Bt subsp. *morrisoni* PG14 (Ibarra and Federeci, 1986), Bt subsp. *medellin* (Orduz, *et al.*, 1992), Bt subsp. *jegathesan* (Seleena *et al.*, 1995), and *Clostridium bifermentans* (Barloy *et al.*, 1996) as well as other



uncharacterized strains (Ragni *et al.*, 1996). Various studies have resulted in the transfer of toxin genes between Bt subsp. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* in order to produce an improved mosquitocide. The activity spectrum of *B. sphaericus* is more limited than Bt subsp. *israelensis*, but the former bacterium is more persistent in polluted, mosquito-inhabited waters. Possible synergism between the different toxins in the two species provide another reason for combining their activities. Bar *et al.* (1991 and 1998) inserted a DNA fragment from Bt subsp. *israelensis* encoding the Cry11A and Cyt1A toxin genes into *Bacillus sphaericus* 2362. Compared to the parent strain the recombinant strain had an increased activity against *Aedes aegypti* but was much less toxic than Bt subsp. *israelensis*.

In a similar experiment Cry4B was transformed into *Bacillus sphaericus* strains 1593 and 2297 again producing strains with an increased activity against *Aedes aegypti* (Trisrisook *et al.* 1990). Poncet *et al.* (1994 and 1997) also transferred the Cry4B and Cry11A toxin genes into *Bacillus sphaericus* 2297 with similar results. the addition of Cry11Aa/Cry11Ba (Servant *et al.*, 199) or Cyt1Ab (Thiery *et al.*, 1998) to *B. sphaericus* did not significantly increase its toxicity to susceptible mosquito strains but did help overcome resistance to the binary toxin in others.

Bourgouin *et al.* (1990) performed the reciprocal experiment in which the binary toxin of *B. sphaericus* was introduced into the mosquitocidal Bt subsp. *israelensis*. The potential advantages of this approach is that *B. sphaericus* is better suited to an aquatic environment than Bt as it persists longer in the mosquito feeding zone. The recombinant strain produced all of the expected toxins, although the amounts produced were relatively low and the strain itself was not significantly better at controlling mosquitoes than non-modified Bt or *B. sphaericus*. In an attempt to increase production of the binary toxin in Bt subsp. *israelensis* Bideshi *et al.* (2000) used a combination of expression enhancers and an alternative binary toxin to construct a strain with a ten fold greater toxicity against *Culex quinquefasciatus*. Finally Li *et al.* (2000) used an acrySTALLIFEROUS strain of Bt to create a recombinant strain expressing the *B. sphaericus* binary toxin alongside the Bt Cyt1Aa toxin.

Because of the above-mentioned problems of Bt persistence in an aquatic environment various studies have introduced Bt or *B. sphaericus* toxins into aquatic bacteria more likely to persist in the mosquito-feeding zone. In 1989 Angsuthanasombat and Panyim demonstrated that a recombinant strain of the cyanobacterium *Agmenellum quadruplicatum* could express the Cry4A toxin from Bt subsp. *israelensis*. The resulting strain showed significant toxicity towards the mosquito *Aedes aegypti* although with an LC50 several orders of magnitude higher than that of Bt subsp. *israelensis*. Murphy and Stevens (1992) also used *Agmenellum quadruplicatum* to express the Cry11A gene of Bt subsp. *israelensis*. They reported a high level of expression when the toxin was translationally fused to the N-terminus of the phycocyanin beta subunit. Toxicity was observed against *Culex pipiens* larvae but this was not compared with Bt. *Anabena* was



also used to create recombinant mosquitocidal cyanobacteria by Xiaoqiang *et al* (1997). Another aquatic bacterium *Caulobacter crescentus* was transformed independently with the following: *B. sphaericus* binary toxin; *B. sphaericus* MTx toxin and Bt subsp. *israelensis* Cry4Ba toxin by Thanabalu *et al.* (1992). In each case toxicity against *C. quinquefasciatus* was observed. In a subsequent report Yap *et al.* (1994a) used improved transcriptional regulators to increase expression of the cloned toxin genes in *C. crescentus*. Yap *et al.* (1994b) also used to aquatic bacterium *Ancylobacter aquaticus* as an expression host for mosquitocidal toxins. Due to the presence of gas vacuoles within this microorganism it is more frequently found near the surface of water, as are the mosquito larvae. *Asticcacaulis excentricus* is another aquatic bacterium closely related to *Caulobacter crescentus* that also persist well in the upper layers of still water. Liu *et al.* (1996) found that this bacterium was particularly efficient at expressing heterologous mosquitocidal toxins and that transgenic bacteria were approaching the LC50 values of *B. sphaericus* against *Anopheles* mosquito larvae. The aquatic strains of bacteria used in the above studies were generally well characterized and attenuated laboratory strains whose long term persistence in a natural environment and palatability to mosquito bacterium isolated from the guts of *Anopheles dirus* larvae. The bacterium was shown to be capable of recolonising in these mosquito larvae and expressing the Cry4B toxin at a reasonable level. More recently Orduz *et al.* (200) have reported the isolation of an *Asticcacaulis* bacterium that can act as a food source for developing larvae and persists well in the larval feeding zone. As Liu *et al.* (1996) found with *Asticcacaulis excentricus* this naturally isolated strain expressed the *B. sphaericus* binary toxin at high levels.

## FUTURE PROSPECTS

The major consideration when contemplating the use of genetically modified bacteria for use in pest control is how the recombinant strain will interact with the environment. This interaction should be considered in two ways: a) how efficiently will the bacterium survive and act on the target insect and b) what environmental risks are associated with its release. the choice of host is clearly an important issue, it must be able to deliver high doses of toxin to the insect, and persist stable in the intended environment. The use of naturally isolated strains clearly offers advantages for the latter consideration. Concerning environmental risk the recombinant strain should not be significantly toxic against non-target species, nor should it spread recombinant DNA to other organisms. Various studies (see Thomas *et al.* 2000 for discussion) have shown that Bt can transfer genes by recombination either in the soil or within an insect. This is undesirable, especially when antibiotic resistance genes are involved. Recombinant strains should therefore aim to have the heterologous toxin present in a non-transmissible form, and not associated with antibiotic resistance genes. Various technologies were described earlier to achieve this. The large scale use of a recombinant bacterium may have unforeseen consequences, particularly if residues persist on food crops. Previously uncharacterized pathogenicity factors may well be present for example. The science of genetic modification is now sufficiently advanced that undesirable traits can often be remove



quite simply. The future will see the development of heavily manipulated bacteria designed to provide an effective but safe and environmentally benign biological insecticide.

## REFERENCES

- ADAMS, L.F.; MATHEWES, S.; OHARA, P.; PETERSEN, A., and GURTLER, H. 1994. Elucidation of the mechanism of CryIII<sub>A</sub> overproduction in a mutagenized strain of *Bacillus thuringiensis* var *tenebrionis*. *Mol.Microbiol.* 14:381-389.
- AGAISSE, H., and LERECLUS, D. 1995. How does *Bacillus thuringiensis* produce so much insecticidal crystal protein. *J. Bacteriol.* 177:6027-6032.
- AGAISSE, H., and LERECLUS, D. 1996. STAB-SD: A Shine-Dalgarno sequence in the 5' untranslated region is a determinant of mRNA stability. *Mol. Microbiol.* 20:633-643.
- ANGSUTHANASOMBAT, C., and PANYIM, S. 1989. Biosynthesis of 130-Kilodalton mosquito larvicide in the Cyanobacterium *Agmenellum quadruplicatum* PR-6. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:2428-2430.
- ARANTES, O., and LERECLUS, D. 1991. Construction of cloning vectors for *B. thuringiensis*. *Gene.* 108:115-119.
- ARONSON, A.I.; HAN, E.S.; MCGAUGHEY, W.; and JOHNSON, D. 1991. The solubility of inclusion proteins from *Bacillus thuringiensis* is dependent upon protoxin composition and is a factor in toxicity to insects. *Appl. Environ. Microbiol.* 57:981-986.
- BAR, E.; LIEMANHURWITZ, J.; RAHAMIM, E.; KEYNAN, A. and SANDLER, N. 1991. Cloning and expression of *Bacillus thuringiensis israelensis* delta-endotoxin DNA in *Bacillus sphaericus*. *J. Invert. Pathol.* 57:149-158.
- BAR, E.; SANDLER, N.; MAKAYOTO, M. and KEYNAN, A. 1998. Expression of chromosomally inserted *Bacillus thuringiensis israelensis* toxin genes in *Bacillus sphaericus*. *J. Invert. Pathol.* 72:206-213.
- BARLOY, F.; DELECLUSE, A.; NICOLAS, L. and LECADET, M.M. 1996. Cloning and expression of the first anaerobic toxin gene from *Clostridium bifermentans* subsp. *malaysia*, encoding a new mosquitocidal protein with homologies to *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin. *J. Bacteriol.* 178:3099-3105.
- BAUM, J.A. *et al.* 1990. Novel cloning vectors for *Bacillus thuringiensis*. *Appl. environ. Microbiol.* 56:3420-3428.
- BAUM, J.A.; KAKEFUDA, M. and GAWRON-BURKE, C. 1996. Engineering *Bacillus thuringiensis* bioinsecticides with an indigenous site-specific recombination system. *Appl. Environ. Microbiol.* 62:4367-4373.
- BAUM, J.A. and MALVAR, T. 1995. Regulation of insecticidal crystal protein-production in *Bacillus thuringiensis*. *Mol. Microbiol.* 18:1-12.

- BEZDICEK, D.F.; QUINN, M.A.; FORSE, L.; HERON, D. and KAHN, M.L. 1994. Insecticidal activity and competitiveness of *Rhizobium* spp containing the *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* delta-endotoxin gene (CryIII) in legume nodules. *Soil Biol. Biochem.* 26:1637-1646.
- BIDESHI, D.K. *et al.* 2000. Markedly improved recombinant bacterial insecticide for controlling mosquito vectors of human disease.
- BORA, R.S.; MURTY, M.G.; SHENBAGARATHAI, R. and SEKER, V. 1994. Introduction of a lepidoptera-specific insecticidal crystal protein gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* by conjugal transfer into a *Bacillus megaterium* strain that persists in the cotton phyllosphere. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:214-222.
- BOURGOUIN, C.; DELECLUSE, A.; DELATORRE, F. and SZULMAJSTER, J. 1990. Transfer of the toxin protein genes of *Bacillus sphaericus* into *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* and their expression. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:340-344.
- CHAK, K.F.; TSENG, M.Y. and YAMAMOTO, T. 1994. Expression of the crystal protein gene under the control of the alpha-amylase promoter in *Bacillus thuringiensis* strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:2304-2310.
- CHEONG, H.; DHESI, K. and GILL, S.S. 1997. Marginal cross-resistance to mosquitocidal *Bacillus thuringiensis* strains in CryIIA-resistant larvae: presence of CryIIa-like toxins in these strains. *FEEMS Microbiol. Lett.* 153:419-424.
- CRICKMORE, N.; BONE, E.J. and ELLAR, D.J. 1990a. Genetic manipulation of *Bacillus thuringiensis*: towards an improved pesticide. *Aspects Appl. Biol.* 24:17-24.
- CRICKMORE, N.; BONE, E.J.; WILLIAMS, J.A. and ELLAR, D.J. 1995. contribution of the individual components of the delta-endotoxin crystal to the mosquitocidal activity of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *FEMS Microbiol. Lett.* 131:249-254.
- CRICKMORE, N. *et al.* 1990b. The construction of *Bacillus thuringiensis* strains expressing novel entomocidal delta-endotoxin combinations. *Biochem. J.* 270:133-136.
- CRICKMORE, N. *et al.* 2000. *Bacillus thuringiensis* toxin nomenclature. <http://www.biols.susx.ac.uk/Home/NeilCrickmore/Bt>.
- DELECLUSE, A.; CHARLES, J.F.; KLIER, A. and RAPOPORT, G. 1991. Deletion by *in vivo* recombination shows that the 28-kilodalton cytolytic polypeptide from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* is not essential for mosquitocidal activity. *J. Bacteriol.* 173:3374-3381.
- DU, C.; MARTIN, P. and NICKERSON, K.W. 1994. Comparison of disulfide contents and solubility at alkaline pH of insecticidal and noninsecticidal *Bacillus thuringiensis* protein crystals. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:3847-3853.
- DU, J.P.; KNOWLES, H.B.; LI, J. and ELLAR, D.J. 1999. Biochemical characterization of *Bacillus thuringiensis* cytolytic toxins in association with a phospholipid bilayer. *Biochem. J.* 338:185-193.
- DUBOIS, N.R. and DEAN, D.H. 1995. Synergism between CryIA insecticidal crystal proteins and spores of *Bacillus thuringiensis*, other bacterial spores, and vegetative cells against *Lymantria dispar* (Lepidoptera:Lymantriidae) larvae. *Environ. Entomol.* 24:1741-1747.



GAERTNER, W. 1990. Cellular delivery systems for insecticidal proteins: living and non-living microorganisms. Controlled delivery of crop protection agents. Wilkins, R.M. ed., Taylor and Francis, London. 255-267.

GAWRON-BURKE, C. and BAUM, J. 1991. Genetic manipulation of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal protein genes in bacteria. Genetic Engineering, J.K. Setlow, ed., Plenum, New York, 237-263.

GE, B. 1999. Molecular characterization of mosquitoicidal protein synthesis and crystallization in *Bacillus thuringiensis*. PhD Thesis, University of California, Riverside.

GE, B.; BIDESHI, D.; MOAR, W.J. and FEDERICI, B.A. 1998. Differential effects of helper proteins encoded by the cry2A and cry11A operons on the formation of Cry2A inclusions in *Bt*. FEMS Microbiol. Lett. 165:35-41.

GEORGHIOU, G.P. and WIRTH, M.C. 1997. Influence of exposure to single versus multiple toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* on development of resistance in the mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). Appl. Environ. Microbiol. 63:1095-1101.

GONZALEZ, J.M.; BROWN, B.J. and CARLTON, B.C. 1982. Transfer of *Bacillus thuringiensis* plasmids coding for delta-endotoxin among strains of *B. thuringiensis* and *B. cereus*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 79:6951-6955.

GONZALEZ, J.M.; DULMAGE, H.T. and CARLTON, B.C. 1981. Correlation between specific plasmids and delta-endotoxin production in *Bacillus thuringiensis*. Plasmid 5:351-365.

IBARRA, J.E. and FEDERICI, B.A. 1986. Parasporal bodies of *Bacillus thuringiensis* subsp. *morrisoni* (PG14) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* are similar in protein composition and toxicity. FEMS Microbiol. Lett. 34:79-84.

KALMAN, S.; KIEHNE, K.L.; COOPER, N.; REYNOSO, M.S. and YAMAMOTO, S. 1995. Enhanced production of insecticidal proteins in *Bacillus thuringiensis* strains carrying an additional crystal protein gene in their chromosomes. Appl. Environ. Microbiol. 61:3063-3068.

KHAMPANG, P.; CHUNGJATUPORNCHAI, W.; LUXANANIL, P. and PANYIM, S. 1999. Efficient expression of mosquito-larvicidal proteins in a Gram-negative bacterium capable of recolonization in the guts of *Anopheles dirus* larva. Appl. Microbiol. Biotechnol. 51:79-84.

KLIER, A.; BOURGOUIN, C. and RAPOPORT, G. 1983. Mating between *Bacillus subtilis* and *Bacillus thuringiensis* and transfer of cloned crystal genes. Mol. Gen. Genet. 191: 257-262.

LEE, M.K.; CURTISS, A.; ALCANTARA, E. and DEAN, D.H. 1996. Synergistic effect of the *Bacillus thuringiensis* toxins CryIAa and CryIAc on the gypsy moth, *Lymantria dispar*. Appl. Environ. Microbiol. 62:583-586.

LERECLUS, D.; AGAISSE, H.; GOMINET, M. and CHAUF AUX, J. 1995. Overproduction of encapsulated insecticidal crystal proteins in a *Bacillus thuringiensis* *spo0A* mutant. bio/Technology. 13:67-71.

LERECLUS, D.; VALLADE, M.; CHAUF AUX, J.; ARANTES, O. and RAMBAUD, S. 1992. Expansion of insecticidal host range of *Bacillus thuringiensis* by *in vivo* genetic recombination. Bio/Technology. 10:418-421.

- LI, T.; SU, F.; YUAN, Z.; ZHANG, Y.; YU, J. and PANG, Y. 2000. Coexpression of *cyt1Aa* of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* with *Bacillus sphaericus* binary toxin gene in acrySTALLIFEROUS strain of *B. thuringiensis*. *Curr. Microbiol.* 40:322-326.
- LIU, J.W.; YAP, W.H.; THANABALU, T. and PORTER, A.G. 1996. Efficient synthesis of mosquitoicidal toxins in *Asticcacaulis excentricus* demonstrates potential of Gram-negative bacteria in mosquito control. *Nature Biotechnol.* 14:343-347.
- MAHAFFEE, W.F.; MOAR, W.J. and KLOEPPER, J.W. 1994. Bacterial endophytes genetically engineered to express the CryIIA delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*. Improving plant productivity with rhizosphere bacteria. Ryder, M.H.; Stevens, P.M. and Bowen, G.D. eds., CSIRO Publications, Melbourne. 245-246.
- MALVAR, T. and BAUM, J.A. 1994. Tn5401 disruption of the *spoOF* gene, identified by direct chromosomal sequencing, results in CryIIIa overproduction in *Bacillus thuringiensis* J. *Bacteriol.* 176:4750-4753.
- McPHERSON, S.A. *et al.* 1988. Characterization of the coleopteran-specific protein gene of *B. thuringiensis* var. *tenebrionis*. *Bio/Technology.* 6: 61-66.
- MURPHY, R.C. and STEVENS, S.E. 1992. Cloning and expression of the cryIVD gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the cyanobacterium *Agmenellum quadruplicatum* PR6 and its resulting larvicidal activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:1650-1655.
- NAMBIAR, P.T.C.; MA, S.W. and IYER, V.N. 1990. Limiting an insect infestation of nitrogen-fixing root nodules of the pigeon pea (*Cajanus cajan*) by engineering the expression of an entomocidal gene in its root-nodules. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:2866-2869.
- OBUKOWICZ, M.G. *et al.* 1986. Tn5-mediated integration of the delta-endotoxin gene from *Bacillus thuringiensis* into the chromosome of root-colonizing Pseudomonads. *J. Bacteriol.* 158:982-989.
- ORDUZ, S. 2000. Personal communication.
- ORDUZ, S. *et al.* 1992. A new serotype of *Bacillus thuringiensis* from Colombia toxic to mosquito larvae. *J. Invert. Path.* 59:99-103.
- PONCET, S. *et al.* 1997. Improvement of *Bacillus sphaericus* toxicity against dipteran larvae by integration, via homologous recombination, of the CryIIA toxin gene from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 4413-4420.
- PONCET, S. *et al.* 1994. Transfer and expression of the cryIVB and cryIVD genes of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in *Bacillus sphaericus* 2297. *FEMS Microbiol. Lett.* 117:91-95.
- PORTER, A.G.; DAVIDSON, E.W. and LIU, J.W. 1993. Mosquitoicidal toxins of *Bacilli* and their genetic manipulation for effective biological control of mosquitoes. *Microbiol. Rev.* 57:838-861.
- RAGNI, A.; THIERY, I. and DELECLUSE, A. 1996. Characterization of 6 highly mosquitoicidal *Bacillus thuringiensis* strains that do not belong to H-14 serotype. *Curr. Microbiol.* 32:48-54.



- SANCHIS, V.; AGAISSE, H.; CHAUFAX, J. and LERECLUS, D. 1996. Construction of new insecticidal *Bacillus thuringiensis* recombinant strains by using the sporulation nondependent expression system of cryIIIa and a site-specific recombination vector. *J. Biotechnol.* 48:81-96.
- SANCHIS, V.; AGAISSE, H.; CHAUFAX, J. and LERECLUS, D. 1997. A recombinase-mediated system for elimination of antibiotic resistance gene markers from genetically engineered *Bacillus thuringiensis* strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:779-784.
- SANCHIS, V. *et al.* 1999. Development and field performance of a broad-spectrum nonviable asporogenic recombinant strain of *Bacillus thuringiensis* with greater potency and UV resistance. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:4032-4039.
- SCHNEPF, H.E. and WHITELEY, H.R. 1981. Cloning and expression of the *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Escherichia coli*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 78:2893-2897.
- SELLENA, P.; LEE, H.L. and LECADET, M.M. 1995. A new serovar of *Bacillus thuringiensis* possessing 28a 28c flagellar antigenic structure: *Bacillus thuringiensis* serovar *jegathesan*, selectively toxic against mosquito larvae. *J. Am. Mosquito Contr. Assoc.* 11:471-473.
- SERVANT, P. *et al.* 1999. Production of Cry11A and Cry11Ba toxins in *Bacillus sphaericus* confers toxicity towards *Aedes aegypti* and resistant *Culex* populations. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:3021-3026.
- STOCK, C.A.; MCLOUGHLIN, T.J.; KLEIN, J.A. and ADANG, M.J. 1990. Expression of *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Pseudomonas cepacia* 526. *Can. J. Microbiol.* 36:879-884.
- SURESH KUMAR, N. and VENKATESWERLU, G. 1998. Intracellular proteases in sporulated *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and their role in protoxin activation. *FEMS Microbiol. Lett.* 166:377-382.
- TANTIMAVANICH, S.; PANTUWATANA, S.; BHUMIRATANA, A. and PANBANGRED, W. 1997. Cloning of a chitinase gene into *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* for enhanced insecticidal activity. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 43:341-347.
- TANABALU, T.; HINDLEY, J.; BRENNER, S.; OEI, C. and BERRY, C. 1992. Expression of the mosquitocidal toxins of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* by recombinant *Caulobacter crescentus*, a vehicle for biological control of aquatic insect larvae. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:905-910.
- THOMAS, D.J.I.; MORGAN, A.W.; WHIPPS, J.M. and SAUNDERS, J.R. 2000. Plasmid transfer between the *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *tenebionis* in laboratory culture and soil and in Lepidopteran and Coleopteran larvae. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:118-124.
- THIERY, I.; HAMON, S.; DELECLUSE, A. and ORDUZ, S. 1998. The introduction into *Bacillus sphaericus* of the *Bacillus thuringiensis* subsp. *medellin* cyt1Ab1 gene results in higher susceptibility of resistant mosquito larva populations to *B. sphaericus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:3910-3916.
- TRISRISOOK, M.; PANTUWATANA, S.; BHUMIRATANA, A. and PANBANGRED, W. 1990. Molecular cloning of the 130-kilodalton mosquitocidal delta-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in *Bacillus sphaericus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:1710-1716.

- TURNER, J.T. *et al.* 1991. Stability of the delta-endotoxin gene from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in a recombinant strain of *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 3522-3528.
- UDAYASURIYAN, V.; NAKAMURA, A.; MASAKI, H. and UOZUMI, T. 1995. Transfer of an insecticidal protein gene of *Bacillus thuringiensis* into plant-colonizing *Azospirillum*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 11:163-167.
- VILLAFANE, R.; BECHHOFFER, D.H.; NARAYANAN, C.S. and DUBNAU, D. 1987. Replication control genes of plasmid pE194. *J. Bacteriol.* 169:4822-4829.
- WAALWIJK, C.; DULLEMANS, A. and MAAT, C. 1991. Construction of a bioinsecticidal rhizosphere isolate of *Pseudomonas fluorescens*. *FEMS Microbiol. Lett.* 77: 257-263.
- WIRTH, M.C.; DELECLUSE, A.; FEDERICI, B.A. and WALTON, W.E. 1998. Variable cross-resistance to Cry11B from *Bacillus thuringiensis* subsp. *jegathesan* in *Culex quinquefasciatus* (Diptera:Culicidae) resistant to single or multiple toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:4174-4179.
- WONG, H.C. and CHANG, S. 1986. Identification of a positive retroregulator that stabilises mRNA in bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 83: 3222-3237.
- XIAOQIANG, W. *et al.* 1997. Mosquito larvicidal activity of transgenic *Anabena* strain PCC 7120 expressing combinations of genes from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:4971-4975.
- YAP, W.H.; THANABALU, T. and PORTER, A.G. 1994a. Expression of mosquitocidal toxin genes in a gasvacuolated strain of *Ancylobacter aquaticus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:4199-4202.
- YAP, W.H.; THANABALU, T. and PORTER, A.G. 1994b. Influence of transcriptional and translational control sequences on the expression of foreign genes in *Caulobacter crescentus*. *J. Bacteriol.* 176:2603-2610.



**SIMPOSIO  
ACTUALIDAD Y  
PROYECCIÓN DE  
LOS PESTICIDAS  
BOTÁNICOS**





## INSECTICIDAS NATURALES. REALIDAD Y FICCION

Fernando Echeverri<sup>1</sup>

Juan C. Marín<sup>1</sup>

Fernando Torres<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

La química de productos naturales es la rama de la Química Orgánica que estudia la estructura, transformación y efectos biológicos de los metabolitos secundarios presentes en diferentes organismos. Esta clase de sustancias siempre han sido un recurso al que la humanidad ha acudido principalmente para aliviar sus enfermedades; además de medicamentos y sustancias de aplicación industrial (fibras, colorantes, aditivos) la mayor contribución que se ha hecho es en el campo de la agricultura, para proteger las cosechas e incrementar la productividad, bien sea aplicando directamente compuestos químicos protectores o haciendo uso de los eventos bioquímicos y fisiológicos que giran en torno a la relación de las plantas con otras plantas, con insectos, microorganismos y otras plantas.

En este trabajo presentamos un recuento acerca de las características químicas y de las propiedades biológicas de aquellos metabolitos que directa o indirectamente se relacionan con la acción nociva de los insectos en las cosechas.

### 1. EL DISEÑO DE PESTICIDAS.

En el transcurso de la humanidad se han empleado muchos materiales y sustancias para contrarrestar el efecto de los insectos; estos abarcaban desde vinagre y sal marina hasta humo, aceite de pescado, y tierras. A comienzos del siglo XX aparecen algunos compuestos inorgánicos del tipo arsenicales, petróleo, azufre, cianuro y nicotina.

Las pérdidas mundiales de las cosechas originadas por insectos y microorganismos se sitúan en un 25-35%, una situación de hecho bastante grave debido a que más de la mitad de la población mundial se encuentra por debajo de los límites alimenticios de subsistencia. Este índice de pérdidas es alto a pesar de emplearse grandes cantidades de pesticidas, los cuales implican sobrecostos a la productividad y el empleo de sustancias que en su mayoría son ampliamente cuestionadas por sus efectos ecológicos y toxicológicos.

---

<sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Depto de Química AA 1226. Medellín-Colombia

En muchos casos estos efectos adversos de los pesticidas se deben a que en el diseño de muchos de ellos no se realizó de un modo racional, empleando las observaciones y los conocimientos de las relaciones existentes entre los organismos involucrados, sino que una vez una molécula demostró poseer algún nivel de actividad entonces la tarea siguiente fue preparar análogos estructurales y funcionales que tuviesen un efecto mayor o que resultaran más baratos de fabricar. Solamente en las dos últimas décadas se ha prestado una gran atención a los eventos bioquímicos y fisiológicos que gobiernan las relaciones existentes entre un organismo y su entorno vivo, dando lugar a lo que hoy se conoce como la Ecología Química. Desde entonces se aplican productos altamente efectivos y específicos, tales como las feromonas y piretrinas, mediante las cuales se han obtenido resultados más efectivos que los que usualmente producían los pesticidas sintéticos de las llamadas primeras generaciones (Tabla 1).

A partir de los años 80s se relacionan eficientemente la Química y la Entomología e intervienen activamente parámetros empíricos y teóricos que permiten establecer y predecir con muy buena aproximación las relaciones existentes entre el mecanismo de acción, la estructura y la actividad insecticida. De otro lado, la pasada década marcó un paso decisivo en el diseño y manejo de pesticidas, ya que se pudo manipular adecuadamente la inclusión de un pesticida de origen microbiano (*Bacillus thuringiensis*) en el pool metabólico normal de una planta.

**Tabla 1.** Evolución de los insecticidas.

AÑO	TIPO DE SUSTANCIA	ESTRATEGIA
40s	Hidrocarburos clorados, Organofosforados, Carbamatos	Síntesis Síntesis guiada
50s	Carbaril, malatión, vinilfosfatos	Síntesis guiada
60s	Fonofos, mexacarbato, carbofuran Piretroides sintéticos	Síntesis guiada Prototipo de un producto natural
	Formamidinas: clordimeform	Síntesis de herbicidas
70s	Piretroides I.: permetrin Organofosforados II: terbufos Carbamatos II: bendiocarp Benzofenilureas	Síntesis guiada Síntesis guiada Síntesis guiada Síntesis de herbicidas
80s	QSAR Piretrinas III y IV Anti/juvenoides Anti/ecdisoides <i>Azadirachta</i> Avermectinas	Producto Natural Producto Natural Producto Natural Producto Natural



Continuación Tabla 1.

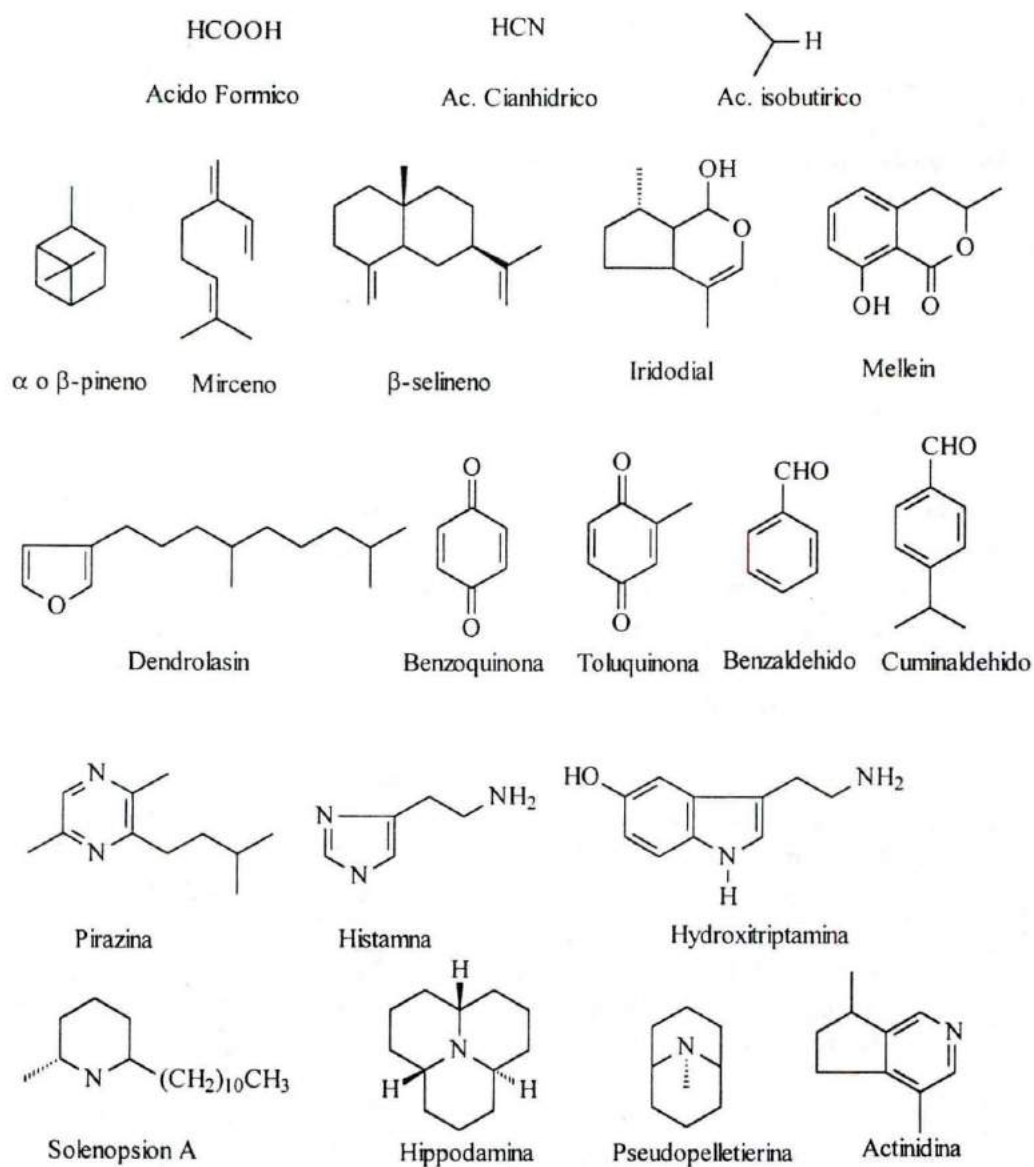
AÑO	TIPO DE SUSTANCIA	ESTRATEGIA
90s	Terpenoides	Producto Natural
	Biología Molecular	Producto Natural
	<i>B. thuringiensis</i>	
	<i>Metharizium</i>	
	<i>Beauveria</i>	
	Agricultura Biológica	Producto Natural
	Nicotinoides	
	Rotenoides	
	Piretro	

Con el fomento de la llamada Agricultura Biológica pareciera que el empleo de sustancias que hace mucho tiempo se exploraron y aplicaron marcaran un retroceso hacia formas químicas más primitivas y tal vez a la obtención de menor protección; entre estos productos aplicados como extractos nativos se encuentran los nicotinoides y rotenoides, la quassia y las muchas e inexplicables y poco reproducibles mezclas que a veces se recomiendan sin ningún asidero científico o aún empírico

Como producto natural no es de esperarse que una sustancia se aplique o emplee como tal, ya que para garantizar tasas altas de efectividad, selectividad y economía es imprescindible desarrollar y ensayar otros análogos estructurales; si como es habitual, el producto activo se encuentre en muy bajas concentraciones, entonces la síntesis orgánica es la alternativa más obvia y lógica para obtener las cantidades necesarias para los ensayos biológicos. Además cabe la posibilidad de que en el transcurso del proceso del desarrollo de productos se aborte la introducción de un nuevo producto por ejemplo por su alta toxicidad o baja biodegradabilidad. Un pool de sustancias ofrecen un nivel de éxito mucho mayor que una sola.

## 2. LA QUIMICA DE PRODUCTOS NATURALES Y LOS INSECTICIDAS.

Los principales problemas que se han generado con los pesticidas sintéticos son los efectos secundarios deletéreos para el entorno, la falta de especificidad y la rápida resistencia que induce su consumo discriminado. Ante las restricciones sanitarias impuestas por muchos países a los residuos de pesticidas en productos animales y vegetales se ha hecho imprescindible la búsqueda de otras sustancias, alternativas y métodos para controlar los insectos.



**Figura 1. Repelentes comunes a plantas e insectos**

En algunos casos y como fruto de la coevolución planta-insecto se comparten muchos metabolitos estructural o biogénicamente relacionados (Figura 1). Esta coevolución química puede aprovecharse para modular los metabolitos secundarios en cuanto a su contenido, dosis, momento y sitio de aplicación, seleccionando aquellos organismos sobre el cual se requiere ejecutar una acción controladora



La Química de los Productos Naturales ha sido la mayor aliada de la Química Ecológica en la búsqueda de herramientas para combatir plagas, puesto que han permitido aislar, identificar, sintetizar y determinar el potencial biológico de una molécula. Si bien algunos de estos compuestos ofrecen verdaderas alternativas otros no pasarán de ser meras curiosidades puesto que su mecanismo de acción, persistencia selectividad no permiten esperar mayores aportes sobre los productos ya existentes. (Tabla 2)

**Tabla 2. Sustancias con actividad sobre insectos**

<b>PESTICIDAS REALES O PROMISORIOS</b>	
<b>QUIMICOS</b>	
•Piretroides	•Feromonas
•Bloqueantes de Quitina	•Anti/Juvenoides
•Anti/ecdisoides	•Avermectinas
•Inhibidores enzimáticos	•Azadirachtina
<b>BIOLOGICOS</b>	
• <i>B. thuringiensis</i>	• <i>Beauveria</i>
• <i>Metharizinium</i>	•Nuevas variedades
<b>PESTICIDAS POTENCIALES</b>	
•Mimetizantes	•Repelentes
•Antialimentarios	•Inhibidores enzimáticos
•Anti/oviposicionales	•Peptidos de Arañas
• <i>Caso especial: Nematicidas</i>	
•Eclosionantes	•Poliacetilenos

**Tabla 3 . El insecticida Ideal**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente selectivo</li> <li>• Activo a dosis muy bajas</li> <li>• Seguro para plantas y animales</li> <li>• Estable por el tiempo de la acción               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradable</li> </ul> </li> <li>• De fácil aislamiento o síntesis</li> <li>• Formulación descomplicada</li> <li>• Mecanismo de acción múltiple con mínima resistencia</li> </ul> |
|---|

Si bien existen en el mercado una gran variedad de pesticidas naturales y sintéticos muy pocos reúnen la mayoría de los requisitos básicos que debería tener una sustancia con esta acción (Tabla 3).

A continuación se analizan las características biológicas y químicas de algunos productos naturales que se han estudiado en sus efectos insecticidas, así como sus aspectos aplicados más relevantes. Estos productos naturales biológicamente activos se encuentran en muchos organismos, pero los más explorados han sido los presentes en especies de algunas familias de plantas (Tabla 4); otros provienen de insectos (especialmente repelentes y feromonas) y los más recientes son de origen microbiano, principalmente hongos. Algunos de estos compuestos de origen natural pueden estar lejos de convertirse en un producto pero es indudable que pueden generar nuevas aproximaciones con el fin de disminuir las pérdidas de cosechas y las desagradables implicaciones en la salud humana que tienen varios insectos

**Tabla 4.** Familias de plantas con sustancias activas contra insectos

<p><b>ASTERACEAE</b>  Piretrinas  Lactonas sesquiterpénicas,  Poliacetilénos (Thiarubrinas)  Cromanos/Benzofuranos</p> <p><b>ANNONACEAE</b>  Acetogeninas, Diversos  alcaloides, kaurenos</p> <p><b>CANELLACEAE - POLYGONACEAE</b>  Sesquiterpenos del drimano</p> <p><b>LABIATAE</b>  Análogos H. Juvenil  Ajugarinas  Ecdisonas  Terpenos</p> <p><b>LEGUMINOSAE</b>  Rotenoides</p>	<p><b>MALVACEAE</b>  Gossypol y afines</p> <p><b>MELIACEAE</b>  Azadirachtina  Trichilinas, Trichilia  Limonoides</p> <p><b>PIPERACEAE- RUTACEAE</b>  Isobutilamidas  Isobutilamidas  Limonoides  Limoneno</p> <p><b>SOLANACEAE</b>  Nicotinoides</p> <p><b>OTRAS</b>  Ryania  Helleboro  Quassinoides</p>
---	--

### 3. SUSTANCIAS NATURALES CON ACCION INSECTICIDA

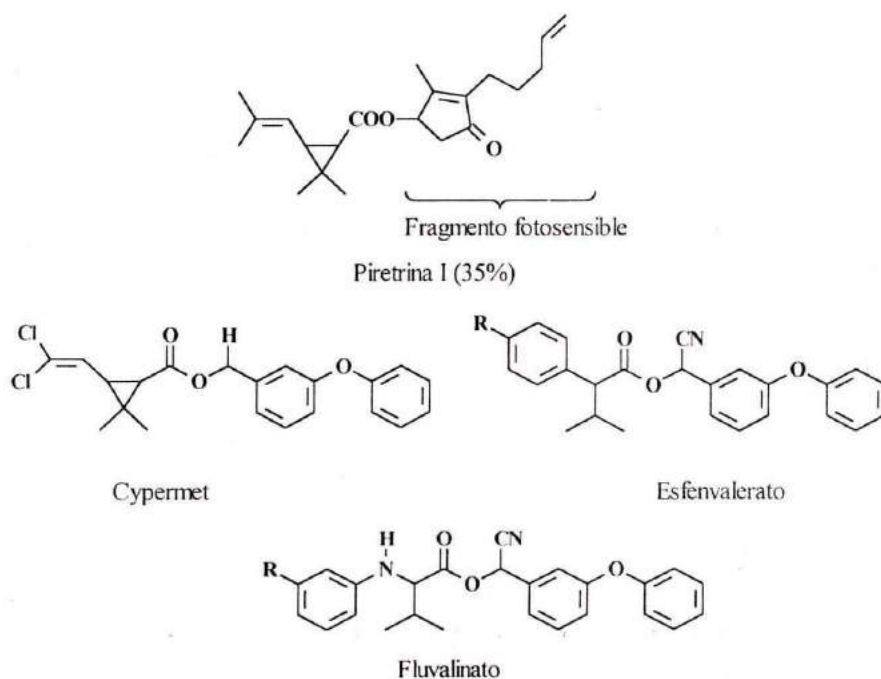
#### 3.1 PIRETRINAS

Originalmente se aislaron de la flor del crisantemo cultivado en la cual se encuentran acompañadas de otras sustancias químicamente emparentadas (Figura 2), las piretrinas



marcaron el primero y mejor ejemplo de cómo transformar una estructura para lograr una acción mayor debido a que su inestabilidad a la luz solar reducía notablemente su acción. Para solucionarlo se introdujeron varios grupos funcionales, obviándose paulatinamente dicho problema de tal manera que se han diseñado cinco generaciones de piretroides, las últimas de las cuales no tienen a primera vista mucha similitud con los compuestos originalmente obtenidos de la planta.

Relacionado con esta clase de compuestos nuestro Grupo emprendió un proyecto de investigación con planta *Abelmoschus esculentus* (familia Malvaceae), que tiene acción insecticida contra el nucho y como tal es empleada en el campo. De sus extracto se aislaron varios hidroxiácidos grasos y un flavonoide, observándose actividad insecticida en las fracciones lipofílica.



**Figura 2. Evolución estructural de las piretrinas**

Este hecho es de significativa importancia estructural y biológica porque los hidroxiácidos son productos de la transformación enzimática de los ácidos grasos ciclopropánicos, un tipo de núcleo que también se halla en los insecticidas del tipo de los piretroides. Cabe la posibilidad de que la acción nuchicida obedezca a esta semejanza estructural.

### 3.2 TERPENOS

Esta clase de sustancias producidas por muchas plantas y caracterizadas químicamente por derivarse del isopreno tienen reputadas y reconocidas acciones insecticidas, principalmente los del tipo monoterpeno. Son compuestos muy volátiles que ejercen muy variadas actividades, desde atrayentes y repelentes hasta llegar a ser verdaderos insecticidas.

En este sentido nosotros analizamos hace algún tiempo un terpeno especial; entre 1989-1990 se hizo presente en Colombia una epidemia de dengue. En vista de los problemas secundarios generados por los insecticidas sintéticos se procuró estudiar otra alternativa química igual de efectiva y de fácil aplicación. Con fundamento en tradiciones seculares se obtuvo de las hojas de Eucalipto una sustancia con un potente efecto sobre larvas de *Aedes*, *Culex* y *Anopheles*. Este compuesto fue identificado posteriormente por métodos espectroscópicos como el terpeno 1,8-cineol (Figura 3) y luego se optimizaron los medios de aplicación así como sus dosis según el tipo y el estadio de la larva. Posteriormente se estableció que si bien no tiene los mismos índices de actividad de los pesticidas temefos y de *Bacillus thuringiensis* sí ofrece algunas ventajas adicionales, tales como su fácil obtención a partir de una materia prima abundante y su carencia de efectos toxicológicos secundarios. No obstante ser una sustancia barata y muy seguramente con pocas acciones secundarias no fue posible implementar su uso. Es de anotar que un derivado del cineol, el cinmethyline, es un herbicida comercial.

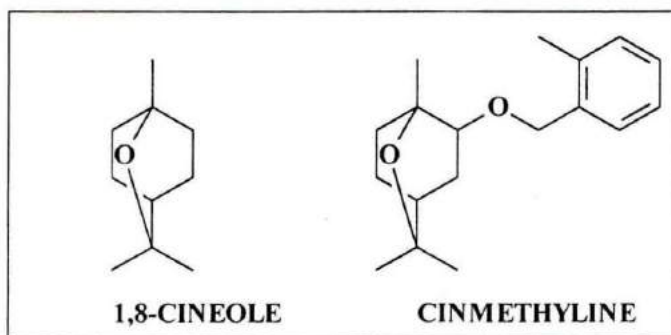


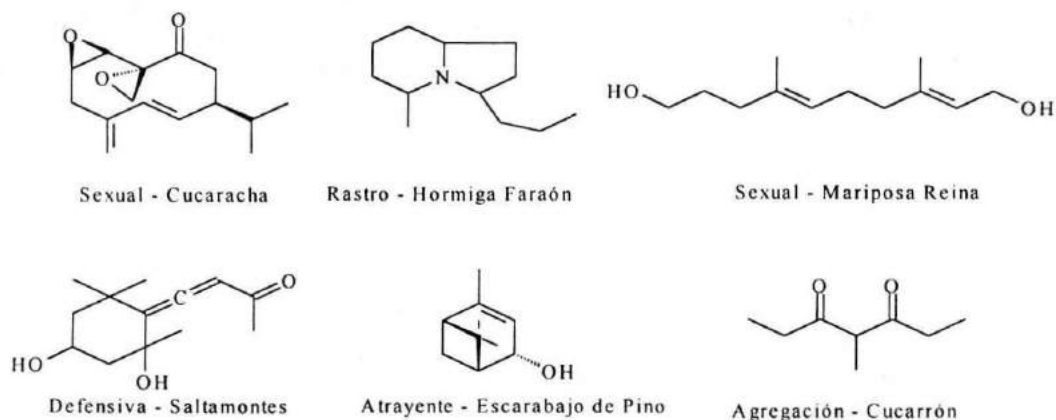
Figura 3. Estructura de cineol

### 3.3 COMPUESTOS FEROMONALES

Las feromonas son una clase de semioquímicos, es decir, moléculas que modifican la fisiología animal y por ende su comportamiento. Se caracterizan porque su acción es intraespecífica y se manifiestan modulando los patrones sociales y sexuales de

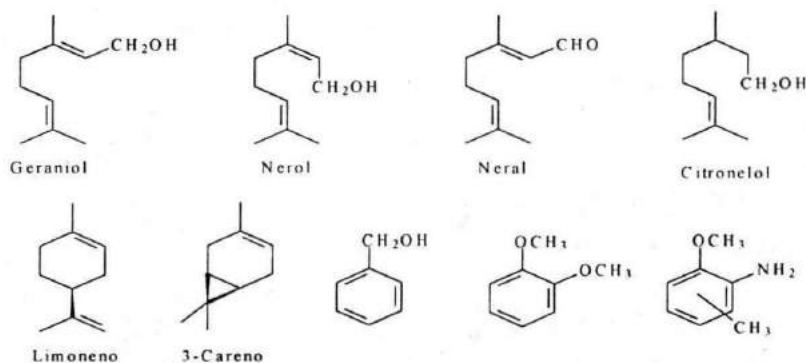


prácticamente todos los tipos de organismos; estructuralmente corresponden a compuestos muy variados, que incluyen terpenos, aromáticos y alifáticos (Figura 4).



**Figura 4. Estructura de algunas feromonas**

Los principales problemas con su producción y aplicabilidad radican en que estas sustancias son complejas mezclas de productos químicamente relacionados; muy usualmente del tipo estereoquímica. Estas mezclas actúan sinérgicamente en proporciones definidas y se consideran como uno de los mayores éxitos de la química moderna ya que ejercen profundas modificaciones bioquímicas de una manera muy selectiva y la síntesis orgánica permite generarlas de una manera relativamente rápida. Usualmente la aplicación de feromonas permite varios niveles de acción: confundir el comportamiento del insecto variando sus patrones de alimentación, apareamiento o alerta. En el mismo sentido feromonal pueden actuar algunos compuestos producidos por las flores, los cuales son atrayentes para insectos polinizadores (Figura 5).



**Figura 5. Atrayentes para insectos polinizadores**

### 3.4. INHIBIDORES DE ECDISIS

Su potencial se determinó al observarse que en general las plantas ricas en ecdisteroides son poco afectadas por insectos (por ejemplo, helecho marranero); aunque inicialmente hubo muchas expectativas respecto a su aplicación, poco duró el entusiasmo ya que por la naturaleza de su mecanismo de acción poseen inherentemente una baja selectividad (Figura 6)

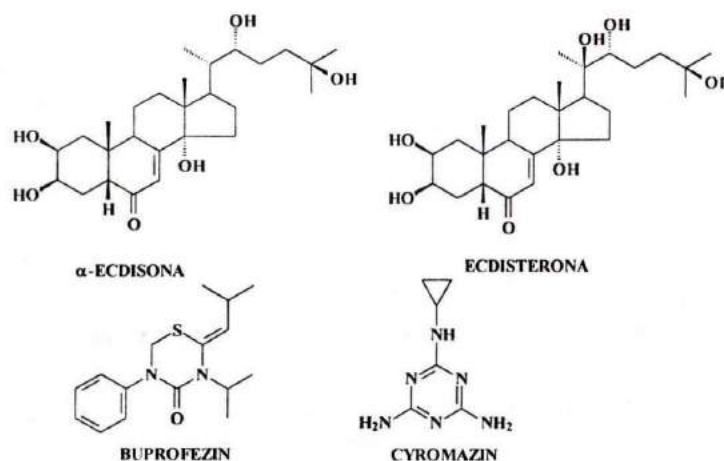


Figura 6. Estructura de ecdisonas y antagonistas

No obstante existen algunos compuestos sintéticos en el mercado que median su acción al actuar como agonistas/antagonistas de los ecdisteroides. Adicionalmente, parece que la actividad de la azadirachtina se debe en parte a perturbaciones en la producción de este tipo de moléculas

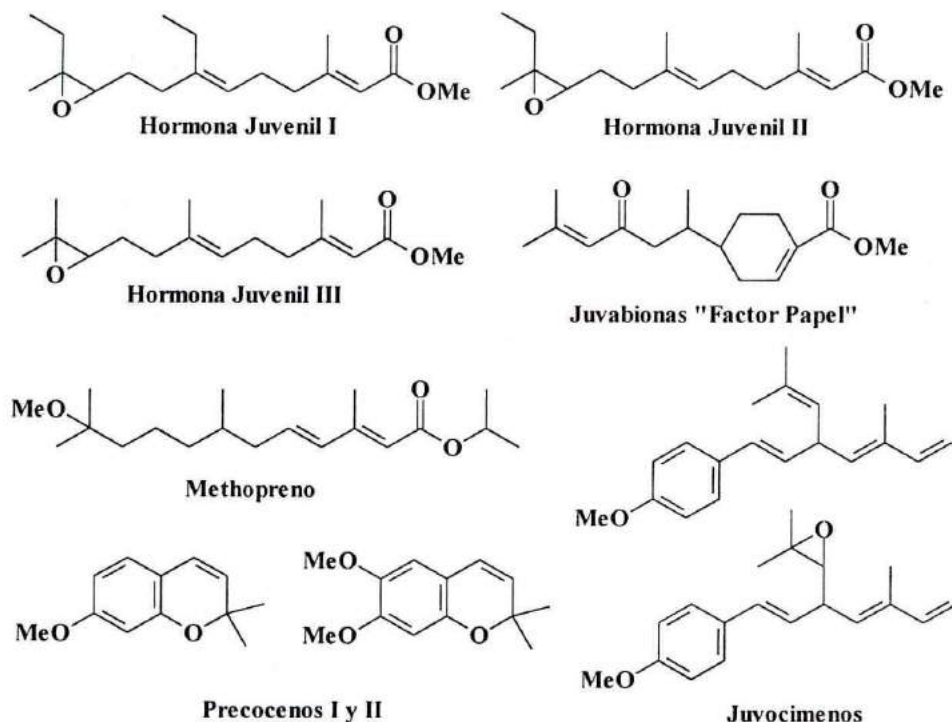
### 3.5 ANÁLOGOS E INHIBIDORES DE LA HORMONA JUVENIL

Se conocen aproximadamente cinco o seis hormonas juveniles; estos terpenos (Figura 7) tienen como acciones principales las de mantener el "status quo" del insecto en su forma juvenil y posteriormente madurar sus sistema reproductor. De esta manera ejercen una acción que puede ser contraria a la mediada por las ecdisonas. Como en el caso de estos últimos compuestos se puso mucha atención a este tipo de sustancia por su prometedora aplicación; altas concentraciones de hormonas juveniles o de sus análogos estructurales o la aplicación en períodos de desarrollo del insecto no adecuados originan disturbios morfológicos que se traducen en incapacidad de éste para alimentarse, aparearse o reproducirse.



De manera similar a los piretroides, las hormonas juveniles se inactivan rápidamente a condiciones ambientales por la labilidad del grupo epóxido; se han podido sintetizar y aplicar varios análogos miles de veces más potentes que las hormonas originales, uno de ellos es el methopreno.

Entre los productos naturales con acción similar a la de las hormonas juveniles se encuentran las juvabionas de *Abies*, *Tsuga* y *Taxus*, y los juvocimenos de *Ocimum basiliscum*



**Figura 7. Estructura de hormonas juveniles y análogos**

Otras sustancias naturales también median su acción biológica insecticida por un curioso mecanismo antagónico, al bloquear la biosíntesis de hormona juvenil en su sitio de producción, corpora allata, actuando de esta manera como citotóxicos específicos. Al no existir concentraciones adecuadas de hormonas juveniles, el insecto desarrolla cuatro síntomas que lo llevan a la muerte: metamorfosis precoz, actividad antigonadotrópica, inducción de diapausa y actividad ovicida (directa por el compuesto circulante). Las primeras sustancias naturales en las que se observaron estas acciones fueron los cromenos de *Ageratum houstonianum* (Asteraceae), los que deben su nombre de precocenos precisamente por mediar esta acción de precocidad.

Algunos piensan que en un futuro no muy lejano la aplicación y modulación de las hormonas juveniles puede dar lugar a la cría controlada de insectos para generar proteínas indispensables para un mundo que precisa de ellas. Esta es una buena aproximación si tenemos en cuenta que en el estado juvenil los insectos se comportan como máquina metabólicas en continuo reciclaje de alimentos.

### 3.6 AVERMECTINAS

Esta sustancia fue descubierta accidentalmente en Laboratorios Merck mientras se buscaban antihelmínticos; además de esta propiedad biológica sus derivados comerciales también son activos contra garrapatas, termitas y hormigas y también activos contra la oncocercosis en humanos. Representan el mayor éxito de una serie de ensayos inicialmente poco ortodoxos y son quizá los compuestos más ampliamente usados hoy. Estructuralmente corresponden a cuatro tipos principales de macrólidos (ocho en total) que afectan el sistema nervioso del insecto, siendo prácticamente atóxicos para otros organismos. Adicionalmente han mostrado el camino futuro para producir y mejorar compuestos biológicamente activos, ya que mediante mutagénesis dirigida se ha podido producir otros análogos y derivados con mejores propiedades farmacológicas.

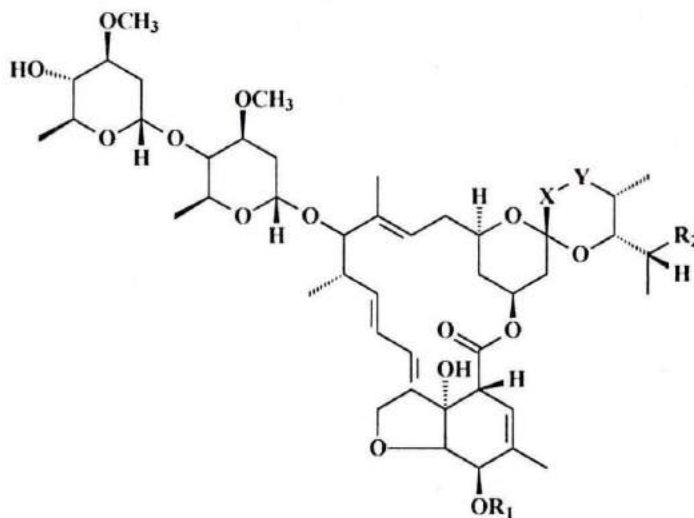


Figura 8. Estructura General de Avermectinas

### 3.7 AZADIRACHTINA

Si bien el compuesto activo es un norterpreno tipo limonoide, en la vida real se aplica como un extracto de la planta *Azadirachta indica*; se ha considerado como el insecticida ideal puesto que tiene un amplio espectro de acción contra varias clases de insectos, afecta los procesos de maduración, muda y alimentación. Se aplica a muy bajas



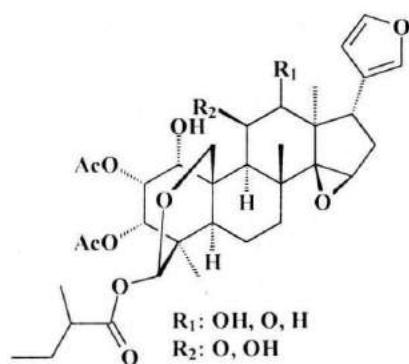
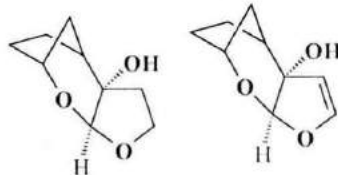
concentraciones aplicadas y su fuente natural es relativamente abundante; además es rico para animales y carece de fitotoxicidad. Hasta el momento no es posible obtenerla por vía sintética, habida cuenta de su complejidad estructural y estereoquímica (Figura 9). Sin embargo se han preparado algunos derivados con una acción insecticida similar

### 3.8 INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE QUITINA

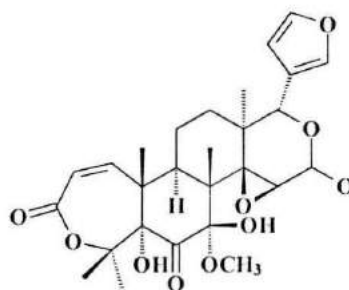
Los primeros compuestos sintéticos de este tipo que se descubrieron fueron la benzoilureas, que afectan la formación de la cutícula al inhibir la enzima chitinasa. Como producto natural, en 1987 se encontraron inhibidores en una cepa de *Streptomyces*, los que fueron sintetizado en 1994; estos compuestos se llamaron Allosamidinas y son pseudotrisacáridos con un nuevo tipo de ciclitol (Figura 10).



Azadirachtina



Trichilinas, *Trichilia rocka* (Meliaceae)



Harrisonina, *Harrisonia abyssinica* (Simaroubaceae)

Figura 9. Azadirachtina y análogos estructurales

El efecto insecticida final muchas veces se origina en la exposición directa a barreras físicas (tricomas, ramas, polvo) de zonas muy blandas del insecto, causando heridas, y eventuales infecciones. Aun no se comercializan por los altos costos, ya que 1 mg puede costar US 500 y 100 mg US 25.500 ¡¡

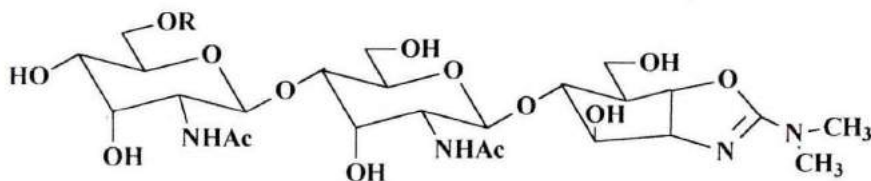


Figura 10. Estructura de allosamidinas

### 3.9 INHIBIDORES DE LA ALIMENTACION O ANTIALIMENTARIOS

Han sido las sustancias más estudiadas e inicialmente promisorios; están representados por la mayoría de núcleos de productos naturales. Aunque inicialmente se pueden obtener efectos francamente espectaculares exigen una aplicación constante del compuesto, ya que cualquier zona no protegida le sirve al insecto como un medio para recuperarse y reiniciar su actividad fitófaga.

No se conoce su preciso mecanismo de acción, los antialimentarios no son letales directamente pero como consecuencia de su aplicación se ha detectado inhibición en el crecimiento de las larvas y usualmente la muerte del insecto por privación alimenticia.. El efecto antialimentario lo manifiestan muy especialmente las lactonas sesquiterpénicas de la familia Asteraceae (Figura 11), con acciones importantes sobre *Aedes*, *Heliothis zea*, *Spodoptera exigua*

El triterpeno Momordicina II, de *Momordica charantia*, es altamente efectivo contra el coleóptero *Aulacophora feceicollis*, el cual consume grandes cantidades de hojas y cotiledones de otras cucurbitáceas. En nuestro laboratorio encontramos un evento similar consistente en la ingestión de hojas varias pasifloras comestibles (badea, curuba, maracuyá) por la larva *Dione juno*, pero en cambio la maleza *Passiflora foetida* no es afectada por ella. A través de bioensayos dirigidos por separaciones fitoquímicas se determinó que el flavonoide ermanin, presente exclusivamente en *P. foetida* era el directamente responsable de dicho efecto antialimentario.



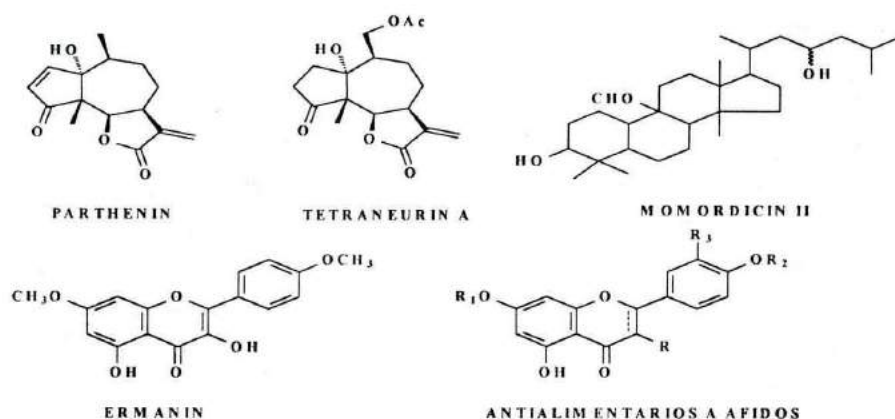


Figura 11. Estructura de algunos antialimentarios

### 3.10 INHIBIDORES ENZIMÁTICOS

Un mecanismo insecticida adicional es ocasionado por la inhibición de las glicosidasas intestinales y por trastornos en la absorción de nutrientes. Algunos de estos compuestos son análogos nitrogenados de monosacáridos tales como la castanospermina, fagomina, swainsonina y derivados (Figura 12), presentes en los frutos de la planta australiana *Castanospermum australe* (Leguminosae); aunque se cifraron muchas esperanzas en estos compuestos, la consabida ausencia de selectividad ha impedido aplicarlos como moléculas protectoras en cultivos importantes; se les ha prestado más atención farmacológica en la búsqueda de compuestos anticancerosos y antisida.

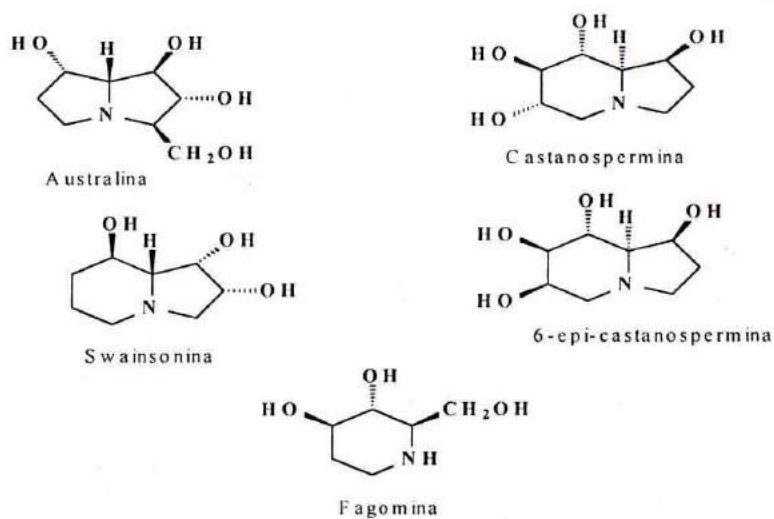


Figura 12. Inhibidores de Glucosidasas

### 3.11. REPELENTES

Esta clase de sustancias ejercen una acción momentánea y poco efectiva, pues cuando cesa la aplicación inmediatamente reaparecen los insectos; no es lógica su aplicación masiva para proteger cultivos si no que sus fines se circunscriben a la protección de personas y animales. Como en el caso de los antialimentarios, las sustancias repelentes corresponden a núcleos muy variados (Figura 13) y a especies de plantas pertenecientes a muy diversas familias. Por tal razón no es posible determinar una relación entre la estructura y la actividad repelente; adicionalmente no es fácil determinar si otros efectos observados con la aplicación de sustancias naturales son mediados por la repelencia o por otro mecanismos de acción.

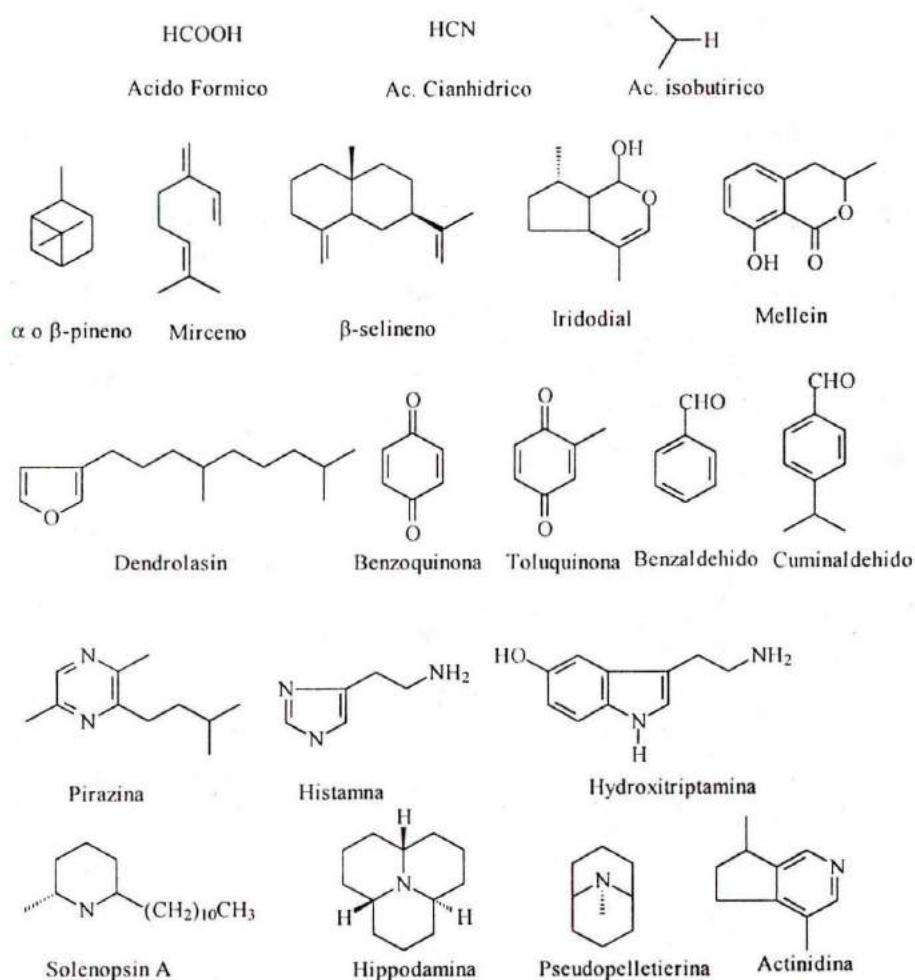


Figura 13. Estructura de algunos Repelentes

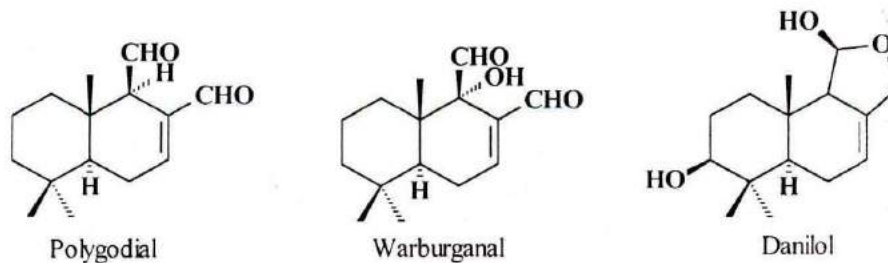


Una clase especial de repelente son los producidos por diferentes especies de hormigas y que estructuralmente están relacionados con los alcaloides y sesquiterpenos; de otro lado, se considera que las secreciones de los tricomas de diferentes variedades de tomate intervienen activamente como mecanismos de defensa repelentes contra varios insectos. Dichas secreciones se componen principalmente de cetonas y alcoholes de cadena larga.

En colaboración con el médico veterinario Gustavo López (Corpoica) nosotros actualmente estamos estudiando un posible efecto repelente en la maleza *Polygonum punctatum* (familia Polygonaceae). En el oriente antioqueño se emplean decocciones de esta planta para controlar garrapatas en el ganado bovino; algunas especies de esta misma familia son fuente de algunos sesquiterpenos repelentes y antialimentarios del tipo del drimano, de los cuales los más activos son el polygodial y el warburganal.

En estudios *in vitro* no se encontró ningún efecto sobre la supervivencia o el comportamiento de garrapatas o sus larvas ni sobre la oviposición y eclosión de los huevos. Los ensayos *in vivo* muestran efectos divergentes que parecen indicar que se trata de una acción más repelente que insecticida; lo interesante es que la aplicación empírica por parte de los campesinos permite mantener controladas a las garrapatas.

Finalmente por medio de Resonancia Magnética Nuclear de Protones se ha podido establecer la presencia de polygodial y de otro aldehído relacionado; en este mismo trabajo hallamos un análogos de ellos llamado danilol, aunque biológicamente inactivo (Figura 14)



**Figura 14. Estructura de un sesquiterpeno de *P. punctatum***

### 3.12 OVIPOSICIONALES

Las sustancias involucradas en este fenómeno han sido muy estudiadas en especies de brassica y *Pieris* y passifloras con *Dione*; se dan dos efectos principales. De un lado una planta puede emitir sustancias que actúan como atrayentes feromonales específicos que sirven de rastro para que el insecto deposite sus huevos; de otro lado también se presenta

el fenómeno contrario, es decir, no emitir ningún compuesto o bien emitir alguno que en vez de atrayente actúe como repelente. Son una excelente opción pero exigen épocas de aplicación muy precisas; algunos insectos pueden tener involucrado el fenómeno de secuestración para mantener identificada la planta específica y necesaria para la supervivencia de la especie

Varios compuestos aromáticos tales como el timol, carvacrol, cinamaldehído y eugenol muestran una fuerte acción como repelentes oviposicionales contra *Aedes aegyptii*. Igualmente extractos de plantas tales como *Castanea*, *Sambucus*, *Amaranthus*, *Maíz* y *Neem* son antioviposicionales contra *Scrobipalpa ocellata*, *Heliothis virescens*, *Spodoptera exigua*, *S. Eridania*, *S. frugiperdia* y *S. litura*

### 3.13 SEQUESTRACIÓN DE COMPUESTOS

Mediante este término se describen los compuestos que adquiere y acumula un insecto o larva a través de su alimentación, en ocasiones como un producto de biotransformación. Este tipo de compuesto se requiere para mimetización como un insecto más peligrosos (color) o indigerible (sabor) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Mimetizadores y disuasores.

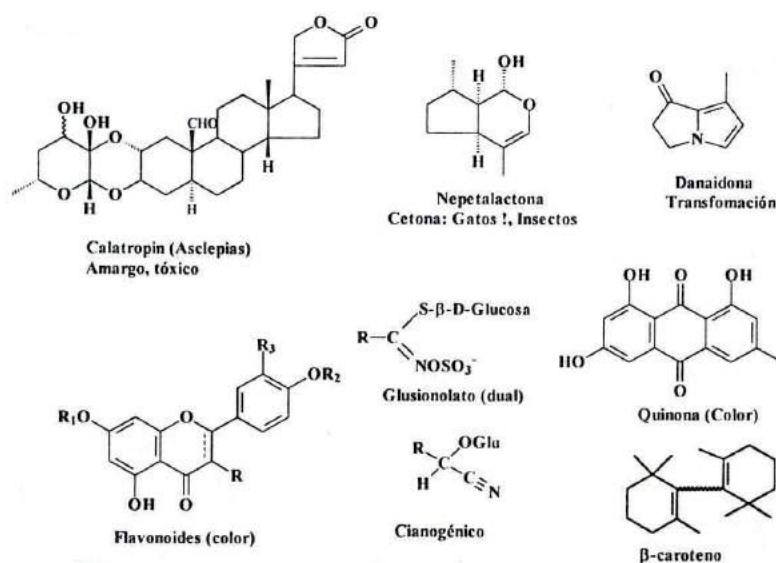
MIMETIZADORES (Coloreados)
Quinonas
Carotenos
Flavonoides
DISUASORES (Amargos)
Glicósidos Cardiotónicos
Pirrolizidinas
Clerodanos
Glucosinolatos
Iridoides
Cianogénicos

Si bien como tales tiene poco potencial como insecticidas podría diseñarse inhibidores de la bioquímica enzimática del insecto a partir de su estructura. En general su acción es muy pasiva y tiende más a disuadir a un herbívoro que a originarle un daño irreversible (Figura 15).

Los iridoides, una clase de monoterpenos, ilustran un fenómeno bien curioso. Estas sustancias se encontraron originalmente en hormigas del género *Iridomyrmex* (de donde proviene su nombre químico, Figura 16), en las cuales desempeñan un papel netamente

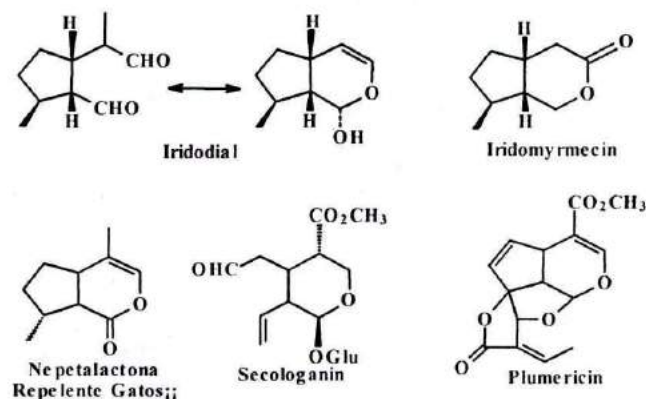


defensivo como antialimentarios; dicho efecto ha sido positivo contra *Locusta*, *Schicera*, *Spodoptera*, *Lymantria*, *Choristoneura*, *Euphydryas* y *Ceratomia*.



**Figura 15. Algunos Mimetizantes**

No obstante también se han detectado como compuestos secuestrado en muchos insectos poco relacionados con las hormigas (polillas, cucarrones, moscas y saltamontes). Esta misma clase de sustancias se han aislado de unas diez familias de plantas tales como Verbenaceae, Gentianaceae, Fouquieriaceae, Olivaceae, Scrophulariaceae, Lamiaceae, Apocynaceae y Rubiaceae.



**Figura 16. Estructura de iridoides**

### 3.14 NICOTINOIDES Y ROTENOIDES

Este tipo de compuestos, relegados por los pesticidas sintéticos han cobrado auge nuevamente tanto por la resistencia como la aparición de la Agricultura Biológica; el primero de ellos tiene la ventaja de adicional de ser activo contra áfidos. Acerca de los rotenoides subsisten sus inconvenientes por los efectos sobre otros organismos.

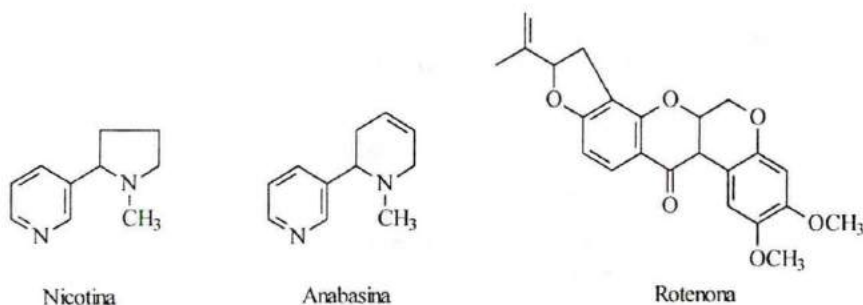


Figura 16. Estructura de antiguos insecticidas

### 3.15 ISOBUTILAMIDA

Las isobutilamidas (Figura 17) son otra clase de sustancias que tienen importantes actividades insecticidas, reportándose en especies de las familias Asteraceae, Rutaceae y Piperaceae. Los estudios en esta última familia partieron del supuesto efecto protector de las especias; efectivamente, extractos de la pimienta negra (*Piper nigrum*) exhibieron una variada gama de acciones insecticidas, ocasionalmente superior al piretro y como este con un efecto paralizante inmediato, "knockdown".

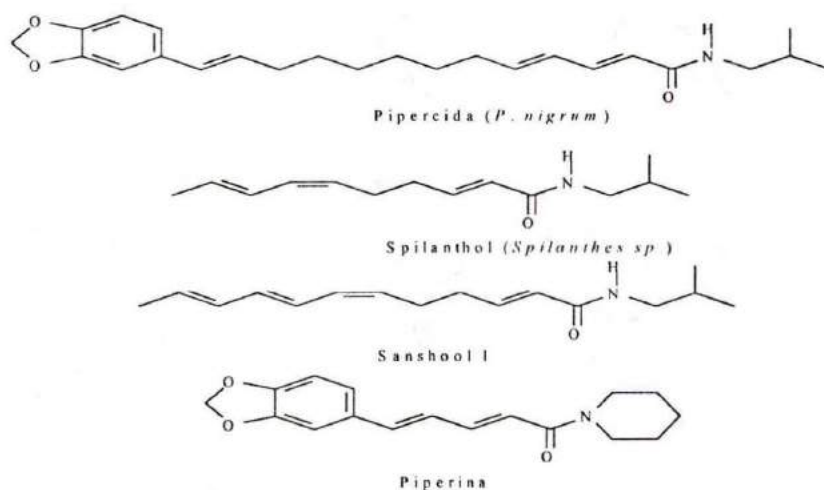


Figura 17. Estructura de algunas isobutilamidas

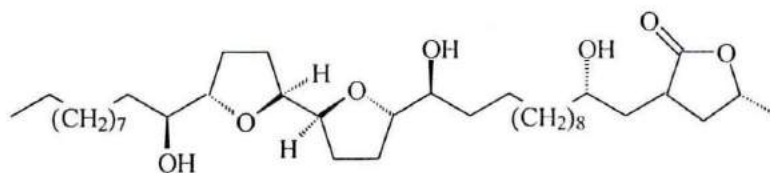


Estas sustancias se caracterizan por tener una amida incluida en una cadena de cuatro o más miembros; poseen innegables efectos insecticidas sobre la mosca casera, culex, el escarabajo de la mostaza, varias plagas de arroz y frijol (*Sitophilus oryzae*, *Anthonomus grandis*, *Callosobruchus chinensis*) y contra *Tenebrio molitor*.

Las isobutilamidas originales y naturales tienen varios inconvenientes para su aplicación, a saber, la irritabilidad en la piel humana, su posible toxicidad en mamíferos y la inestabilidad a las condiciones ambientales; después de hacer varias modificaciones en la cadena lateral y en el núcleo de isobutilamidas se ha podido generar sustancias activas, aún contra las cucarachas americana y alemana.

### 3.16 ACETOGENINAS

Las acetogeninas han tenido más importancia como anticancerosos e inhibidores de la transferencia electrónica mitocondrial; más recientemente se les ha dado importancia por el efecto insecticida de la asimicina (Figura 18) sobre todo en termitas, artrópodos y algunos áfidos, larvas de *Aedes* y un poco más de diez insectos adicionales. Sin embargo, el logro principal se encuentra en las aplicaciones de extractos acuosos de semillas de guanábana (una rica fuente de acetogeninas) para combatir varios insectos de frutales.



Asimicin (*Asimina triloba*)

**Figura 18. Estructura de una acetogenina**

## 4. METODOS BIOLÓGICO/QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE INSECTOS

Aunque en primera instancia puede ser un organismo completo el que se aplica, en la mayoría de los casos la acción protectora se logra a través de una sustancia química. De hecho, ya se conocen los metabolitos implicados en dicha acción, pero el costo de su producción o su estabilidad no permiten aplicarlos directamente.

Una de las desventajas en este método de control sobre las sustancias químicas es la gran influencia de las condiciones ambientales principalmente la temperatura y la humedad en el metabolismo microbiano y la pérdida de virulencia como consecuencia de la replicación del material en el campo; la Tabla 6 muestra algunas de las consideraciones a tener en cuenta acerca de las ventajas/desventajas relativas cuando se emplean métodos químicos

puros o métodos biológicos. Es evidente además que cada caso en particular exigirá un análisis específico, puesto que para determinadas épocas, regiones o casos habrá que enfrentar el problema de los insectos plagas de una manera drástica y rápida (caso invasiones por langosta o por chiza), mientras que en otras únicamente se requerirán medidas preventivas.

Si bien en la sociedad moderna predominan conceptos basados en la minimización del empleo de las sustancias químicas y en la protección del medio ambiente (paradójicamente a través de la erradicación de los químicos), la vida real indica que no es posible desligarnos por el momento de los métodos químicos de control de insectos y microorganismos dañinos.

**Tabla 6.** Efectividad relativa de los métodos de control biológicos y químicos.

	Biocontrol	Sustancia Pura
Especificidad	XXXX	XX
Aplicación	X	XXXX
Condiciones ambientales (temperatura, luz, limpieza)	X	XXXX
Estabilidad al medio	X	XXXX
Concentración Efectiva	XX	XXXX
Reproducibilidad	XX	XXXX
Contaminación posterior	X	XXXX
Biodegradabilidad	XXXX	XX
Introducción Mercado	XXXX	XX
Generación de nuevos productos	XX	XXXX

+: Menor ventaja; \*\*\*\*: Máxima ventaja

Los métodos de control biológico son de tres tipos principales:

- Aplicación de bacterias, hongos y parasitoides. Transferencia de genes microbianos involucrados en la producción de un insecticida
- Manipulación de parasitoides
- Búsqueda de variedades con resistencia reconocida a insectos.

#### 4.1 APLICACIÓN DE HONGOS, BACTERIAS Y PARASITOIDES

Los hongos entomopatógenos se conocen desde el siglo pasado; tal vez el auge de la química sintética impidió que desde entonces se trataran de aplicar masivamente; el hongo ideal sería aquel que posea una alta virulencia, una acción rápida, un amplio rango de huéspedes, estable en cultivo y durante el almacenamiento y seguro para animales.

Si bien se han aislado varios metabolitos secundarios de estos hongos, no siempre se puede garantizar que su acción insecticida se deba completamente a estos compuestos. En estos casos, en los cuales la exigencia fundamental es la secreción y aplicación precisa de una sustancia insecticida al interior de la células, la opción de producir y extraer



externamente el metabolito activo por fermentación y luego aplicarlo como un pesticida normal se excluye de plano.

*Beauveria bassiana* fue el primer entomopatógeno conocido; se caracteriza porque ataca todas las etapas de insectos de muchos grupos pero especialmente los pertenecientes a los órdenes Leidóptera, Coleóptera y Homóptera, especialmente el minador europeo del maíz, el escarabajo japonés y el de Colorado y el gusano de la col. Genera toxinas del tipo peptídico llamadas beauvericinas que no tienen suficiente estabilidad ni actividad que justifiquen su empleo como tales.

*Metarhizium anisopliae* es otro hongo empleado en el campo pero fué aislado de abejas en el siglo pasado; es activo contra una gran variedad de insectos y sus toxinas (llamadas dextrusinas) son insecticidas tanto *in vivo* como *in vitro*.

*Nomuraeae rileyi* (*Spicaria prasina*) es activo contra lepidópteros, incluyendo *Heliothis zea* y *H. virescens*; produce enzimas del tipo quitinasa, proteasa y lipasa que causan lisis inmediatas en sus huéspedes.

También se han estudiado otros hongos entomopatógenicos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. No obstante no han avanzado mucho debido a las micotoxinas que producen, altamente peligrosas para los seres humanos.

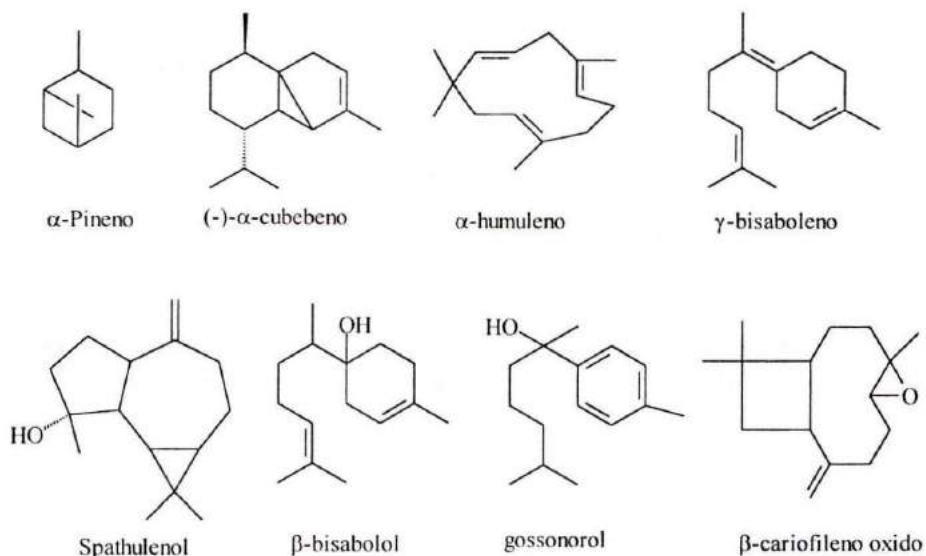
*Bacillus thuringiensis* ha sido un organismo cuyo desarrollo como producto insecticida ha sido muy rápido, pues se determinó su espectro de acción, la sustancia responsable y finalmente mediante biología molecular se ha podido incorporar el gen involucrado en su producción en varias plantas entre ellas el tabaco.

Los ejemplos anteriormente descritos tienen muchas ventajas sobre las sustancias químicas, pero tampoco se ha llegado al insecticida ideal. Su principal problema es la influencia negativa que tienen sobre su metabolismo, reproducción y acción las condiciones ambientales, especialmente la humedad y la temperatura. Más aún, los resultados finales pueden variar por la rápida pérdida de virulencia. No obstante se podrían diseñar otros pesticidas tomando como modelo las toxinas producidas, puesto que para el caso de péptidos y proteínas ya se sabe que no es necesario sintetizar todo el compuesto sino el fragmento aminoacídico involucrado en la acción biológica. Además, si la biotecnología avanza tan rápidamente se podrían producir plantas transgénicas que expresen normalmente esta clase de insecticidas

#### 4.2 MANIPULACIÓN DE PARASITOIDES

Acerca de los parasitoides también se han encontrado otras alternativas. Aunque apenas se avanza en su bioquímica ya se han detectado sustancias que actúan sobre ellos de una manera feromonal; varios son metabolitos normales de algunas plantas (Figura 18).

Adecuadamente manipulados podrían ser empleados para orientar los parasitoides hacia sus insectos huéspedes. Además de los mostrados más abajo, otras sustancias tales como la fructosa, sacarosa, isocianato, y las llamadas sustancias de olor verde actúan como atrayentes de estos organismos.



**Figura 18. Atrayentes de algunos parasitoides**

### 4.3 OBTENCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE PLANTAS

Los riesgos químicos de nuevas variedades de plantas han pasado desapercibidos, puesto que la alta productividad o aún la superación de condiciones ambientales hostiles puede traducirse en la pérdida o desaparición de metabolitos implicados en la defensa de las plantas contra los insectos y microorganismos. No obstante subsiste un riesgo latente y es la generación de nuevas sustancias que pueden representar un peligro para la planta e incluso para el ser humano. El caso Puztai, aunque no concluyente, si alerta acerca del riesgo que se asume cuando se desconocen las implicaciones químicas de las manipulaciones genéticas.

Ya existen muchos reportes acerca de la presencia espontánea de metabolitos secundarios en las plantas y su resistencia a insectos. Algunos de ellos son:

- Algodón y los sesquiterpenos tipo gossipol (Figura 19).
- Tomates y cetonas de cadena larga
- Brasicaceas y glucosinolatos



- Tabaco y nicotinoides (Figura 20)
- Helecho marranero y ecdisonas
- Soya y alto contenido de fitosteroles
- Papa y alcaloides esteroidales

En varios de estos casos existe la presencia de tricomas, que se consideran como reservorios de valiosos compuestos químicos con propiedades protectoras para la plantas; en general las variedades resistentes/tolerantes a insectos producen específicamente sustancias sinécticas, repelentes, feromonales o antialimentarias, en el caso de las susceptibles no hay una producción apreciable de esta clase de metabolitos.

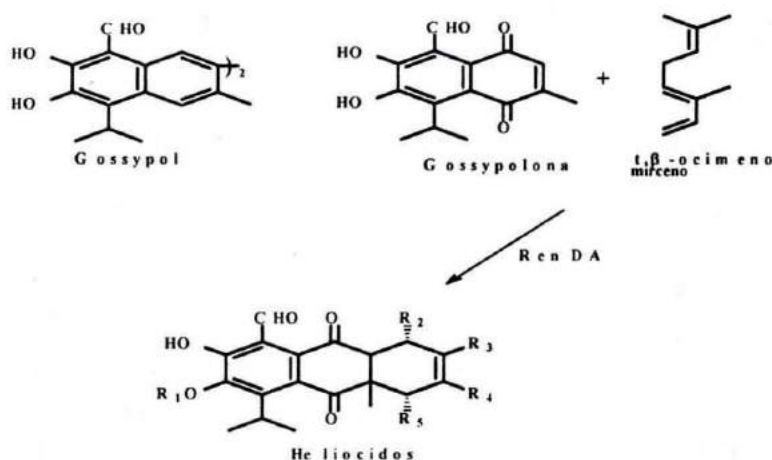


Figura 19. Compuestos presentes en varias especies de *Gossipium*

Por tanto la transferencia selectiva de los genes involucrados en la biosíntesis de estos compuestos sería una buena alternativa para obtener plantas transgénicas con alto contenido de defensas química. Igualmente se ha propuesto un procedimiento similar para bloquear las proteasas y glicosidasas, enzimas esenciales que emplea el insecto en su alimentación directa y en su digestión.

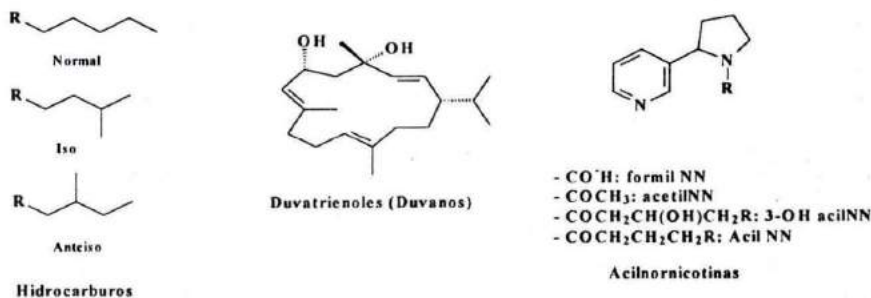


Figura 20. Compuestos presentes en especies de *Nicotiana repandae*

Esta clase de estudios puede ser una valiosa etapa previa al fitomejoramiento por Biología Molecular, ya que es fácil observar las especies o variedades susceptibles a un insecto y posteriormente realizar estudios fitoquímicos y bioensayos sencillos para determinar el papel activo de un metabolito en particular contra un insecto. Nosotros estamos actualmente empleando esta misma metodología en el campo de las fitoalexinas, tratando de encontrar sustancias o procesos naturales que permitan detener los efectos nocivos de los hongos y los microorganismos en general en plantas especialmente importantes por su significado nutricional e industrial.

Igualmente se conocen ejemplos contrarios, en los cuales la planta genera espontáneamente sustancias químicas que atraen insectos, cuya colonización se refleja en el debilitamiento y posterior muerte de ésta. En otros casos, la generación de glucosinolatos ejerce un efecto dual, puesto que de un lado modulan la oviposición de insectos en ella pero también pueden atraer otros insectos indeseables y peligrosos. También se explora la posibilidad de generar resistencia a partir de la obtención de clones con mayores defensas físicas, con altos índice de producción de ceras, látex y gomas, así como de lignina y carbohidratos.

## 5. FORMULACIONES

Si bien a través de la química se busca una entidad única, identificable y homogénea, es indudable que este hecho también puede tener consecuencias contraproducentes, especialmente para los países del tercer mundo. Es innegable que si la búsqueda de una sustancia activa parte de conocimientos empíricos o aún de la misma etnobotánica, se corre el riesgo de que se comercialice mediante procesos de protección que involucran patentes y regalías; ahora bien, una entidad cuyas características físicas y químicas permanezcan constantes facilitará la aplicación y la obtención de resultado siempre iguales. No obstante que para los beneficiarios la llamada formulación (que involucra extracciones con agua, la participación de más de una planta o sustancia y ocasionalmente procesos fermentativos) a veces puede parecer como una alternativa viable, también se debe tener en cuenta que en estas mezclas heterogéneas, sin unas proporciones definidas y sin conocer cómo evoluciona el contenido de principios activos se asume un riesgo grande de que lo recomendado a veces no funcione.

**Tabla 5. Ventajas y desventajas de formulaciones y de sustancias puras**

FORMULACION	UNA SUSTANCIA
Organo? Origen? Estado?	Estructura?
Extracciones acuosas	Generar un compuesto activo
Fermentacion/descomposicion	Orignar una cabeza de seria QSAR
Concentración efectiva?	Comprender un un fenómeno
Metodo y frecuencia de aplicación	Entender una interacción
Espectro de aplicacion universal?	Facilitar un modelo ecológico



Hace algún tiempo surgió una de tantas formulaciones para combatir la broca del café, pero tal parece que esta alternativa fracasó ya que de haber funcionado ya se hubiesen obtenido excelentes resultados; posiblemente la falta de estabilidad y composición constante no facilitaron su aplicación.

## 6. CASOS ESPECIALES

### 6.1 NEMATODOS

La búsqueda de nemátodos ha sido otra de las líneas de investigación importantes en Química de Productos Naturales; dos casos plantan serios interrogantes respecto a las expectativas académicas y a su aplicabilidad. El primero de ellos hace relación a la susceptibilidad/resistencia a insectos en soya: de las raíces de fríjol fue aislado un triterpeno con una potente acción eclosionante ( $10^{-12}$  a  $10^{-13}$  g/ml) sobre el nemátodo *Heteropdera glycines*; esta sustancia (llamada glicinoeclepin) rápidamente fue identificada y posteriormente sintetizada para tratar de aplicarla como nematicida. Lo que parece extraño es que se haya generado tanto interés por algo a primera vista perjudicial para la planta como es un método para favorecer la presencia de nemátodos; no obstante, si dichos compuestos se aplican cuando no hay condiciones favorables para que las larvas se desarrollen, muchas de ellas perecerán antes de que por ejemplo comience la siembra.

Algunas plantas de los géneros *Tagetes* y *Rudbeckia* tienen una reconocida acción nematicida; esto se debe exclusivamente a la presencia de ciertos metabolitos llamados poliacetilenos (Figura 21).

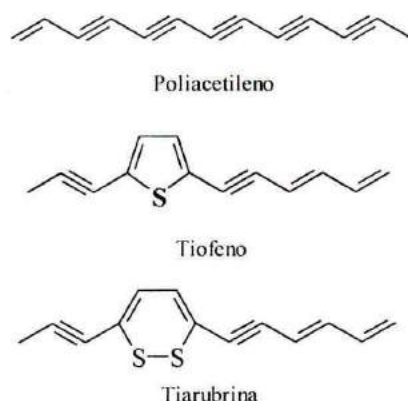


Figura 21. Estructura de Poliacetilenos de Asteraceae

Tratar de aplicar directamente estos compuestos sería un desastre, por su inestabilidad; obtenerlas a partir de la raíces de la planta no rendiría más allá de unos pocos miligramos y hacer un sembrado compartido por ejemplo con banano puede significar perder el tiempo: se tendría que sembrar la mitad del terreno con *Tagetes* y la otra mitad con la planta a ser protegida

## 6.2 ARAÑAS

Una observación fortuita ha creado expectativas respecto a otra clase de insecticidas: como capturan y mantienen su presa las arañas? Se ha determinado que esto lo hacen gracias a la inoculación de neurotoxinas que actúan sobre la transmisión nerviosa por vías hasta el momento casi desconocidas. Desgraciadamente dichas neurotoxinas son de naturaleza proteica por lo cual transcurrirá mucho tiempo antes de que puedan ser una realidad; en cambio se ha originado la búsqueda de nueva sustancias que actúen de manera similar a como lo hacen dichas toxinas. Se ha creado por tanto un modelo biológico valioso que permitiría ensayar y generar otras sustancias biológicamente activas.

## CONCLUSION

En este trabajo se ha hecho una exposición químico-funcional de los metabolitos procedentes de diversos organismos, los cuales poseen actividad insecticida real o potencial. El descubrimiento de estas sustancias se ha fundamentado en observaciones de campo, aunadas a extrapolaciones químicas y fisiológicas; en muy pocos casos se aplican o emplean sustancias de origen natural, las que más bien sirven como modelos o plantillas a partir de las cuales se obtienen moléculas mucho más activas y con mejores propiedades biológicas y fisicoquímicas. Para nuestro medio en particular la búsqueda de alternativas propias para proteger nuestras cosechas debe ser una imperativo social, económico y político, pues de lo contrario seguiremos siendo dependientes tecnológicamente, con bajos índices en productividad y altos en contaminación.

Finalmente, podemos deducir varias lecciones:

1. Los productos naturales no generan productos. Dan alternativas a problemas que analizados científicamente permiten separar lo cierto de lo folclórico y el mito de la realidad.
2. Tenemos en nuestro medio problemas y situaciones muy particulares y específicas.
3. Se requiere de una alta capacidad de observación y de la conformación de grupos multidisciplinarios para enfrentar un investigación en este sentido.
4. Se precisa de bioensayos muy precisos y específicos para llegar a conclusiones valederas.
5. La biología molecular y la química pueden aunar esfuerzos para diagnósticos sencillos de resistencia/SUSCEPTIBILIDAD



6. Aunado con la selectividad y la especificidad debe existir una conciencia por la aplicación y uso de dosis reales.
7. Además la fuente, la materia prima o el proceso de aprobación y producción pueden ser escasos y laboriosos respectivamente.
8. No todo lo que es positivo y prometedor en el laboratorio se comportará igualmente en el campo.
9. Ni sale al mercado.
10. Y... porqué no sale al mercado?

Valga la pena anotar las recomendaciones presentadas en la International Conference on Chemistry and World Food Supplies (CHEMRAW II) y las expectativas en las que debe centrarse la investigación agronómica en los Estados Unidos y que igualmente son extrapolables a un país como el nuestro, con un vasto potencial agroindustrial:

- Chemraw.

- "Alta prioridad para el desarrollo de nuevos métodos químicos para el control de pestes microbianas y de insectos.
- Incrementar la atención en la identificación y la aplicación de nuevos reguladores del crecimiento de plantas.
- Enfatizar en el control químico/biológico de malezas por medio de aleloquímicos.
- Formular programas para atraer y entrenar un gran número de científicos calificados para las disciplinas científicas relacionadas con la agricultura".

- Expectativas Agronómicas para la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos:

- "Mejorar la salud y la nutrición humana a través de la mejora en la calidad, cantidad y seguridad de los alimentos.
- Desarrollar nuevas herramientas científicas.
- Defender a las plantas químicamente.
- Controlar los patógenos de las plantas.
- Explotar los insecticidas naturales.
- Entrenar científicos orientados hacia la agricultura".

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia y a COLCIENCIAS la financiación de los proyectos que se mencionan y la posibilidad de redactar este trabajo.}

## BIBLIOGRAFIA

- BAKER, J.; FENYES, J.; and STEFFENS, E. Synthesis and chemistry of agrochemicals III". 1992, p.486
- CASIDA, John E. (ed.). Pyrethrum : the natural insecticide. New York: Academic Press, 1973. p.329
- CUTLER, H. (ed.). Biologically active natural products. Potential use in agriculture. Washington DC: ACSSS # 380, 1988, 483 p.
- DOWNUM, K.; ROMEO; and STAFFORD, H. Phytochemical potential of tropical plants (Recent Advances in Phytochemistry). v. 27. Plenum, 1993, p. 345
- ECHEVERRI, F. Productos Naturales Biológicamente Activos. 2ed. Medellín: Imprenta Universidad de Antioquia, 1988, 118 p.
- ECHEVERRI, F.; QUIJANO, J. y ENZUNCHO, A. Flavonoides en la resina de *Eucaliptus* sp. Rev. Lat. Quim. 21:37. 1990.
- ECHEVERRI, F.; QUIJANO, J.; MONTOYA, R. y URIBE, C. Un metabolito de stress en la resina de *E. globulus*. Rev. Lat. Quim. 16:156. 1986.
- ECHEVERRI, F.; CARDONA, G.; TORRES, F.; QUIÑONES, W.; PELAEZ, C.; and RENTERIA, E. *Ermanin*: a deterrent compound isolated from *P. foetida*". Phytochemistry 30:153. 1991.
- ECHEVERRI, F. *et al.* Metabolites from *Abelmoschus esculentus*. Symposium of the European Phytochemical Society, Murcia (España). 1995.
- ECHEVERRI, F.; CARDONA, G.; TORRES, F. y QUIÑONES, W. Informe final del proyecto Actividad Larvicida de Eucaliptos contra *Culex*, *Aedes* y *Anopheles*". Medellín: CIEN-Universidad de Antioquia, 1991.
- HEDIN, P. *et al* (Eds.) . Phytochemicals for pest control. ACSS, 1997, p. 356
- HEDIN, P. (Ed.). Bioregulators for pest control. ACSSS # 276, Washington DC, 1985, 540 p.
- HEDIN, P. (Ed.). Host plant resistance to pests. American Chemical Society Symposium. Series (ACS SS) # 62, Washington DC, 1977, 286 p.
- LEBARON, L. (Ed.). Biotechnology in agricultural chemistry. ACSSS # 334, Washington DC, 1987, 367 p.
- ROLDAN, J.; BRITO, Y. and HASSANE, E.L. (1997). Danilol, a new drimmane sesquiterpene obtained from *Polygonum punctatum*. Natural Product Letters. 10:295-301
- TERANISHI, R.; BUTTERY, R. and SUGISAWA, H. (Eds). Bioactive volatile compounds from plants. ACSSS # 525, 1993, p.309.
- WALLER, G. (Ed.). Allelochemicals role in agriculture and forestry. ACSS, 1987, p. 606.



# NEEM: DESARROLLO, ESTADO ACTUAL E IMPACTO AMBIENTAL DE UN BIOPLAGUICIDA

María Eugenia Moreno<sup>1</sup>  
Carlos Peláez<sup>1</sup>  
Liliana Acevedo<sup>1</sup>  
Gladis Morales<sup>1</sup>  
Miguel Acevedo<sup>1</sup>

## 1. CONCEPTOS GENERALES

Nombre científico: *Azadirachta indica* A. Juss

Sinónimos: *Antelea azadirachta*, *Melia azadirachta*, *Melia indica*

Nombre vulgar: nim, neem, margosa paraíso, caoba, caoba haitiana, criolla.

Es una especie originaria de la India y Birmania, que a partir de 1915 y gracias a sus propiedades, fue propagada en regiones áridas de Africa y Asia, alcanzando luego una cobertura mayor al ser cultivado en países de Centro y Sur América, Islas del Caribe y en la última década en Arabia Saudita (Brechelt *et al.*, 1995; Saxena, 1990).

Dadas las características de sus metabolitos secundarios, se hicieron evidentes sus bondades en el control de plagas tanto en el área de la Salud Pública como en la Agricultura. El uso folclórico tanto de neem como de otros insecticidas derivados de plantas y conocidos como piretrina, nicotina y rotenona, nunca pasó a la obtención de productos formulados que pudieran ser competitivos en el mercado de los pesticidas. (Schmutterer y Ascher, 1987; Saxena, 1990).

La gran expansión agrícola de comienzos del siglo XX generó grandes necesidades para el control de plagas (Benitez, 1995) y teniendo en cuenta que los controles basados en el uso de los materiales botánicos que contenían sustancias con alto potencial bioactivo, no lograron contrarrestar los problemas fitosanitarios y a cambio se cedió terreno a las plagas que al lograr alcanzar altísimas densidades poblacionales condujeron a que las pérdidas económicas fueran de tal magnitud que no podían ser absorbidas, entonces, se replantearon estas estrategias a partir de los años 30 y con ello el declive del neem como agente control de plagas (Brechelt *et al.*, 1995).

El avance de la química permitió la formulación de insecticidas con principios activos síntesis que desde sus inicios se han caracterizado por poseer amplio espectro y diferentes modos de acción, altísima eficacia y fácil aplicabilidad. No obstante, en el desarrollo de estos programas de control, sobrevinieron otra serie de dificultades traducidas en

---

<sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM). Departamento de Química. Universidad de Antioquia.

parámetros biológicos, eliminación de especies benéficas y su contrapartida: La "aparición" de resistencia en los organismos plagas.

A partir de la década de los cincuenta y a consecuencia de la revolución verde, se abrió un nuevo panorama y de alguna manera se retomaron antiguas prácticas para el manejo y control de plagas (Benitez, 1995), resurgiendo el neem, pero esta vez con un enfoque más "académico", dado que en 1962 (Figuroa, 1995) se convalidó su eficacia -en términos de acción antialimentaria- sobre saltamontes (Saxena, 1990) y hasta el presente se han llevado a cabo investigaciones en todas direcciones que han generado más de 850 artículos, 3 actas de conferencias internacionales (Schmutterer *et al.*, 1981; Schmutterer y Ascher, 1984; Schmutterer y Ascher, 1987), una monografía (Jacobson, 1988), revisiones completas (Saxena, 1989; Schmutterer, 1990), un proyecto desde 1987 en el marco de "Fabricación de Insecticidas Naturales a partir de Plantas Tropicales" con sede en República Dominicana en convenio con la República Federal de Alemania (Brechelt *et al.*, 1995) y Margosan-O el primer producto comercial registrado por la EPA en Estados Unidos en 1985 y a partir del cual se han desarrollado hasta el momento otros 8 productos comerciales Turplex, Neemguard, Repelin, Bioneem, Neemazal, Neemark, Azatin, Neemix (Sclar, 1995).

## 2. PRINCIPIOS ACTIVOS Y MODO DE ACCIÓN

El modo de acción del neem está dirigido a producir una serie de desórdenes fisiológicos y químicos que alteran y modifican el comportamiento de los insectos sin producirles una muerte instantánea.

Las semillas son las que contienen el mayor número de principios activos, caracterizados como tetranortriterpenoides o limonoides y se han aislado más de 50 compuestos con diferentes actividades biológicas (Saxena, 1990). A continuación se mencionan algunos.

**Tabla 1.** Principios activos aislados, caracterizados y con actividad biológica de semillas neem (*Azadirachta indica* A. Juss).

Principios activos	Referencia
Salanin	Henderson <i>et al.</i> , 1964
Beside, azadirachtina, meliantriol	Lavie <i>et al.</i> , 1967
Deacetil-azadirachtinol	Jacobson, 1986
Veapol, isoveapol, nimibidin, nimbin	Sankaram <i>et al.</i> , 1987
Azadiradiones	Lee <i>et al.</i> , 1987
3 tigloilazadirachtol, azadionas, geduninas, meldenin, meliantrol, nimbadiol, nimbidininas, nimolicinas,	Brechelt <i>et al.</i> , 1995
acetilneotrichi-lenona, entre otros.	7



La dirección de la mayoría de las investigaciones sobre neem, hasta el presente, ha estado dirigida a la azadirachtina, salanina y nimbina, toda vez que son los principales compuestos que rompen la armonía endocrina de los insectos.

i. Azadirachtina.

En apariencia es el responsable del 90% de la acción insecticida, actuando en el proceso de metamorfosis en los distintos estados de transición de los insectos, ninfas o larvas hasta adultos (Jones *et al.*, 1989), dado que su estructura es muy similar a las hormonas llamadas ecdisonas u hormonas de la muda y cuya consecuencia se refleja en una serie de sucesos morfo-fisiológicos en las diferentes etapas de desarrollo (Bibmon, 1987; Wipls, 1987; Naqvi, 1987):

- Prolongan el período de las larvas jóvenes, donde se presentan malformaciones, reducción en la alimentación y subsecuentemente la muerte.
- Las pupas que logran emerger exhiben malformación y pueden morir y finalmente los adultos presentan deformidades en la piel, alas, patas, abdomen y otras partes.

ii. Salanin y nimbim

Son los principios amargos responsables de la actividad repelente y antialimentaria. Entendiéndose la primera como una movilización lejos del recurso del estímulo (Saxena, 1990) y generando un rechazo por la alimentación donde en casos extremos y dependiendo del estado de desarrollo de los insectos estos prefieren morir (Brechelt *et al.*, 1995). Se ha considerado que este efecto puede ser sistémico y permanecer entre 7-10 días dependiendo del insecto y la frecuencia de aplicación (Sclar, 1995).

En síntesis los efectos reguladores del crecimiento son muy similares para las especies de insectos tratados con neem, toda vez que generan un bloqueo en la ecdisis y apólisis causando la muerte de los insectos en la muda larva-pupa, pupa-adulto o ninfas-adulto y/o aberraciones reproductivas. Y la acción antialimentaria tiene dos orígenes una perturbación de los receptores fagoestimulantes o desórdenes intestinales (Sclar, 1995).

El conjunto de estos efectos es generado por el sinergismo de los principios activos del neem y que sumado a lo anterior desencadena otra serie de eventos en los insectos, reducción en la fecundidad, en la producción de huevos, en el potencial reproductivo en el momento del cortejo, reducción en la emergencia a adultos, acción repelente e inhibidora de la biosíntesis de la quitina (Wilps, 1987).

### 3. ESPECTRO DE ACCIÓN

Hasta 1995 se conocía que el neem con sus diferentes modos de acción presentaba una cobertura sobre aproximadamente 200 especies de insectos pertenecientes a 9 órdenes. A continuación se presenta las especies de insectos estudiados para evaluar la acción biológica del neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y sus derivados (Jacobson, 1987; Saxena, 1989; Saxena, 1990; Brechelt *et al.*, 1995, adaptado y completado):

#### DIPTERA:

*Aedes togoi* (Saxena, 1989), *Anastrepha ludens* (Jacobson, 1987), *Anastrepha suspensa* (Saxena, 1990), *Anopheles stephensi* (Saxena, 1989), *Bactrocera trioni* (Hassan, 1998), *Calliphora vicina*, *Ceratitis capitata* (Dilio *et al.*, 1999), *Culex fatigans* (Saxena, 1990), *Culex quinquefasciatus* (Saxena, 1989), *Culex tarsalis* (Tianum & Mula, 1999), *Dacus cucurbitae* (Saxena, 1990), *Delia radicum* (Paets & Istman, 1998), *Diopsis apicalis*, *Diopsis macrophthalma* (Saxena, 1990), *Dosophila melanogaster* (Mitchell *et al.*, 1997), *Haematobia irritans*, *Lirimyza sativae*, *Liriomyza trifolii* (Jacobson, 1987), *Liriomyza huidobrensis* (Weintraub & Horowitz, 1997), *Lucilia cuprina* (Saxena, 1990), *Melanagromiza obtusa* (Brechelt *et al.*, 1995), *Musca domestica* (Saxena, 1990), *Ophiomyia phaseoli* (Saxena, 1989), *Orseolia orizae*, *Phormia regina*, *Phormia terraenovae* (Jacobson, 1987), *Phytomyza ilicis* (Saxena, 1990), *Rhagoletis indifferens* (Vanranden & Roitberg, 1998).

#### COLEOPTERA:

*Aulacophora foveicollis* (Saxena, 1989), *Callosobruchus analis* (Banken & Stark, 1997), *Callosobruchus maculatus* (Al-Hemyari, 1994), *Coccinella septempunctata* (Roger *et al.*, 1995), *Coleomegilla maculata* (Saxena, 1990), *Cylas formicarius*, *Diabrotica balteata*, *Diabrotica undecimpunctata* (Jacobson, 1987), *Di cladispa undecimpunctata* (Saxena, 1989), *Echinocnemus orizae* (Saxena, 1990), *Epilachna varivestis* (Jacobson, 1987), *Epistrix fuscula* (Saxena, 1989), *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Saxena, 1990), *Holotrichia insularis* (Jacobson, 1987), *Leptinotarsa decemlineata* (Saxena, 1990), *Leucopholis burmeisteri* (Brechelt *et al.*, 1995), *Madurasia obscurella* (Saxena, 1990), *Morimus funereus* (Saxena, 1989), *Myllocerus* sp. (Saxena, 1990), *Octheca bennigseni* (Naumman *et al.*, 1996), *Oncideres rhodoesticta* (Saxena, 1989), *Pissodes strobi* (Jacobson, 1987), *Rizopherta dominica* (Muda & Cribb, 1999), *Schematiza cardiae*, *Scolytus multistriatus*, *Sitophiluz orizae*, *Tribolium castaneum* (Xie *et al.*, 1996).

#### HEMIPTERA:

*Antestiopsis orbitalis* bechuana, *Calacoris angustatus*, *Leptocorisa oratorius* (Saxena, 1989), *Oncopeltus fasciatus* (Mordue *et al.*, 1995), *Rodnius prolixus* (Saxena, 1990), *Scotinophora coarctata* (Saxena, 1989).



## HOMOPTERA:

*Amrasca devastans*, *Aonidiella orientalis* (Lale, 1998), *Aphis citricola*, *Aphis gossipy* (Saxena, 1989), *Aphis mellifera* (Naumman & Isman, 1996), *Bemisia tabaci* (Jacobson, 1987), *Bemisia argentifolii* (Liu & Stansly, 1995), *Brevicoryne brassicae* (Saxena, 1990), *Diaphorina citri* (Saxena, 1989), *Driosicha mangiferae* (Saxena, 1990), *Elatobium abietinum* (Partridge & Borden, 1997), *Empoasca fascialis* (Saxena, 1989), *Empoasca kerri* (Saxena, 1990), *Empoasca lybica*, *Jacobiella fascialis*, *Lyphaxis erysimi*, *Melanaphis sachari*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum nymphaeae*, *Toxoptera aurantii* (Saxena, 1989), *Trialeurodes ricini*, *Trialeurodes vaporariorum* (Saxena, 1990).

## HYMENOPTERA:

*Ahtalia lugens proxima* (Saxena, 1989), *Fenusa pusila* (Jacobson, 1987), *Bracon brevicornis* (Srivastava et al., 1997), *Formica polyctena* (Saxena, 1989), *Pristiphora abietina* (Saxena, 1990).

## LEPIDOPTERA:

*Achaea janata* (Saxena, 1989), *Alabama agrillacea* (Brechelt, 1995), *Amsacta moorei* (Saxena, 1989), *Anisota senatoria*, *Antigastra catalaunalis* (Saxena, 1990), *Aproaevema modicella* (Aliniyee et al., 1997), *Archips rosanus*, *Boarmia selenaria*, *Chilo partellus* (Saxena, 1989), *Choristoneura fumiferana* (Wanner et al., 1997), *Choristoneura rosaceana* (Smirle et al., 1996), *Corcyra cephalonica* (Saxena, 1989), *Crocidolomia bitotalis* (Brechelt, 1995), *Dyaphania hyalinata* (Saxena, 1990), *Ephestia cautella* (Saxena, 1989), *Euchrysops enejeus* (Brechelt et al., 1995), *Feltia subterranea* (Rao et al., 1995), *Helicoverpa armigera* (Brechelt et al., 1995), *Helicoverpa zea* (Saxena, 1989), *Heliothis armigera* (Jacobson, 1987), *Heliothis virescens* (Saxena, 1989), *Hellula undalis* (Brechelt et al., 1995), *Keiferia lycopersiella* (Saxena, 1989), *Maliarpha separatella* (Jacobson, 1987), *Manduca sexta* (Saxena, 1989), *Maruca testulalis* (Brechelt et al., 1995), *Mocis latipes*, *Ostrinia furnacalis*, *Ostrinia nubilalis* (Saxena, 1989), *Othoreis fullonica* (Saxena, 1989), *Phthorimaea operculella* (Saxena, 1989), *Phycita melongenae* (Brechelt et al., 1995), *Phyllocnistis citrella* (Saxena, 1989), *Pieris brassicae* (Saxena, 1990), *Pyralis* sp. (Brechelt et al., 1995), *Plutella xilostella*, *Scirpophaga incertulas*, *Scrobipalpa ergasima*, *Selepa docilis* (Saxena, 1989), *Sesamia calamistis* (Jacobson, 1987), *Sesamia nonagrioides* (Saxena, 1990), *Spilosoma obliqua* (Jacobson, 1987), *Spodoptera eridania*, *Spodoptera exigua* (Saxena, 1989), *Spodoptera frugiperda* (Brechelt et al., 1995), *Spodoptera litoralis* (Jarvis et al., 1997), *Spodoptera mauritia*, *Syllepta derogata* (Saxena, 1990), *Trichonisia ni* (Jacobson, 1981), *Thyridopteryx phemeraeformis*, *Tineola bisselliella* (Saxena, 1990).

## **ORTHOPTERA:**

*Blatta orientalis*, *Blattella orientalis*, *Byrsotria fumigata*, *Gromphadorhina portentosa* (Saxena, 1989), *Leucophaea maderae*, *Microcentrum retinerve* (Saxena, 1990), *Periplaneta americana* (Jacobson, 1987), *Supella longipalpa*, *Zonocerus variegatus* (Saxena, 1989).

## **SIPHONAPTERA:**

*Ctenocephaloides sp.* (Saxena, 1990).

## **THYSANOPTERA:**

*Frankliniella occidentalis* (Brechelt *et al.*, 1995), *Stenchaetothrips biformis* (Saxena, 1989).

## **4. TOXICOLOGÍA E IMPACTO AMBIENTAL (PIP, 1999)**

La regulación estatal del neem está basada en su principio activo azadirachtina registrado en los Estados Unidos como un pesticida de uso general y con una clasificación toxicológica IV (relativamente no tóxico), de tal manera que los productos que contengan el principio activo tienen en su etiqueta la palabra "Cautela", "Precaución".

### **i. Efectos toxicológicos**

#### **- Toxicidad aguda**

La DL50 oral en ratas de un producto formulado (Azatin-CEE) fue de 4.241 mg/kg, considerada prácticamente no tóxico.

La toxicidad aguda por inhalación en ratas expuestas al Azatin-EC durante 4 horas, mostró que la DL50 es de 2.41 mg/kg, por debajo del límite para el análisis de inhalación aguda que es de 5.0 mg/kg (U.S. Environmental Protection: Tolerance Exemption. Federal Registre).

#### **- Toxicidad crónica**

Se determinó que a concentraciones de 500, 2500 y 10000 ppm de azadirachtina la toxicidad crónica oral en ratas no se presentó hasta 90 días de alimentación, aunque el peso de los machos y hembras se redujo significativamente a 10000 ppm en la semana 3 y 4 respectivamente.



- Toxicidad en órganos

Ratas alimentadas con Azatin-CEE a una concentración de 600 mg/kg/día y durante 90 días no presentaron efectos adversos en órganos luego de la disección.

- Irritación

A conejos se aplicó 0.1 mg de azadirachtina en la córnea y al cabo de una hora se obtuvo una máxima de irritación del ojo de 15.3/110. Para las 24, 48 y 72 horas se obtuvo una relación de 6.2/110, 0.3/110 y 0/110 respectivamente.

A conejos se aplicó azadirachtina en la parte posterior afectada a una concentración de 0.5 mg y al cabo de 4 horas de exposición no se presentó irritación dérmica. En otro análisis se determinó que la DL50 para conejos es > a 2000 mg/kg y un estudio reveló en curies albinos que la azadirachtina es un sensibilizante dérmico débil.

## ii. Efectos reproductivos

En ratas alimentadas con extractos acuosos de hojas de neem se presentó una esterilidad de los machos del 100% al cabo de 11 semanas de la dieta, pero esta no fue asociada con pérdida de la libido o con impotencia, pues los animales tenían una conducta normal de unión. La esterilidad fue reversible entre 4-6 semanas de suspendida la dieta.

## iii. Efectos mutagénicos

Se evaluó el potencial de azadirachtina para causar mutación del gen S-9 de *Salmonella typhimurium* a concentraciones de 50, 235, 500 y 5000 µg/plato y fue negativo con o sin activación del S-9. Los estudios de linfoma en ratón también fueron negativos.

## iv. Efectos carcinogénicos y mutagénicos

No se presentan reportes.

## v. Efectos ecológicos

- Pájaros. No se presentan efectos negativos en pájaros.
- Organismos acuáticos. La CL50 para trucha arco iris fue de 0.48 ppm. A concentraciones altas puede causar la muerte a peces, pero si se considera la rápida degradación de la azadirachtina en el agua y con luz (50-100 horas) es poco probable.
- Otros animales no plaga. La azadirachtina es inocua para arañas, mariposas e insectos como abejas que polinizan y se alimentan de néctar de cosechas y frutales, toda vez que raramente están expuestas a concentraciones significativas de neem.

Mariquitas que consumen áfidos y avispas que actúan como parásitos de varias plagas de cosechas.

#### **vi. Movilidad en el ambiente**

- Degradación en tierra. El potencial para la movilidad en tierra del producto Azatin-CEE es muy bajo, de tal manera que no se acumula en el ambiente.
- Degradación en aguas superficiales. La azadirachtina se degrada fácilmente (100 horas) en agua y bajo luz directa.
- Degradación en vegetales. La azadirachtina es considerada no fitotóxica y no presenta bioacumulación cuando es aplicada según las especificaciones.

### **5. CONSIDERACIONES FINALES**

En todo lo anterior se han considerado otros aspectos igualmente importantes que han sido de gran trascendencia al momento de considerar al neem como uno de los insecticidas naturales de mayor trayectoria en las últimas 2 décadas a nivel mundial.

#### **i. Método de extracción.**

Los componentes del neem responsables de la actividad biológica poseen grado de polaridad, modo de acción y efectividad diferentes, de tal manera que para cada situación los solventes orgánicos juegan un gran papel y los más comúnmente utilizados son Eter de petróleo, etanol, metanol y agua (Mitchell, 1997; Figueroa, 1994). De los anteriores sólo el metanol puede representar un riesgo dada su condición toxicológica.

#### **ii. Concentraciones**

Se han logrado establecer las concentraciones efectivas para un amplio número de insectos plaga y que son recomendadas técnicamente en las formulaciones comerciales tipo extracto o aceite y que oscilan entre 0.25-1.0% y para extractos acuosos, elaborados generalmente de manera artesanal y para aplicación rápida, entre 2.5-5.0% (Brechelt *et al.*, 1995).

#### **iii. Frecuencia de aplicación de productos o extractos que contienen azadirachtina como componente mayoritario**

Dado su modo de acción como inhibidor del crecimiento y desarrollo de los insectos es de vital importancia para un Manejo Integrado de Plagas (MIP), detectar los primeros estadios inmaduros, puesto que es el momento donde se da la biosíntesis hormonal (Sclar, 1995). De lo contrario la eficacia del neem puede verse comprometida cuando es aplicado en los estados avanzado de los insectos donde la emergencia a adultos sucede normalmente. No obstante tal situación puede contrarrestarse con extractos o



formulaciones más enriquecidos con varios componentes y así lograr cierta sincronía con los diferentes modos de acción y prevenir resistencia de los insectos a la azadirachtina (Berchelt *et al.*, 1995).

Finalmente el perfil de las investigaciones sobre neem, en la actualidad, está dirigido, principalmente, a aspectos químicos para estabilizar y prevenir la rápida degradación de los principios activos cuando no son almacenados bajo condiciones adecuadas como temperatura entre 6-8°C, baja luminosidad y empaques apropiados (Estrada, 1994).

Por lo pronto y considerando el manejo y aprovechamiento de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes y subsanar los problemas ambientales, en el marco de la agricultura sostenible, el neem (*Azadirachta indica*) es considerado una estrategia que con unos buenos criterios técnicos y un riguroso manejo puede aplicarse en áreas de la Salud Pública y en todas las actividades agrícolas.

## REFERENCIAS

- AL-HEMYARI, A. 1994. Effectiveness of some plant products as faba bean protectants against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Ann. Agric.Sci. Moshtohor. 32(2): 997-1007. Yemen.
- BANKEN, J.A. & J.D. Stark. 1997. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) after direct exposure to Neemix a neem insecticide. J. Econ. Entomol. 90(5): 1102-1105.
- BENITEZ, G. 1995. Estudios básicos sobre plantas medicinales con propiedades insecticidas. Tesis. Fac. Agron. U.N. 121p. Medellín.
- BIDMON, H.J. *et al.* 1995. Effect of azadirachtin on blowfly larvae and pupae. Proc. 3<sup>rd</sup>. Inter. Neem. Conf. 253-27. Nairobi.
- BRECHELT, A. *et al.* 1995. El nim un árbol para la agricultura y el medio ambiente (experiencia en la República Dominicana). p. 133. República Dominicana.
- DILIO, V. *et al.* 1999. Effect of neem compound on the fecundity and longevity of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 92(1): 76-82. Italia.
- ESTRADA, J. 1994. Memorias I Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre NIM y otros insecticidas vegetales. República Dominicana.
- FIGUEROA, A. & J.A. Reyes. 1994. El árbol neem: árbol milagroso?. Asiava. 49:26-28. Palmira.
- HASSAN, E. 1998. Insecticidal toxicity of neem seed kernel extract (NSKE) on *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae) and repellency on persimmon fruit. Zeit. Pflanz. Pflanz. 105(4): 411-416.
- HERDERSON, R. *et al.* 1964. Salanin. Tetrahedron Lett. 24:1517-1523.

- JACOBSON, M. 1981. Neem research in the U.S. Department of Agriculture: Chemical, biological and cultural aspects. In: natural pesticides from neem tree (*Azadirachta indica*). Proc. 1<sup>st</sup> Int. Neem. Conf. 33-42.
- JACOBSON, M. 1987. Photooxidation of nimbin and salannin, tetranortriterpenoids from the neem (*Azadirachta indica*). J.Chem.Ecol. 23(12):2841-2860.
- JONES, P.H. *et al.* 1989. The chemistry of neem tree. Foc.Phytochem.Pest. 1:19-46. Florida.
- LALE, N. 1998. Neem in the conventional lake chad basin area and the treat of oriental yellow scale insect (*Aonidiella orientalis*) (Homoptera: Diaspididae). J.Arid.Envir. 40(2):191-197. Nigeria.
- LAVIE, D. *et al.* 1967. A locust phagorepellent from to Melia species. J.Chem. Soc.Chem.Commun. 910-911.
- LEE, S.M. *et al.* 1988. 7 deacetyl-17-hidroxyazadiradione a new limonoid insect growth inhibitor from *Azadirachta indica*. Phytochem. 27:2773-2776.
- LIU, T.X. & P.A. Stanliy. 1995. Depsition and bioassay of insecticides applied by leaf dip and spray tower against *Bemisia argentifolii* nymphs (Homoptera: Aleyrodidae).
- MITCHELL, M.J. *et al.* 1997. Effects of the neem tree compounds azadirachtin, salanim, nimbim, and 6-desacetylnimbim on ecdysone 20-monooxygenase activity. Arch. Insect.Biochem.Physiol. 35(1-2):199-209. USA.
- MORDUE, A.J. *et al.* 1995. Neem tissue culture and the production of insect antifeedant and growth regulatory compounds. Integ.Crop.Protec. 63:187-194. Edinburgo.
- MUDA, R. & W. Cribb. 1999. Effect of uneven application of azadirachtina on reproductive and antifeedant behaviour *Ryzopherta dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Pest.Sci. 55(10): 983-987. Australia.
- NAQVI, S.N. 1987. Biological evaluation of fresh neem extracts and some neem components with reference to abnormalities and esterasa activity in insects. proc. 3<sup>rd</sup>. Inter.Neem.Conf. 315-330. Nairobi.
- NAUMMAN, K. & M.B. Isman. 1996. Toxicity of a neem (*Azadirachta indica* A. Juss) insecticide to larval honey bees. J.AM.BEE. 126(7):518-520. Canada.
- NAUMMAN, K. *et al.* 1996. Effects of a neem seed extract against the white pine weevil *Pissodes strobi* (Coleoptera: Curculionidae) in Sitka and white-Engelmann spruce. J.Entomol.Soc.B.C. 93:3-10.
- PAETS, P. & M.B. Istman. 1998. Effect of neem on adult longevity oviposition and larval development of the cabbage fly *Delia radicum* (Diptera: Anthomyidae). J.Appl.Entomol. 122(2-3):125-127. Canada.
- PARTRIDGE, M.J. & H.J. Borden. 1997. Evaluation of neem seed extract for control of the spruce aphid *Elatobium abietinum* (Homoptera: Aphididae). Can.Entomologist. 129(5):899-906. Canada.
- PIP. 1999. Pesticide information proyect of cooperative extension offices of Cornell University. USDA/National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program. //ace. orst.edu/info/extoxnet/pips/azadirac.htm.



- RAO, B.R. *et al.* 1995. Bioefficacy of neem Azal (azadirachtin 10.000 ppm) against cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. J.Entomol.Res. 19(4):329-333.
- ROGER, C. *et al.* 1995. Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) following application of neem extracts (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae). J.Appl.Entomol. 119(6):439-444. Canada.
- SANKARAM, A. *et al.* 1987. Chemistry biological activity and utilization of some promising neem extracts. Proc. 3<sup>rd</sup>. Inter.Neem Conf. 127-148. Nairobi.
- SAXENA, R.C. 1989. Insecticides from neem. Insecticides of plant origin. ACS Symp. Series 387. 110-135. Washington.
- SAXENA, R.C. 1990. Neem as a source of natural insecticides an update. Proc.Symp. Botanical Pesticides in IPM. 1-24. Rajahmundry.
- SCHMUTTERE, H. & K.R. Ascher. 1987. Natural pesticides from the neem tree (*A. indica*) and other tropical plants. proc. 3<sup>rd</sup>. Inter.Neem.Conf. p.704. Nairobi.
- SCLAR, C. 1995. Neem: mode of action of compounds present in extracts and formulations of *Azadirachta indica* seed and their efficacy to pests of ornamental plants and to non-target species. IIIA/sclar.html. Colorado State University Fort Collins. Colorado 80523.
- SMIRLE, M.J. *et al.* 1996. Influence of neem oil on detoxication enzyme activity in the obliquebanded leafroller *Choristoneura rosaceana*. Pestic.Biochem.Physiol. 56(3):220-230.
- SRIVASTAVA, M. *et al.* 1997. Effect of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts on the larval parasitoid *Bracon brevicornis* (Hym.: Braconidae). J.Appl.Entomol. 121(1):51-57. India.
- TIANVUM, S. & M.S. Mula. 1999. Oviposition bioassay responses of *Culex tarsalis* and *Culex quinquefasciatus* to neem products containing zadirachtin Entomol.Exp.Appl. 91(2):337-345.
- TUNCER, C. & M. Aliniazee. 1998. Acute and chronic effect of neem on *Myzocallis coryli* (Homoptera: Aphididae). Int.J.Pest.Manag. 44(2):53-58. USA.
- VANRANDEN, E.J. & B.D. Roitberg. 1998. The effect of neem (*A. indica*) based insecticide on survival and development of juvenile western cherry fruit fly (*Rhagoletis indefferens*) (Diptera: Tephritidae). Can.Entomologist. 130(6):869-876. Vancouver.
- WANNER, K.W. *et al.* 1997. Foliar and sistemics application of neem seed extracts for control of spruce budworm *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera:Tortricidae) infesting black and white spruce seed orchards. Can.Entomologist. 129(4):645-655.
- WEINTRAUB, P.G. & A.R. Horowitz. 1997. System effects of a neem insecticide on *liriomyza huidobrensis* larvae. Phytoparasitica. 25(4):283-289. Israel.
- WILPS, H. 1987. Growth and adult molting of larvae and pupae of the blowfly *Phomia terraenovae* in relationship to azadirachtin. Proc.3<sup>rd</sup>. Inter.Neem.Conf. 299-314. Nairobi.
- XIE, Y.S. *et al.* 1996. A rapid and simple flour disk bioassay for testing sustances active against stored products insects. Can.Entomol. 128(5):865-875. Canada.





**EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta indica*): ACCION BIOLOGICA,  
ESTABILIDAD Y VALORACION DE FORMULADOS COMERCIALES SOBRE  
EL MODELO BIOLOGICO *Drosophila melanogaster* (DIPTERA:  
DROSOPHILIDAE)**

María Eugenia Moreno<sup>1</sup>  
Santiago González<sup>2</sup>  
Liliana Acevedo<sup>1</sup>  
Gladis Morales<sup>1</sup>  
Carlos Peláez<sup>1</sup>

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la creciente oferta de productos naturales con una atribuida actividad insecticida adolece de resultados experimentales rigurosos que respalden tanto su actividad biológica como su control de calidad (Cotes, 1999) y como consecuencia, se ha generado una necesidad cada vez más sentida de incursionar, de manera más competitiva, con este tipo de productos en el actual sistema de producción agrícola para el control de plagas. La mayor limitante de estos productos es que dada su condición de “producto natural”, la variabilidad de las concentraciones en los principios activos es probablemente la característica más preponderante de este tipo de formulaciones; por lo tanto, la evaluación cuantitativa de estas se constituye en una prioridad incuestionable y se puede realizar bien sea por técnicas instrumentales o a través de modelos biológicos en términos de su eficacia y su modo de acción (Veeresham *et al.*, 1998).

En tanto no haya una rigurosidad en las etapas que conlleva la producción de un bioplaguicida, serán cuestionables las condiciones que garanticen la calidad de tales productos y su utilización en el marco de agricultura sostenible, producción ecológica de insecticidas naturales y botánicos no serán recurrentes por parte de los denominados sistemas tradicionales de producción agrícola.

De esta manera la valoración de la actividad biológica de un producto natural sugiere la implementación y desarrollo de modelos experimentales en la investigación cuya estructura sea suficientemente simple como para poder ser descrita con los recursos conceptuales existentes (Vidart, 1983), para lo cual algunos organismos han logrado un perfil biológico de tal magnitud que le ha conferido un verdadero status de MODELOS BIOLOGICOS. Por ejemplo, a partir de las investigaciones clásicas de Morgan y su escuela, los insectos del orden Díptera, pero particularmente especies del género *Drosophila*, se han convertido en una fuente de selección para diversos estudios, que

---

<sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM. Universidad de Antioquia.

<sup>2</sup> Universidad Católica de Oriente. Rionegro. Antioquia.

permiten extrapolar resultados a especies diferentes, toda vez que el proceso de desarrollo es también uniforme, ya que las variaciones específicas sólo afectan las fases del ciclo biológico (Bianchi *et al.*, 1978).

La especie *Drosophila melanogaster* ha sido un gran aporte para determinar resistencia o susceptibilidad a insecticidas que presentan distintos modos de acción, la existencia de un gen resistente a insecticidas (JHA) análogos a la hormona juvenil Ashok *et al.* (1998), cierto grado de susceptibilidad a Ciromazina que es un insecticida regulador del crecimiento de los insectos (IGR), permitiendo predecir que si se controlaran poblaciones de insectos plagas su resistencia sería mínima Wilson (1997). Insecticidas organoclorados, cuyo modo de acción es sobre el sistema nervioso, han permitido comprender la resistencia de *D. melanogaster* conferida por receptores GABA Bloomquist *et al.* (1997); Hosie *et al.* (1996); Stilwell *et al.* (1995) y resistencia a insecticidas organofosforados y piretroides localizada en el gen CYP6A2 del citocromo P450 (Bride *et al.*, 1997; Dunkov *et al.*, 1997; Dunkov *et al.*, 1996).

Bajo estos criterios se planteó a *Drosophila melanogaster* como herramienta, a nivel de laboratorio, que genera respuestas biológicas a productos naturales con actividad insecticida, como neem, en función de sus modos de acción, control de calidad de formulaciones y eficacia biológica a través del tiempo y que pese al gran auge de este en las últimas décadas no ha tenido gran impacto a nivel de importaciones de formulaciones comerciales ni de producción nacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Colonia de *D. melanogaster* (Cepa Canton):** Esta colonia es mantenida en laboratorio del grupo GIEM del Departamento de Química de la Universidad de Antioquia, de acuerdo con la técnica tradicional en laboratorios de Genética (Moreno y Zuleta M. 1973)

**Preparación de los extractos de neem:** Las semillas de neem fueron importadas de República Dominicana y para cada caso 100g de las semillas secas y molidas, se sometieron a extracción en Soxhlet hasta agotamiento, utilizando éter de petróleo, diclorometano, mezcla diclorometano-éter (1:1), etanol, y metanol.

## BIOENSAYOS

**Modelo biológico *D. melanogaster*: acción biológica de los extractos de neem de diferentes polaridades.**

Para la evaluación de los 5 extractos se seleccionaron concentraciones entre 50 y 200 ppm. Volúmenes constantes de la mezcla de extracto-alimento (15ml) se depositaron en viales transparentes; finalmente se cubrieron los viales con gasa durante 24 horas. En cada vial, se depositaron tres parejas jóvenes de *D. melanogaster* y se dejaron cruzar



durante 2 días, al cabo de los cuales se descartaron. A los 6 días luego de la siembra se inició el recuento de los estados inmaduros (pupas) hasta el día 13 con intervalos de 3 días y el recuento de los adultos a partir del día 10 y hasta el día 20 aproximadamente con intervalos de 12 horas y descartes posteriores a las lecturas. Al final de la última lectura, se asegura el desarrollo de los individuos de la primera generación filial. Se realizaron 4 réplicas por tratamiento y los resultados de la relación pupas-adultos que emergieron fueron procesados mediante análisis de regresión con el cual se obtuvo una ecuación para el extracto más promisorio y la  $CL_{50}$  para el mismo, expresada como una inhibición en la emergencia al estado adulto.

#### **El modelo biológico *D. melanogaster* : estabilidad de extractos polares de neem.**

Con base en los resultados del numeral anterior, se planteó una metodología que permite estudiar la estabilidad de extractos. Para el presente caso se adicionó a tal protocolo un estudio cinético que consistió en evaluaciones mensuales por un lapso de tiempo de 6 meses de dos extractos polares de neem almacenados a 20°C, 80% de humedad relativa y baja luminosidad.

#### **El modelo biológico de *Drosophila melanogaster*: valoración de productos comerciales de neem**

A partir de la reproducibilidad observada en el modelo biológico, se consideró un protocolo para evaluar productos comerciales de acuerdo con las dosis recomendadas para campo.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El primer parámetro comparativo para la valoración de extractos parte del estudio de los rendimientos para la extracción a partir de diferentes solventes orgánicos o mezclas de los mismos. En la Tabla 1 se presentan los resultados para los diferentes sistemas de extracción de las semillas de neem.

**Tabla 1. Rendimiento de los diferentes extractos de neem (*Azadirachta indica*).**

Polaridad del sistema Extrayente	Rendimiento (% p/p)
0	32.5
1.7	41.7
3.4	24.7
5.2	19.6
6.6	24.1

Al considerar la una extracción comercial, estos rendimientos tendrían que ser confrontados con variables como costo de solventes, riesgos de operación y sobre todo valoraciones cuantitativas a través de análisis instrumental (cuantificación química) o bien mediante la actividad biológica que permitirán establecer parámetros adecuados para la toma de decisiones con respecto a las condiciones óptimas para tales extracciones comerciales, como se describirá en las evaluaciones biológicas

### El modelo biológico *D. melanogaster*: acción biológica de los extractos de neem de diferentes polaridades.

Como principio fundamental, la actividad de los extractos está relacionada con el contenido de los principios activos y esta cantidad, a su vez es una función del sistema extrayente. Bajo esta consideración en la Tabla 2 se observan los resultados en términos de la actividad insecticida expresada como la interrupción del ciclo vital para el modelo biológico *D. melanogaster*, en la transición pupa-adulto y presentada de una forma ascendente de acuerdo a la polaridad.

**Tabla 2. Parámetros evaluados para los extractos de semilla de neem sobre el modelo *Drosophila. melanogaster***

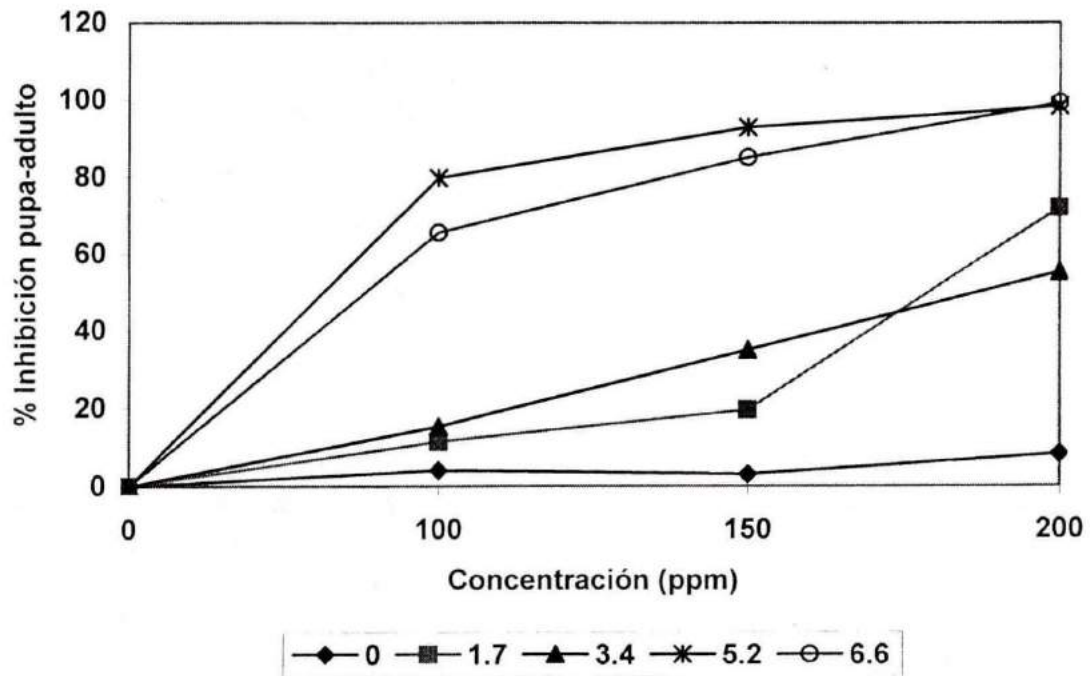
Polaridad extractos	Concent. (ppm)	$\Sigma A^*/P^{**}$	Parámetros	
			Relac A/P ( $\times \pm \alpha$ )	% Inhibición
0	Control	463/463	1.0	0
	100	520/542	0.96 $\pm$ 0.06	4.06
	150	476/491	0.97 $\pm$ 0.03	3.05
	200	524/571	0.91 $\pm$ 0.05	<b>8.23</b>
1.7	Control	253/261	0.97 $\pm$ 0.03	0
	100	263/297	0.88 $\pm$ 0.03	11.45
	150	209/260	0.80 $\pm$ 0.13	19.61
	200	83/296	0.28 $\pm$ 0.12	<b>71.90</b>
3.4	Control	359/378	0.95 $\pm$ 0.03	0
	100	299/352	0.85 $\pm$ 0.04	15.32
	150	202/311	0.65 $\pm$ 0.14	35.05
	200	149/332	0.45 $\pm$ 0.16	<b>55.15</b>
5.20	Control	303/307	0.98 $\pm$ 0.02	0
	100	83/355	0.23 $\pm$ 0.15	76.79
	150	19/267	0.07 $\pm$ 0.03	92.88
	200	4/230	0.02 $\pm$ 0.02	<b>98.26</b>
6.60	Control	516/521	0.99 $\pm$ 0.01	0
	100	359/549	0.65 $\pm$ 0.02	34.61
	150	110/739	0.15 $\pm$ 0.17	85.11
	200	5/592	0.01 $\pm$ 0.02	<b>99.15</b>

\*A: adultos

\*\*P: pupas



Cuando se observa la actividad de los extractos de semillas de neem expresada como una inhibición de la emergencia de adultos en el modelo *D. melanogaster* en función de la polaridad, se puede generalizar que extractos de neem de polaridad 0 o valores cercanos no presentan una acción inhibitoria en el paso pupa-adulto, a concentraciones  $\leq$  de 200 ppm. Tal comportamiento se puede atribuir a que dicha actividad esta mediada por compuestos polares como nimbin, salanim, azadirachtina y 6-desacetilnimbin que son los responsables directos de la acción inhibitoria del crecimiento Jarvis *et al.* (1997); Jaglan *et al.* (1997) al comprometer los niveles hormonales presentes en los estados inmaduros de los insectos Mitchell *et al.* (1997) evitando que estos lleguen a su estado adulto.



**Figura 1.** Inhibición en el paso pupa-adulto para el modelo *Drosophila melanogaster* por efecto de cinco extractos de neem (*Azadirachta indica*).

En la Figura 1 se aprecian las diferencias en las respuestas biológicas para los diferentes extractos formulados y al considerar el comportamiento de cada tipo de ellos se obtienen las diferentes ecuaciones de regresión presentadas en la Tabla 3:

**Tabla 3. Comportamiento numérico de los diferentes extractos de neem (*A. Indica*)**

---

EXTRACTO DE POLARIDAD CERO
$\% \text{ de Inhibición} = 0.0520842 + 0.303429 (\text{concentración})^{1/2}$
$CL_{50} = 27097 \text{ ppm}$

---

EXTRACTO DE POLARIDAD 1.7
$\% \text{ de Inhibición} = 0.18 (\text{concentración})$
$CL_{50} = 277.78 \text{ ppm}$

---

EXTRACTO DE POLARIDAD 3.4
$\% \text{ de Inhibición} = \{0.0751253 + 0.0374352(\text{concentración})\}^2$
$CL_{50} = 188.86 \text{ ppm}$

---

EXTRACTO DE POLARIDAD 5.2
$\% \text{ de Inhibición} = 1.39097 + 7.2146(\text{concentración})^{1/2}$
$CL_{50} = 45.39$

---

EXTRACTO DE POLARIDAD 6.6
$\% \text{ de Inhibición} = 1.06264 + 6.44403(\text{concentración})^{1/2}$
$CL_{50} = 57.67$

---

Con base en los valores alcanzados para los diferentes extractos y los  $DL_{50}$  a partir de los cuales se presente diferencias altamente significativas, se puede afirmar que: el empleo de extractos de neem de baja polaridad, tales como los aceites no son promisorios para su uso como insecticida, (pese a su rendimiento en la extracción Tabla 1) cuyo modo de acción sea la interrupción en el paso pupa adulto y a las concentraciones estudiadas en el presente artículo, dado que se ha determinado que tales aceites ejercen una marcada acción antialimentaria (Dhar *et al*, 1996; Weissling *et al*, 1997)

De otro lado sistemas de extracción de alta polaridad son muy similares en cuanto a la actividad insecticida generada, dada la tendencia a formar una asíntota cuando los porcentajes de mortalidad están cercanos al 100%. Bajo estas circunstancias la determinación del tipo de solvente a utilizar será más una razón económica o de seguridad, de tal manera que para tener un parámetro cuantitativo de la actividad de un extracto polar de neem, en la Tabla 4 se presenta el análisis de regresión para un extracto de polaridad 5.2



**Tabla 4. Modelo de regresión para un extracto de semillas de neem (*A. Indica*) de polaridad 5.20 sobre el modelo *D. melanogaster*.**

Ecuación de regresión: $Y = m(X)^{1/2}$					
Parámetro	Estimado	Error estándar	T estadístico	Valor-P	
Pendiente	7.31719	0.193244	37.865	0.000	
Análisis de Varianza					
Recurso	Suma de cuadrados	g.l	Cuadrado medio	F-ratio	Valor-P
Modelo	24093.6	1	24093.6	1433.76	0.000
Residual	50.4135	3	16.8045		
Total	24144.0	4			

$$R^2 = 99.7912$$

$$\text{Error estándar est.} = 4.09933$$

La ecuación para el modelo *D. melanogaster* corresponde a la forma:

$$\% \text{ inhibición} = 7.32 (\text{ppm})^{1/2}$$

A partir de esta ecuación se estimó la  $CL_{50}$  para el extracto de polaridad 5.20 obteniéndose una concentración de 46.69 ppm.

En consecuencia este tipo de extracciones garantizan una marcada actividad insecticida comprometiendo parámetros hormonales en el paso pupa-adulto, que bien puede traducirse en un control de las poblaciones de plagas en la generación siguiente toda vez que los programas de aplicación de insecticida en los sistemas agrícolas sean manejados rigurosamente.

#### **El modelo de *D. melanogaster*: estabilidad de extractos polares de neem**

Una alternativa para la realización de estudios de estabilidad de extractos naturales en función del tiempo se puede realizar a través del comportamiento biológico del modelo *D. melanogaster*. En la Tabla 5 se presenta un estudio cinético a 2500 ppm comparativo para dos extractos de neem elaborados en diferente tiempo.

**Tabla 5.** Prueba de estabilidad para dos extractos polares de neem

Días	Extracto 1			Extracto 2		
	Pupas	Adultos	% Inhibición	Pupas	Adultos	% Inhibición
0	11	0	100	0	0	100
27	0	0	100	0	0	100
68	35	0	100	223	0	100
94	31	0	100	392	383	4.0
125	4	0	100	-	-	-
195	11	0	100	-	-	-

En consecuencia con los resultados presentados en la Tabla 5 se establece que:

- Los productos evaluados el primer día de formulación presentan una actividad óptima.
- Ambos productos conservan una actividad óptima hasta el día 68 de la formulación.
- El comportamiento del “producto 2”, con respecto al número de pupas observado, es significativamente diferente a partir del día 68 de formulación. Sin embargo su actividad insecticida se conserva.
- Para el día 94 el “producto 2” pierde toda actividad insecticida.
- El “producto 1” conserva su actividad inmodificable hasta el día 195.

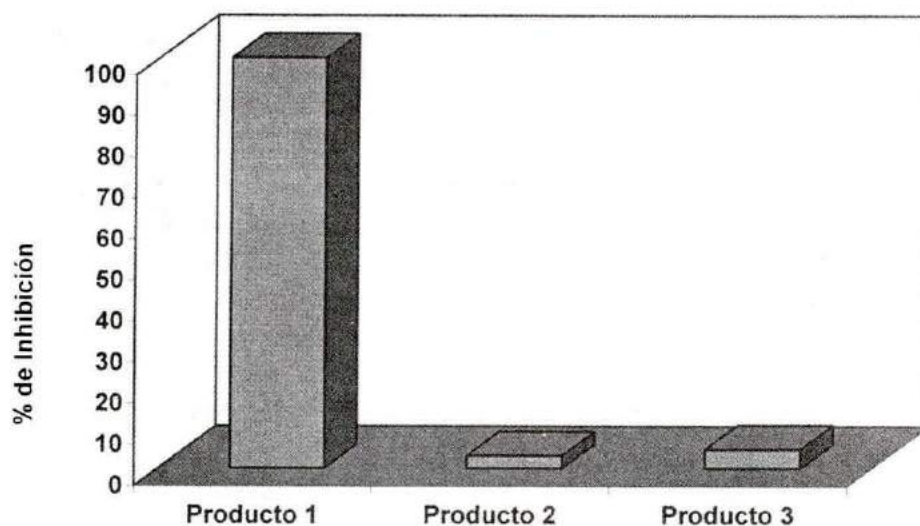
Con base en los resultados de la prueba anterior se puede establecer que el denominado “producto 1” presenta una vida media de más de 6 meses, mientras que el “producto 2” o bien debe ser reformulado o aplicado antes de cumplir 2 meses de formulación.

### **3. Modelo *D. melanogaster*: valoración de productos comerciales de neem**

Son varias las alternativas para emplear el modelo *D. melanogaster* como herramienta para la evaluación de las diferentes presentaciones comerciales de extractos: La primera supone la evaluación del producto a la concentración recomendada por el fabricante y para tal efecto en la Figura 2 se presenta la evaluación de tres productos comerciales de neem

Tal como se desprende de los resultados, solo el “producto 1” presenta una significativa actividad biológica en función de la interrupción en el paso pupa-adulto a las dosis recomendadas.





**Figura 2.** Comparación de la actividad en el paso pupa-adulto sobre *Drosophila melanogaster* de formulados de neem (*A. indica*)

## CONCLUSIONES

Los extractos polares (etanólico y metanólico) de semillas de neem exhibieron un específico modo de acción sobre el modelo biológico *Drosophila melanogaster* en términos de la emergencia a adultos, en contraste con extractos de baja polaridad o tipo aceite, cuyo modo de acción, al menos a las concentraciones evaluadas, no parecen tener un efecto hormonal.

Considerando la velocidad de degradación de los principios activos del neem, es prioritario tener presente las condiciones ecofisiológicas de las semillas, formulación y forma de almacenaje que comprometen la estabilidad y vida media de extractos y como consecuencia su actividad biológica que declina en un tiempo relativamente corto, para lo cual es de vital importancia recomendar los extractos o productos para un consumo rápido.

Finalmente el modelo *D. melanogaster* fue una herramienta promisoriosa, a partir de la cual se obtuvo un formulado de neem con características competitivas y muy específicas para el mercado de bioinsecticidas.

La anterior investigación generó nuevas posibilidades de estudio sobre neem:

1. A nivel químico. Mediante análisis instrumental, cuantificación química de los principios activos de los extractos (Estudio en proceso)

2. A nivel biológico. Implementación en el laboratorio de nuevas colonias de insectos de importancia económica y en Salud Pública y hasta el presente se ha logrado colonizar:

- Díptera: *Aedes aegypti*, *Liriomyza huidobrensis*. Los estudios se han realizado con extractos polares de neem (Marín *et al.*, 1998 y González *et al.*, 1999)
- Hemíptera: *Rodnius prolixus* y *Collaria sp.*
- Lepidóptera: *Sitotroga cerealella*
- Coleóptera: *Palembus dermestoides*

Igualmente implementación de nuevas metodología para la valoración de otros modos de acción del neem

3. A nivel de campo. Extractos polares de neem se han incorporado en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en tres cultivos de flores de exportación del Oriente Antioqueño y en ciclos completos de producción y cuyos resultados son realmente promisorios en el manejo de las plagas más comunes de este sector productivo y en la reducción del número de aplicaciones de insecticidas/ciclo cuando se compara con el manejo tradicional (información en proceso de publicación)

## REFERENCIAS

ASHOK, M. C. *et al.* (1998). Insect juvenile hormone resistance gene homology with the bHLH-PAS family of transcriptional regulators. Proc. Natl. Acad. Sci. Us. (Colorado U.S.A). 95 (6) :2762-2766.

BIANCHI, M. *et al.* (1978). Desarrollo de modelos animales para estudios genéticos. Ccia. Interamer. 19 (1-4): 20.

BLOOMQUIST, J.R.; *et al.* (1997). Mode of action beta-carboline convulsants on the insect nervous system and their potential as insecticides. Pestic. Sci. 51 (1): 1-6.

BRIDE, J.M. *et al.* (1997). Cytochromo P-450 field insecticide tolerance and development of laboratory resistance in grape vine populations of *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol. 90 (6): 1514-1520.

DHAR, R. *et al.* (1996). Effects of volatiles from neem and other natural products on gonotrophic cycle and oviposition on *Anopheles stephensis* and *An. culicifacies* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 33(2):195-201

DUNKOV, B.C. *et al.* (1997). *Drosophila cytochrome* P450 gene Cyp6a2:Structure, localization, heterologous expression, and induction by phenobarbital. DNA. Cell. Biol. 16 (11): 1345-1358.

COTES, A.B. (1999). Estado actual y perspectivas del desarrollo de bioplaguicidas en Colombia. Memorias XXVI Soc. Colom. Entomol. 65:72. Santa Fé de Bogotá.

DUNKOV, B.C. *et al.* (1996). Cytochrome P450 gene clusters in *Drosophila melanogaster*. Mol. Gen. Genet. 251 (3): 290-297.



- GONZALEZ, S. *et al.* (1999). Evaluación in vitro e in vivo de un extracto polar de neem (*A. indica*) sobre el modelo biológico *Liriomyza huidobrensis*. Aconteceres Entomológicos (Sem. 2): 61-71. U.Nal. Colombia. Medellín.
- HOSIE, A.M. *et al.* (1995). Action of the insecticide fipronil, on dieldrin-sensitive and -resistant GABA receptors of *Drosophila melanogaster*. Br. J. Pharmacol. 115 (6): 909-912.
- JAGLAN, M.S. *et al.* (1997). Evaluation of neem (*A.indica* A. Juss) Extracts against American Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). J. Agrc. Food Chem. 45 (8) : 3262-3268.
- JARAMILLO, L.M. 1987. Fundamentos de la separación y purificación de compuestos por métodos de distribución entre fases. Dpto. Química, Fac. Ciencias. U. Del Valle. Pp. 65.
- JARVIS, A.P. *et al.* (1997). Photooxidation of nimbin and salannin, tetranortriterpenoids from the neem tree (*Azadirachta indica*). J. Chem. Ecol. 23 (12): 2841-2860.
- MARIN, M. *et al.* (1998). Efecto de extractos de neem (*Azadirachta indica*) en el desarrollo y control de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). Rev Epid. Ant. 23(2-3):159-173. Medellín
- MITCHELL, M.J. *et al.* (1997). Effects of the tree compounds azadirachtin, salannin, nimbin, and 6-desaceylnimbin on 20-monoxygenase activity. Arch. Insect Biochem. Physiol. 35 (1-2) 199-209.
- MORENO, J. & Zuleta, M. (1973). Técnicas para el mantenimiento de *D. melanogaster*. Act. Biológ. 2(4):46-49.
- STILWELL, G.E. *et al.* (1995). GABA receptor minigenescues insecticide resistance phenotypes in *Drosophila*. J. Mol. Biol. 253 (2): 223-227.
- VEERESHAM, C. *ET AL.* (1998). Production of azadirachtin from callus cultures of *Azadirachta indica*. Fitoterapia. Volumen LXIX ( 5): 423-424
- VIDART, D. (1983). Un modelo ambiental. Ccia. Tecnol. Desllo. 7(1-2): 128.
- WEISLING, T. *ET AL.* (1997). Reduction in pear (Homoptera: Psyllidae) oviposition and feeding by foliar application of various materials. Can.Entomol. 129(4):637-643.
- WILSON, T.G. 1997. Cyromazine toxicity to *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) and lack of cross-resistance in natural populations strains. J. Econ. Entomol. 90 (5): 1163--1169.





**SIMPOSIO**  
**AVANCES EN LA**  
**ENTOMOLOGÍA MÉDICA**





## IDENTIFICACIÓN DE VECTORES Y RESERVORIOS DE EEV SUBTIPO ID EN UN FOCO SELVÁTICO EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO

Cristina Ferro<sup>1</sup>  
Martha Liliana Ahumada<sup>1</sup>  
Sandra Pérez<sup>1</sup>  
Margarita Tamayo<sup>1</sup>  
Marta González<sup>2</sup>  
Jorge Boshell<sup>2</sup>  
Scott Weaver<sup>3</sup>

Históricamente la actividad del virus de la Encefalitis Equina Venezolana (EEV) se conoció por la ocurrencia de brotes epidémicos, epizootias y epidemias, que involucran cientos de miles de humanos y equinos causando una severa morbilidad y mortalidad. Un ejemplo de esto es la epidemia registrada durante 1995 en la Guajira Colombiana y Venezolana y que tal vez todos recordamos por ser la más reciente (Rivas *et al.*, 1997). Estudios retrospectivos indican que epizootias de EEV se han presentado en el Norte de América del Sur en intervalos regulares desde 1925. Entre 1935 y 1961 se reportaron 11 brotes y una cada año a partir de 1962 hasta 1973, excepto en 1965. A partir de 1973 y por un período de 19 años permanece silenciosa, reaparece en Venezuela en 1992 y luego en 1995. Como se puede apreciar la EEV es una enfermedad emergente recurrente, la cual representa una amenaza permanente para las Américas (Weaver *et al.*, 1992; Rico *et al.*, 1995; Weaver *et al.*, 2000).

La circulación de los virus de los subtipos epizoótico (IAB y IC), involucra equinos y mosquitos, principalmente de las especies *Aedes taeniorhynchus* y *Psorophora confinis*, quienes lo transmiten a equinos susceptibles y humanos que conviven o están próximos a una población de équidos (caballos, burros o mulas). Estudios recientes de (Wang *et al.* 1999) indican que cambios genéticos y fenotípicos acompañan la emergencia de los subtipos epizoóticos del virus de la EEV a partir de progenitores enzoóticos que circulan continuamente en bosques húmedos tropicales de América del Sur. Las secuencias genómicas del subtipo enzoótico ID aislado en la frontera colombo-venezolana muestran una estrecha relación genética con el subtipo epizoótico IC aislado en 1992-1993 (Wang *et al.*, 1999).

La variante antigénica ID del virus ha sido aislada en Panamá, Venezuela, Perú, Ecuador y Colombia. La transmisión ocurre entre mosquitos del subgénero *Culex* (*Melanoconion*) y roedores silvestres de los géneros *Syngmodon*, *Oryzomys*, *Zygodontomys*, *Heteromys* y *Proechimys* (Walton and Grayson, 1988).

<sup>1</sup> Laboratorio de Entomología, Instituto Nacional de Salud, Santafé de Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Laboratorio de Virología, Instituto Nacional de Salud, Santafé de Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas.

Como parte de los estudios ecológicos diseñados para entender los mecanismos de emergencia de los virus VEE nosotros caracterizamos un foco de transmisión en un bosque fragmentado en el valle medio del Río Magdalena en el municipio de Cimitarra, Santander.

## METODOLOGÍA

*Sitio de trabajo.* La fase de campo se realizó entre marzo de 1998 y febrero de 1999, en un bosque húmedo tropical, ubicado en la finca San Miguel, municipio de Cimitarra, Santander ( $6^{\circ}\text{N } 23'$ ;  $74^{\circ}\text{ } 21'$  W), donde previamente, en el año de 1997 se logró el aislamiento del subtipo ID del virus EEV a partir de hamster centinela.



Figura 1. Ubicación del área de estudio



## CARACTERIZACIÓN DEL FOCO

Para determinar la circulación activa del virus EEV, las especies de mosquitos y roedores silvestres, se diseñó un estudio longitudinal durante el cual se realizaron cinco visitas de vigilancia al área de estudio

- 1. Circulación del virus EEV subtipo enzoótico ID.** El monitoreo de la actividad viral en el bosque se hizo un transecto con hámsters centinelas instalados en "Coquitos", a una distancia entre ellos de 20 metros. Los coquitos se revisaron diariamente en las horas de la mañana para observar el estado de los hámsters y agregar comida. La presencia del virus EEV se detectó en el corazón y bazo de los hámsters muertos (Fig.2).
- 2. Especies de mosquitos en el bosque y en el área de pastos.** El muestreo de los mosquitos se realizó en un transecto diferente al de los hamsters, durante cuatro días y cuatro noches seguidos, a intervalos de 11/13 horas día/noche, con trampa CDC instaladas con CO<sub>2</sub> de la siguiente forma: 1) A 150 metros del bosque, en el área de pastos. 2) En el bosque, a 10 metros de la entrada y 3) En el bosque a 150 metros de la entrada (Figura 2).
- 3. Selección de los posibles vectores naturales.** Para la identificación de las posibles especies vectoras y con preferencias alimenticias por roedores, se utilizó la trampa trinidad que utiliza dos hamster como cebo: 1) A 50 m de la primera trampa CDC, ubicada a 10m del límite del bosque. 2) En el bosque, a 100 metros de la entrada y 3) En el bosque a 150m de la entrada se colocó la última trinidad, separada de la CDC por 50m (Fig.2). Los mosquitos capturados fueron congelados a -70°C. Posteriormente se separaron en frío las especies que habían estado en contacto con los hamtes EEV, subtipo ID positivos, colocándolas en el pooler no mayores a 50 mosquitos con el fin de lograr el aislamiento viral.
- 4. Estudio de los pequeños mamíferos terrestres.** La captura de los pequeños mamíferos terrestres, se hizo con trampas Sherman y Tomahawk utilizando el mismo transecto de los mosquitos. Se instalaron 60 trampas Sherman y 30 Tomahawk intercaladas de la siguiente forma: un par de trampas Sherman una Tomahawk separadas entre ellas por una distancia de 10 metros. Los animales capturados se determinaron a nivel de género y/o especie (Figura 2). La presencia de anticuerpos neutralizantes se determinó en el laboratorio mediante la técnica de reducción de placas. A cada animal capturado se le tomó 0,1cms de sangre y esta se colocó en 0,9cms de PBS pH 7.2

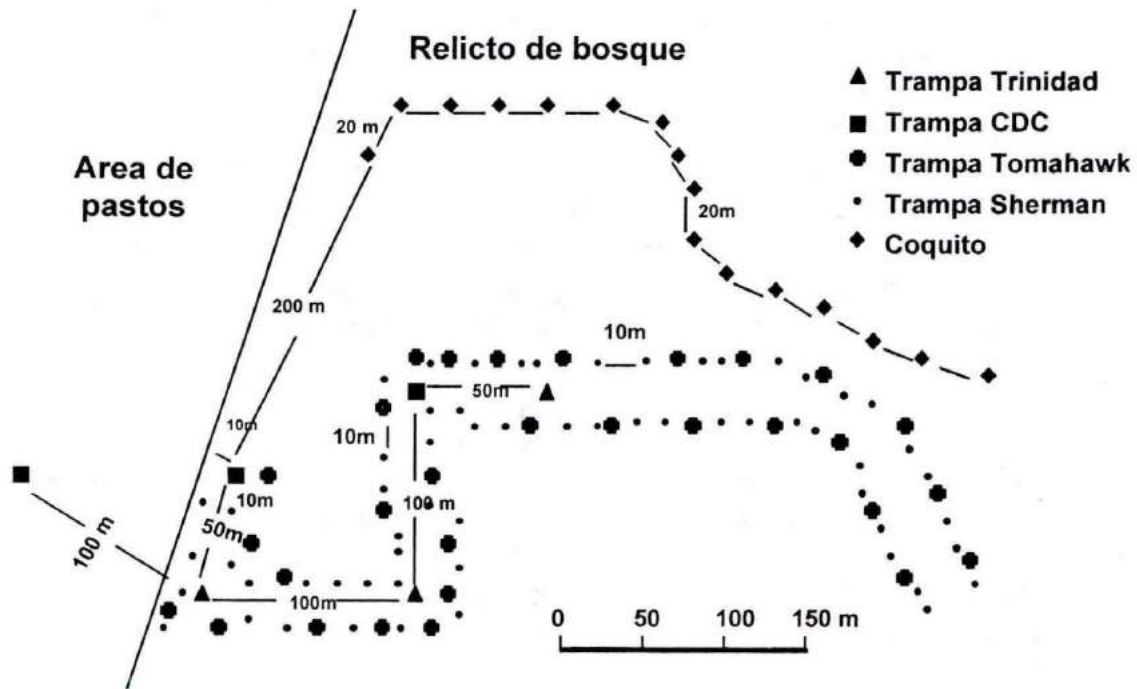


Figura 2. Distribución de las trampas en los transectos

## RESULTADOS

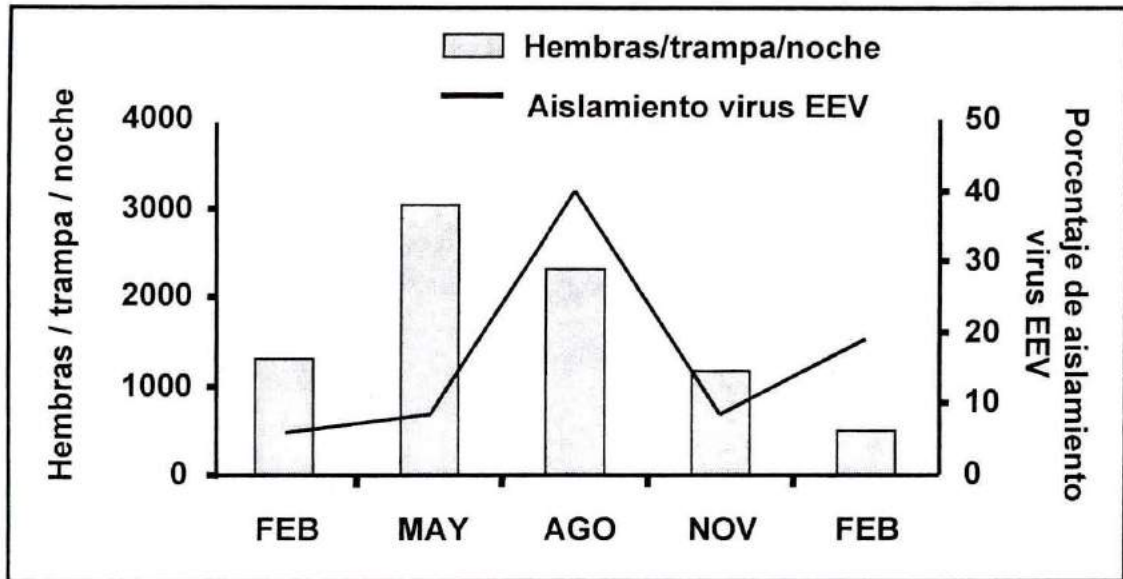
La circulación activa del subtipo ID del virus se demostró con el aislamiento de éste del corazón y/o bazo de los hámsters centinelas instalados en todas las visitas de vigilancia realizadas al bosque San Miguel. En general, el número de aislamientos del virus estuvo relacionado con la densidad de las poblaciones de mosquitos. (Figura 3).

Una mayor actividad viral se comenzó a detectar en el mes de mayo y llegó a su máximo en el mes de agosto, cuando las densidades de las poblaciones de mosquitos fueron mayores. De otro lado, la abundancia de las poblaciones de mosquitos dentro del área del bosque mostraron una asociación negativa con la precipitación, alcanzando densidades de 3040 y 2306 mosquitos/trampa/noche, cuando el promedio de precipitación para el área de trabajo fue de 173.1 y 190.1 mm durante los meses de mayo y agosto respectivamente.

Los 118.363 mosquitos adultos recolectados correspondieron a 32 especies, distribuidos por género de la siguiente forma: Aedes (5), Aedomyia (1) Anopheles (1), Coquilletidia



(1) , *Culex* (11), *Mansonia* (1), *Psorophora* (5), *Trichoposopon* (1), *Uranotaenia* (5) *Wyeomyia* (1) . Fuera del bosque se capturaron 28 especies; es decir, muchos mosquitos comparten ambos ambientes. Especies típicas de áreas abiertas como *Mansonia titillans*, *Coquilletidia venezuelensis* y *Psorophora confinnis* se encontraron en baja densidad adentro del bosque. Especies del bosque: *Cules x spissipes*, *Cx crybda*, *Cx pedroi*, *Aedes serratus* y *Ae. angustivittatus* se encontraron fuera. Vale la pena resaltar que *Ae. angustivittatus* fue más abundante afuera. (Anexo 1)



**Figura 3.** Aislamientos del virus de EEV de acuerdo con la abundancia de las poblaciones de mosquitos (Capturas con trampas CDC).

Como parte de los estudios preliminares para la realización de la incriminación vectorial, se observó que la trampa trinidad fue altamente eficiente para seleccionar las especies de mosquitos con preferencias alimenticias por roedores, especialmente las pertenecientes al subgénero *Melanoconion*.

Dentro de los resultados preliminares de incriminación vectorial llevada a cabo durante el estudio longitudinal se tiene como posibles vectores a *Culex (Mel.) pedroi* (tabla 1) y *Cx. (Mel.) vomerifer* (Tabla 2) (Ferro *et al.*, 2000). En estas tablas se ilustra la forma como se realizó la incriminación de los posibles vectores naturales de EEV, subtipo ID.

**Tabla 1.** Esquema del hamster 65 para la incriminación vectorial de *Culex (Mel.) pedroi*

NOCHE 2 Muestra 119	DIA 2 Muestra 125	NOCHE 3 Muestra 131	DIA 3 Muestra 136	NOCHE 4 Muestra 142
<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (-)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (-)	<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (-)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (+)	<i>Aedes serratus</i> (+)
<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (-)	<i>Aedes serratus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (+)	<i>A. fulvus</i> (+)
<i>Aedes fulvus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (-)	<i>Coquillettidia</i> (-)	<i>Cx. (Mel) crybda</i> (+)	<i>Cx. (A)accelerans</i> (+)
<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (-)	<i>Aedes serratus</i> (-)	<i>Cx. amazonensis</i> (-)	<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (+)	<i>Cx. (Mel) crybda</i> (+)
<i>Cx. (Mel) crybda</i> (-)	<i>Cx. (A)accelerans</i> (+)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (-)	<i>A. fulvus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (+)
<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (-)	<i>Cx. amazonensis</i> (+)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (+)	<i>Psorophora ferox</i> (+)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (+)
<i>Aedes serratus</i> (-)	<i>A. fulvus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) crybda</i> (+)	<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (+)
<i>Cx. amazonensis</i> (-)		<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (+)	<i>Cx. (A)amazonensis</i> (+)	<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (+)
<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (+)				<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (+)
				<i>Cx. (A)amazonensis</i> (+)

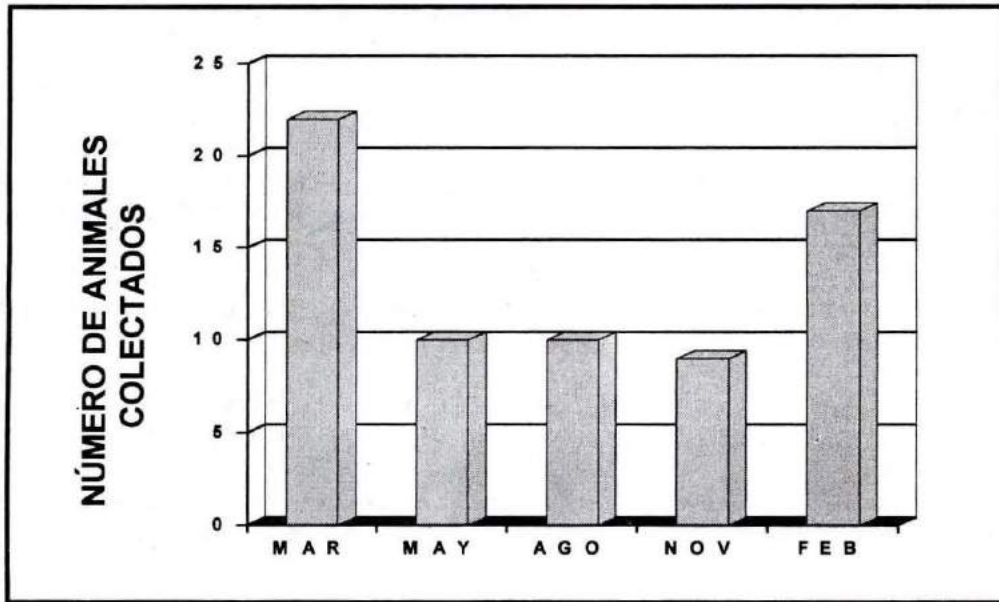
**Tabla 2.** Esquema del hamster 66 para la incriminación vectorial de *Culex (Mel.) vomerifer*

NOCHE 3 Muestra 132	DIA 3 Muestra 137	NOCHE 4 Muestra 143	DIA 4 Muestra 148
<i>Cx. (Mel) spp.</i> (-)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (-)	<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (+)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (+)
<i>A. angustivittatus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (-)	<i>Cx. (Mel) dunni</i> (+)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (+)
<i>A. fulvus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) crybda</i> (-)	<i>Cx. (Mel) ferreri</i> (+)	<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (+)
<i>Cx. (A)accelerans</i> (-)	<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (-)	<i>Aedes serratus</i> (+)	<i>A. fulvus</i> (+)
<i>Psorophora ferox</i> (-)	<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (-)	<i>Cx. (A)accelerans</i> (+)	<i>Aedes serratus</i> (+)
<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (-)	<i>Cx. (A)accelerans</i> (-)	<i>A. fulvus</i> (+)	<i>Cx. (A)amazonensis</i> (+)
<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (-)	<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (-)	<i>Cx. (Mel) pedroi</i> (+)	
<i>Cx. (Mel) crybda</i> (-)	<i>Cx. (A)amazonensis</i> (+)	<i>Cx. (Mel) spissipes</i> (+)	
<i>Cx. (Mel) adamesi</i> (-)		<i>Cx. (Mel) crybda</i> (+)	
<i>Aedes serratus</i> (-)		<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (+)	
<i>Cx. (A)amazonensis</i> (-)		<i>Cx. (A)amazonensis</i> (+)	
<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (-)		<i>Cx. Cx. nigripalpus</i> (+)	
<i>Cx. (Mel) vomerifer</i> (+)			

### Estudio de los pequeños mamíferos terrestres

Se capturaron 55 animales, el 95% de ellos pertenecen al género *Proechimys* (figura 4) y han mostrado seropositividad en el 33%. También se capturaron *Didelphis sp.* y *Marmosa sp.* con resultados serológicos negativos. La identificación hasta especie de los *Proechimys* mediante cariotipos que muestran 2n:32 (técnica de cultivo de linfocitos para obtención de metafase). Esto indica que la especie más probable es *Proechimys c.f. oconelli*. Como existen otras especies con estas características genéticas (*P. simonsi* y *P. hedeei*) es necesario realizar un estudio de bandas cromosómicas.





**Figura 4.** Abundancia del género *Proechimys* a través del año

## CONCLUSIONES

1. Los aislamientos del subtipo ID del virus EEV de hámsters centinelas (19/140) distribuidos en las cinco visitas de vigilancia (2/35-2/18-6/16-2/29-7/37a bosque indican que bosque San Miguel, Cimitarra, Santander es un foco activo y continuo de transmisión del virus enzoótico.
2. El aislamiento del virus en mosquitos colectados durante los primeros días de exposición en las trampas Trinidad señalan a *Culex (Mel) vomerifer* y *Cx pedroi* como los más posibles vectores enzoóticos.
3. Las capturas de *Culex (Mel) pedroi* y *Cx vomerifer* 150 metros fuera del bosque indican que el subtipo ID del virus de la EEV circula fuera del bosque .
4. Basados en la abundancia a través del año, la distribución en el bosque y los resultados serológicos *Proechimys cf oconnelli* es el reservorio primario.
5. Los hallazgos preliminares del presente estudio son fundamentales para entender la biología del virus de la EEV y apoyan los estudios que explicarán el mecanismo de

emergencia de las epizootias a través de ciclos enzoóticos. Por lo tanto es indispensable continuar con la caracterización del foco

## REFERENCIAS

- GALINDO, P. 1972. Endemic vectors of Venezuelan encephalitis, p. 249-253, Proc. Workshop-Symposium on Venezuelan Encephalitis Virus, vol. Scientific Publ. 243. Pan American Health Organization, Washington, D.C.
- GALINDO, P., and GRAYSON, M.A.. 1971. *Culex (Melanoconion) aikenii*: Natural vector in Panama of endemic Venezuelan encephalitis. Science. 172:594-595.
- GALINDO, P., SRIHONGSE, S.; RODANICHE, E.D. and GRAYSON, M.A. 1966. An ecological survey for arboviruses in Almirante, Panama, 1959-1962. Am. J. Trop. Med. Hyg. 15:385-400.
- GRAYSON, M.A. 1972. Discussion and comments, p. 284-285, Proc. Workshop Symposium on Venezuelan Encephalitis Virus, vol. Scientific Publ. 243. Pan American Health Organization, Washington, D.C.
- GRAYSON, M.A., and GALINDO, P. 1969. Ecology of Venezuelan equine encephalitis virus in Panama. J. Am. Vet. Med. Assoc. 155:2141-2145.
- GRAYSON, M.A., and GALINDO, P. 1968. Epidemiologic studies of Venezuelan equine encephalitis virus in Almirante, Panama. Am. J. Epidemiol. 88:80-96.
- RICO-HESSE, R., WEAVER, S.C. SIGER, J.DE; MEDINA, G. and SALAS, R.A. 1995. Emergence of a new epidemic/epizootic Venezuelan equine encephalitis virus in South America. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 92:5278-5281.
- RIVAS, F., *et al.* 1997. Epidemic Venezuelan equine encephalitis in La Guajira, Colombia, 1995. J Infect Dis. 175:828-32.
- WALTON, T.E y GRAYSON, M.A. Venezuelan equine encephalomyelitis. Pp 203-31. In: T. P. Monath (ed.) The arboviruses: epidemiology, 1988. Volumen V. CRC Press, Boca Ratón, FL.
- WANG, E., *et al.* 1999. Genetic and phenotypic changes accompanying the emergence of epizootic subtype IC venezuelan equine encephalitis viruses from an enzootic subtype ID progenitor. J Virol. 73:4266-71.
- WEAVER, S. C. *et al.* 1996. Re-emergence of epidemic Venezuelan equine encephalomyelitis in South America. Lancet. 348:436-440.



SITIO DE CAPTURA TIPO DE TRAMPA ESPECIES	RELICTO DE BOSQUE A 150m DEL BOSQUE		RELICTO DE BOSQUE 10 m ADENTRO		RELICTO DE BOSQUE 100 m ADENTRO		RELICTO DE BOSQUE 100 m ADENTRO		RELICTO DE BOSQUE 150 m ADENTRO		RELICTO DE BOSQUE 150 m ADENTRO	
	CDC (1)		CDC (2)		TRINIDAD (1)		TRINIDAD (2)		CDC (3)		TRINIDAD (3)	
	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00	6:00 - 17:30	17:30 - 6:00
<i>Cx. (Mel) pedroi</i>	1	69	22	9701	8	1263	23	1598	4	8438	28	876
<i>Cx. (Mel) spissipes</i>	2	221	37	10009	12	936	12	626	16	11159	5	301
<i>Cx. (Mel) spp.</i>	0	8	14	1215	1	0	3	3	36	1034	0	0
<i>Cx. (Mel) panacossa</i>	1	364	0	105		0	0	2	1	63	0	0
<i>Cx. (Mel) crybda</i>	0	291	35	5666	2	215	2	68	5	1595	2	72
<i>Cx. (Mel) vomerifer</i>	0	8	6	2346	6	427	8	549	2	4146	16	310
<i>Cx. (Mel) adamesi</i>	0	23	3	634	1	35	4	53	2	869	0	20
<i>Cx. (Mel) dunni</i>	0	59	2	2479		1	0	3	306	923	2	0
<i>Aedes serratus</i>	0	113	746	1227	58	105	48	183	2159	3024	99	184
<i>Aedes angustivittatus</i>	159	1550	424	380	5	7	4	19	338	451	7	17
<i>Cx. (Cx.) nigripalpus</i>	104	2084	573	10186	4	77	2	76	757	3868	5	39
<i>Cx. (Aedinus) amazonensis</i>	1	444	417	1457	162	136	118	105	382	389	137	73
<i>Cx. (Aedinus) accelerans</i>	0	1	75	36	9	15	11	7	193	31	20	3
<i>Uranotaenia sp. 1</i>	0	8	0	82	1	1	0	0	2	199	0	1
<i>Uranotaenia sp. 2</i>	0	11	1	184	0	0	0	0	2	299	0	0
<i>Uranotaenia sp. 3</i>	0	12	0	51	0	0	0	0	0	25	0	0
<i>Uranotaenia sp. 4</i>	0	7	0	46	0	0	0	0	0	9	0	0
<i>Uranotaenia sp. 5</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Psorophora cingulata</i>	253	1453	93	792	0	1	0	0	11	355	0	26
<i>Psorophora confinnis</i>	0	279	1	5	0	0	0	0	0	8	0	0
<i>Psorophora albipes</i>	6	177	595	359	5	6	21	4	1057	337	8	7
<i>Psorophora ferox</i>	0	3	368	207	3	5	3	24	1103	399	11	12
<i>Mansonia titillans</i>	51	1259	50	220	2	2	1	1	31	59	0	5
<i>Coquilletidia venezuelensis</i>	1	480	11	520	1	9	0	6	13	290	0	0
<i>Aedes fulvus</i>	0	21	188	488	4	35	7	165	237	972	21	62
<i>Psorophora cllipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Wyeomyia spp.</i>	0	1	144	2	2	1	1	0	75	1	2	00
<i>Trichoprosopon longipes</i>	0	0	69	14	0	0	0	0	91	8	1	0
<i>Aedes scapularis</i>	14	32	114	84	0	0	0	0	180	488	0	0
<i>Aedes hortator</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedeomyia spp.</i>	0	13	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anopheles spp.</i>	0	80	2	43	0	0	0	0	0	8	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>593</b>	<b>9081</b>	<b>3990</b>	<b>48549</b>	<b>286</b>	<b>3277</b>	<b>268</b>	<b>3492</b>	<b>7003</b>	<b>39451</b>	<b>364</b>	<b>2009</b>





# FACTORES DETERMINANTES EN LA CAPACIDAD VECTORIAL DE LUTZOMYIA LONGIPALPIS Y LU. EVANSI (DIPTERA: PSYCHODIDAE), VECTORES DE LEISHMANIASIS VISCERAL AMERICANA EN COLOMBIA

James Montoya Lerma<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los flebótomos (Diptera: Psychodidae) son diminutos insectos que, durante mucho tiempo, han despertado el interés de investigadores de diferentes nacionalidades y disciplinas científicas. Su importancia capital radica, principalmente, en su capacidad de adquirir, desarrollar y transmitir especies de parásitos protozoarios del género *Leishmania* Ross (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), los agentes causales de las Leishmaniasis. Estas comprenden un grupo de enfermedades con una alta tasa de incidencia anual (600.000 casos nuevos/año) y una amplia distribución mundial, tanto en áreas tropicales como subtropicales de Africa, Asia, El Mediterráneo y el Nuevo Mundo.

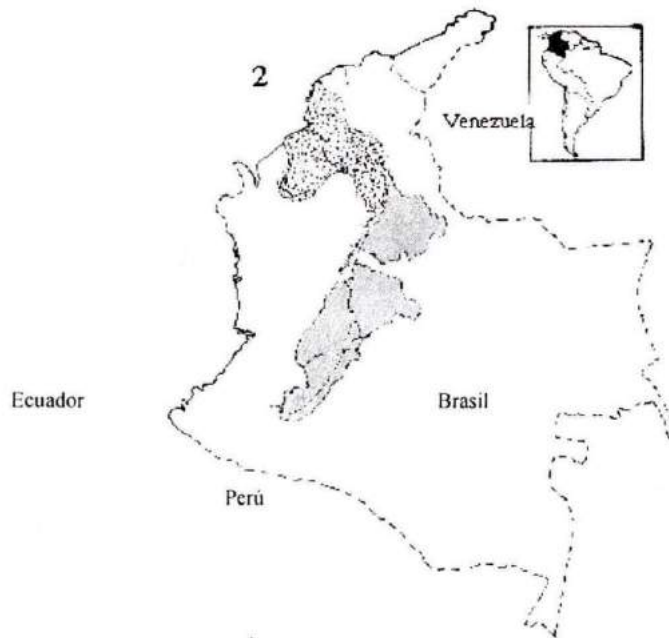
A nivel global, la dinámica de transmisión de las leishmaniasis envuelve la interacción de mas de 20 especies del parásito, un número mayor de 70 especies de flebótomos como vectores y un gran rango de animales domésticos o salvajes, los cuales pueden actuar como reservorios u hospederos finales del parásito.

Dependiendo de la especie del parásito, las leishmaniasis presentan tres manifestaciones o formas clínicas principales: cutánea, mucocutánea y visceral, ya sea que comprometan piel, piel y mucosas o las visceras y el sistema inmunológico del hospedero, respectivamente.

En Colombia, un total de cuatro especies de *Leishmania*, del subgénero *Viannia* (*L. braziliensis*, *L. panamensis*, *L. guyanensis* y *L. colombiense*) y dos del subgénero *Leishmania* (*mexicana* y *L. amazonensis*) son responsables de las manifestaciones cutánea y muco-cutánea, en la mayor parte del territorio nacional (Costa Pacífica, Centro, Oriente y Amazonía). Una especie, *L. chagasi*, subgénero *Leishmania*, es el agente etiológico de la forma visceral, presente en dos áreas geográficas, bien demarcadas. La primera corresponde al denominado Valle del Río Magdalena, en los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca, mientras que la segunda cubre una zona de la Costa Caribe, en las estribaciones de los denominados Montes de María, pasando por los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar (Figura 1). La manifestación visceral de la enfermedad tiene un alto impacto epidemiológico, dado el alto índice de mortalidad que ocasiona entre la población infantil afectada.

---

<sup>1</sup> Director Postgrado Departamento de Biología, Universidad del Valle. Unidad de Entomología Fundación Centro Internacional de Investigaciones Médicas-CIDEIM, Cali-Valle-Correspondencia: Apartado Aéreo 25360 Cali-Colombia. e-mail: jamesmon@biologia.univalle.edu.co



**Figura 1.** Delimitación geográfica aproximada de las dos áreas de LVA en Colombia. La zona oscura (1) corresponde al Valle del río Magdalena y la punteada a la zona Caribe.

No obstante, el gran número de especies de flebótomos registrado en Colombia (en total 135) y de los hábitos antropofílicos de la mitad de sus integrantes, sólo seis especies son consideradas vectores comprobados de *Leishmania* (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Especies de *Lutzomyia* implicadas en la transmisión de *Leishmania* en Colombia (Tomado de Montoya-Lerma & Ferro, 1999)

Especie Vector	Parásito	Distribución	Referencias
<i>L. longipalpis</i>	<i>Le. infantum</i> (= <i>L. chagasi</i> )	Valle del río Magdalena (Huila, Tolima, Santander del Sur y C/marca).	Corredor <i>et al.</i> , 1989; Ferro <i>et al.</i> , 1995b
<i>L. evansi</i>	<i>Le. infantum</i> (= <i>chagasi</i> )	Costa Caribe (Córdoba, Sucre y Bolívar).	Travi <i>et al.</i> , 1990; 1996; Montoya-Lerma, 1996
<i>L. spinicrassa</i>	<i>Le. braziliensis</i>	Santander del Norte	Young <i>et al.</i> , 1987
<i>L. trapidoi</i>	<i>Le. panamensis</i>	Tolima, Nariño y Valle	Morales <i>et al.</i> 1981. Young <i>et al.</i> , 1987; Travi <i>et al.</i> , 1988
<i>L. umbratilis</i>	<i>Le. guyanensis</i>	Caquetá	Young <i>et al.</i> , 1987
<i>L. hartmanni</i>	<i>Le. colombiensis</i>	Santander del Sur	Kreutzer <i>et al.</i> , 1991



Como se desprende de la información contenida en el anterior cuadro, hasta la presente, *Lutzomyia longipalpis* y *Lu. evansi*, actúan como vectores de *L. chagasi* en Colombia. Aunque la implicación de *L. longipalpis* se remonta a los trabajos pioneros de Gast-Galvis (1944) y Gast-Galvis & Renjifo (1944) en San Vicente del Chucurí, transcurrieron varios años entre el reinicio de investigaciones epidemiológicas (Gómez-Vargas, 1965, Pérez-Norsagaray *et al.* 1970, García.Cuestas *et al.* 1970, Cantillo *et al.* 1970, Osorno-Mesa *et al.* 1972, Arciniégas y Duarte, 1976, Camacho *et al.*, 1977, Camacho, 1978) y la completa evaluación del papel vectorial de esta especie en el área (Corredor *et al.* 1989, Morrison *et al.* 1993a,b, 1994, Ferro *et al.* 1995), a través de lo cual quedó, claramente, demostrada su asociación específica en la transmisión de Leishmaniasis Visceral Americana (LVA) en el Valle del río Magdalena. Por otra parte, el hallazgo de *Lu. evansi* naturalmente infectado con *L. chagasi* (Travi *et al.*, 1990) fue el punto de partida de una serie de investigaciones, conducentes a delimitar la distribución, así como la ecología de este vector alternativo de LVA en Colombia (Montoya-Lerma, 1996; Montoya-Lerma & Lane, 1996; Travi *et al.*, 1996, Vélez *et al.*, 1998).

El presente artículo presenta una interpretación general de la información entomológica recopilada en los dos focos de LVA del país. El análisis aborda resultados obtenidos tanto en el campo como bajo condiciones de laboratorio y su propósito es identificar las principales variables o factores que influyen en la capacidad de desarrollar y transmitir *L. chagasi* por parte de *Lutzomyia longipalpis* y *Lu. evansi*.

## **DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA, DOMESTICACIÓN Y ACTIVIDAD DE PICADURA**

Un primer factor, compartido por ambas especies, es su absoluta dominancia en aquellas áreas donde cada una actúa como vector. Ellas exhiben un patrón bimodal de abundancia que les permite estar presentes casi la totalidad del año, así sea en bajas densidades. Generalmente, se dan dos picos de mayor abundancia, correlacionados con el régimen local de lluvias. Es muy probable que las precipitaciones favorecen los sitios de cría de ambas especies, pues como lo demuestran los resultados de las crías en laboratorio, sus larvas requieren de condiciones húmedas para su completo desarrollo (C. Ferro com. pers., Montoya-Lerma *et al.*, 1998). Morrison *et al.* (1995), establecieron que en *Lu. longipalpis* los periodos de mayor abundancia son octubre-noviembre (pico principal) y abril-mayo (pico secundario). En *Lu. evansi*, estos periodos de máximas densidades corresponden a abril-mayo y septiembre-octubre, respectivamente. La amplia distribución y la abundancia les permiten a estas especies ser excelentes candidatos para el mantenimiento de *L. chagasi*, aún en situaciones hipoendémicas, ya sea durante la estación lluviosa o sequía. Es interesante constatar que en el caso del foco de San Andrés de Sotavento, en la Costa Caribe, las más altas tasas de infección han sido registradas tres o cuatro meses después de la ocurrencia de los picos de *Lu. evansi* (Travi *et al.*, 1996).

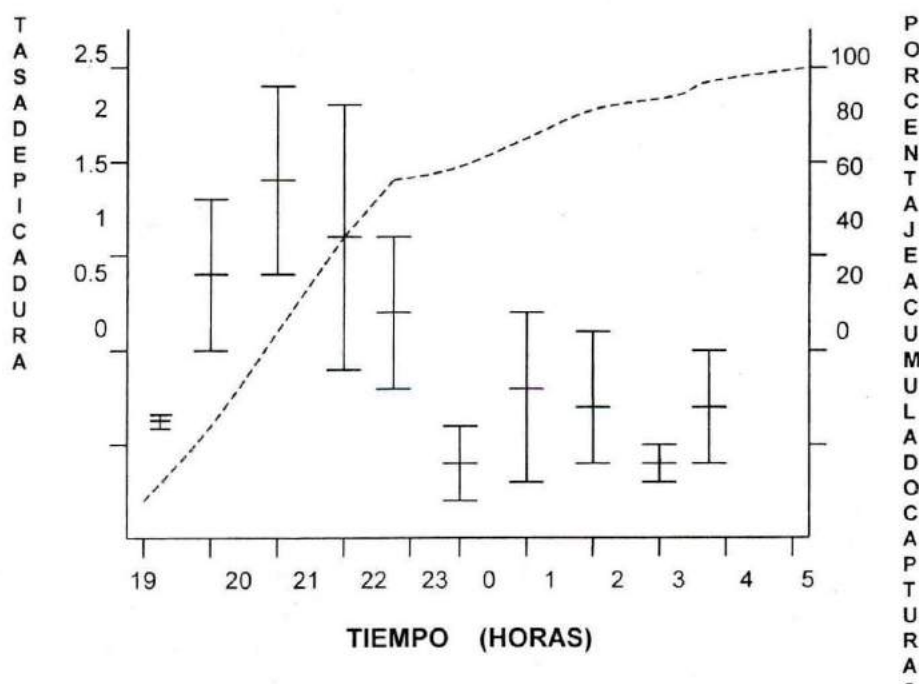


Otro factor importante en la transmisión de *L. chagasi* es la gran adaptabilidad de sus dos especies vectoras a los ambientes peri e intradomiciliares. No obstante, la mayor significancia está en el hallazgo, en el interior de las viviendas, de ejemplares total o parcialmente alimentados y en los cuales el análisis de sus ingestas sanguíneas revela el contacto con humano. El hecho que se reporten casos en niños, los principales afectados por la enfermedad, hace pensar en un contacto obligatorio de estos con el vector. Dado que los niños no deambulan en el bosque durante las noches, la transmisión debe tomar lugar en el interior de las viviendas. Es importante recalcar que, en cuanto a la actividad nocturna, las dos especies siguen un patrón básico (compartido con muchos otros flebótomos) caracterizado por una reducida tasa de picadura en los crepúsculos matutino y vespertino y que sufre altibajos durante el transcurso de la noche. La actividad de ambas especies parece estar altamente correlacionado con el aumento de la humedad relativa. En *Lu. longipalpis*, por ejemplo, el pico de máxima actividad se sitúa entre las 18:30-23:30 horas, pero declina luego hacia el amanecer cuando la humedad relativa es máxima (Morrison *et al.*, 1995b). Un patrón similar presenta *Lu. evansi*, cuya actividad se inicia con la caída del sol y alcanza su máximo valor entre las 20:00 y 21:00 horas. Aunque, eventualmente, se observa un segundo pico de actividad entre las 03:00 y 04:00 horas, esto parece estar influenciado con la época del año y variaciones de la temperatura y humedad relativa, pero en cualquier evento, la actividad es casi insignificante a las 06:00 horas. Los resultados de las investigaciones, realizadas en ambas zonas de LVA, revelan, entre otros, un hecho importante: que antes de la medianoche ya ha ocurrido el 80% de actividad nocturna de ambas especies (Figura 2), cuando ya los niños están durmiendo (Montoya-Lerma, 1996). En el caso de *Lu. longipalpis* se observa que, a diferencia de *Lu. evansi*, no sale al bosque o alrededores de las viviendas a realizar la digestión de la sangre. Esto, eventualmente, puede significar un mayor contacto de esta especie con el reservorio doméstico (perro) y en menor grado con el salvaje (zarigüeya), del parásito (Corredor *et al.* 1989b, Travi *et al.* 1994). Por consiguiente, el uso de toldillos y el asperjado de las casas ofrecen buenas posibilidades de control de este flebótomo pero estas serán muy limitadas en el caso de *Lu. evansi*.

## PREFERENCIAS ALIMENTICIAS

En la LVA, los humanos son hospederos finales y los perros (y probablemente las zarigüeyas) representan una fuente o reservorio de parásitos para los flebótomos. Por consiguiente, es posible anticipar que, en estos, se presenten grados variables de antropofilia y zoofilia. Indudablemente es necesaria una apropiada interacción ecológica entre el vector, el reservorio y el humano para que se establezca un correcto ensamblaje en la transmisión de *Leishmania*. Las razones son obvias: en primer lugar, la transmisión depende de la posibilidad de adquisición, por parte del vector, de una ingesta infectiva a partir del o los reservorios. Seguidamente, una vez alcanzada la maduración, la diseminación del parásito está gobernada por la sobrevivencia del vector y las oportunidades que éste tenga de encontrar un hospedero definitivo o un nuevo reservorio. El análisis, cuantificación y comparación de las preferencias por hospederos revelaron

que, inequívocamente, tanto *Lu. longipalpis* como *Lu. evansi* son especies oportunistas y que, aunque presentan cierto grado de atracción hacia el humano, ninguna de las dos puede ser considerada como “altamente” antropofílica. Los resultados de los estudios llevados a cabo sobre *Lu. evansi* fueron concluyentes al demostrar que, a bajas densidades, este flebótomo exhibe un comportamiento alimenticio ecléctico, pero presenta una marcada preferencia a medida que su densidad poblacional aumenta (Montoya-Lerma & Lane, 1996). Además, se encontró que la preferencia es totalmente independiente del tamaño del hospedero, contrastando con los resultados de Morrison *et al.* (1993), quienes documentan que las vacas y cerdos fueron los cebos preferidos por *Lu. longipalpis*. Basados en estos hallazgos postulan que, en esta especie, la atracción hacia humanos está modulada por el tamaño y número del hospedero. En síntesis, podemos concluir que en cada especie, la preferencia por hospedero es un comportamiento bastante plástico pero sumamente complejo, donde coexisten múltiples variables (tamaño, abundancia y comportamiento del hospedero, factores medioambientales y abióticos, entre otros) que determinan la selección y posterior alimentación sobre el hospedero.



**Figura 2.** Patrón general de picadura a humano exhibido por *Lutzomyia longipalpis* y *Lu. evansi*.



## **SOBREVIVENCIA**

Aunque los intentos por determinar la longevidad natural de ambas especies de flebótomos fueron infructuosos (Morrison *et al.* 1993b, Montoya-Lerma, 1996) es evidente que estas especies deben ser capaces de sobrevivir ocho días o más, lo cual les permite desarrollar los parásitos en sus intestinos. En los dos casos, los resultados de cría en el laboratorio demuestran que los adultos de *Lu. longipalpis* sobreviven entre 30 y 40 días (Morrison *et al.* 1993b) mientras que aquellos de *Lu. evansi* sobreviven menos (entre 14 y 20 días) (Montoya-Lerma, 1996).

## **INFECCIONES NATURALES Y EXPERIMENTALES**

La toma, desarrollo y posterior transmisión de *Leishmania* representan los eventos cruciales y más pertinentes en la incriminación vectorial de cualquier especie de flebótomo. Los estudios clásicos en la epidemiología de LVA, postularon una estrecha asociación de *L. chagasi* con *L. longipalpis*, principalmente basados en la correlación de casos y la distribución geográfica del vector. Posteriormente, esta asociación recibió sustancial apoyo a partir de los hallazgos de especímenes naturalmente infectados y, finalmente, a través de infecciones experimentales (Elnaiem *et al.* 1992, 1994) y estudios de microscopía electrónica (Walters *et al.* 1989).

El estudio de Ferro *et al.* (1995) representa el único esfuerzo, desarrollado longitudinalmente, para establecer las variaciones en la tasa de infección natural de *Lu. longipalpis* en Colombia. Los autores lograron aislar formas flageladas en 11 (0.3 % de los individuos capturados) de los cuales sólo en dos casos se logró el aislamiento y caracterización del parásito. Una similar suerte tuvo Montoya-Lerma (1996), quien fracasó en el intento de cultivar e identificar los parásitos provenientes de ejemplares salvajes de *Lu. evansi*. No obstante, en ambos casos, es razonable suponer que las infecciones naturales corresponden a *L. chagasi*, la especie de *Leishmania* predominante en las dos áreas.

En una serie de ensayos de laboratorio, Montoya-Lerma (1996) evaluó y comparó el desarrollo del ciclo de vida de *L. chagasi* en *Lu. longipalpis* y *Lu. evansi*. Los resultados revelaron que bajo condiciones experimentales ambas especies soportan el desarrollo del parásito, iniciado ya sea a partir de formas amastigotas o promastigotas. Aunque no se establecieron, en términos de sus tasas de infección experimental, diferencias significativas entre las dos especies de flebótomos, fue notorio que las infecciones fueron mas "fuertes" en *Lu. longipalpis*. También fue observada una mayor mortalidad, debido a efectos adversos, en *Lu. evansi*. A partir de estos resultados se concluyó que la asociación *L. chagasi*-*Lu. evansi*, es de reciente evolución (Montoya-Lerma *et al.* 1996).



## AGRADECIMIENTOS

Gran parte de la información divulgada en este artículo se obtuvo gracias a proyectos de investigación financiados por el Programa del TDR, de la Organización Mundial de la Salud (Suiza), Wellcome Trust (Reino Unido) y COLCIENCIAS (Colombia) a quienes el autor expresa su mas sinceros reconocimientos.

## REFERENCIAS

- ARCINIEGAS, y DUARTE R, 1976. Kala-azar. *Tribuna Médica* 54:38-39.
- BLANCO-TUIRÁN, P.J; MAINGON, R.D.; HOMMEL, M. and ALCALÁ, J.E. 1993. A focus of visceral and cutaneous leishmaniasis on the northern coast of Colombia. *Arch. Inst. Pasteur Tunis.* 70:481-488.
- CAMACHO, M.; CARABALLO, L.R.; BARRIOS, H.; CORREA, I. y FIGUEROA, N. 1977. Kala-azar, un foco en el departamento de Sucre. *Tribuna Médica.* 56:33-34.
- CANTILLO, J.; TORO, G.; SARAVIA, J.; CALDERON, H. y MENDOZA, C. 1970. Leishmaniasis visceral (Kala-azar) en Colombia. *Rev. Lat. Am. Patol.* 9:163-171.
- CORREDOR, A.; RONDEROS, T.M. y REY, M. 1980. Leishmaniasis visceral americana. Parte I. *Bol. Epid. Nac. Bogotá.* 6:19-27.
- CORREDOR, A. *et al.* 1989a. Epidemiology of visceral leishmaniasis. *Am.J. Trop. Med. & Hyg.* 40:480-486.
- CORREDOR, A. *et al.* 1989b. *Didelphis marsupialis*, an apparent wild reservoir of *Leishmania donovani chagasi* in Colombia, South America. *Trans. R. Soc. Trop. Med. & Hyg.* 83:195.
- ELNAIEM, D.A.; WARD, R.D. and YOUNG, P.E. 1992. An ultrastructural study on the early development of *Leishmania chagasi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in its vector *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 67:1-38.
- ELNAIEM, D.A.; WARD, R.D. and YOUNG, P.E. 1994. Development of *Leishmania chagasi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in the second blood-meal of its vector *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Parasitol. Res.* 80: 414-419.
- FERRO, C.; MORRISON, A.C.; TORRES, M.; PARDO, R.; WILSON, M.L. and TESH, R.B. 1995. Species composition and relative abundance of sand flies of the genus *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) at an endemic focus of visceral leishmaniasis in Colombia. *J. Med. Entomol.* 32: 527-537.
- GARCIA-CUESTAS, J.; PEREZ, J.; FRANCO, G.; ALVARADO, H. y BERNAL, H. 1970. Tercer foco de Kala-azar en Colombia. *Tribuna Médica.* 38:194.
- GAST-GALVIS, A. 1944. Primer caso de leishmaniosis visceral en Colombia. *An. Soc. Biol. (Bogotá).* 1:124-125.

- GAST-GALVIS, A. y RENJIFO, S. 1944. Leishmaniosis visceral. Estudio epidemiológico del primer caso diagnosticado en Colombia. An. Soc. Biol. (Bogotá). 1:1-8. GOMEZ-VARGAS, A. 1965. Leishmaniosis visceral en Colombia. Presentación de tres casos. Antioquia Médica. 15:323-324.
- KREUTZER, R.D. *et al.* 1991. Characterization of *Leishmania colombiensis* sp. n. (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), a new parasite infecting humans, animals and phlebotomine sandflies in Colombia and Panama. Am. J. Trop. Med. & Hyg. 44:662-675.
- MONTOYA-LEMA, J. y FERRO, C. 1999. Flebótomos (Diptera: Psychodidae) de Colombia. En: AMAT-G, G.; ANDRADE-C, y FERNANDEZ, F. (eds.) p.210-245. "Insectos de Colombia". v.II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No. 13. Editora Guadalupe. Santafé de Bogotá. 344p.
- MONTOYA-LEMA, J.; CADENA-PÉÑA, H. and JARAMILLO SALAZAR, C. 1998. Rearing and colonization of *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae), a vector of visceral leishmaniasis in Colombia. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 93: 263-268.
- MONTOYA-LEMA, J. 1996. The biology of visceral leishmaniasis vectors in the San Andrés de Sotavento focus, Colombia. Tesis de PhD. University of London.
- MONTOYA-LEMA, J. and LANE, R.D. 1996. Factors affecting host attractiveness and feeding behaviour of *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae), a vector of visceral leishmaniasis in Colombia. Bull. Entomol. Res. 86:43-50.
- MONTOYA-LEMA, J.; CADENA, H.; TRAVI, B.L. and LANE, R. 1996. Assessing recency of association between *Lutzomyia* and *Leishmania*. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 90 (1): 6.
- MORRISON, A.C. 1994. Field studies on the ecology of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) at an endemic focus of American visceral leishmaniasis in Colombia. Ph.D. Thesis. Yale University.
- MORRISON, A.C.; FERRO, C. and TESH, R.B. 1993. Dispersal of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* at an endemic focus of American visceral leishmaniasis in Colombia. J. Med. Entomol. 30:427-435.
- MORALES, A.; CORREDOR, A.; CÁCERES, E.; IBAGOS, E. y RODRÍGUEZ, C.L. 1981. Aislamiento de tres cepas de *Leishmania* a partir de *Lutzomyia trapidoi* en Colombia. Biomédica (Bogotá). 5:129-138.
- MORRISON, A.C.; FERRO, C. and TESH, R.B. 1993b. Host preferences of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* at an endemic focus of American visceral leishmaniasis in Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. 49:68-75.
- OSORNO, E.; MORALES, A.; OSORNO, F. and FERRO, C. 1972. Phlebotominae de Colombia IV. Distribución geográfica de especies de *Brumptomyia* Fraca y Parrot, 1921 y *Lutzomyia* Fraca, 1924 encontrados en Colombia, S.A. Rev. Acad. Cienc. Exactas Fis. Nat. (Bogotá). 14:1-81.
- PEREZ-NORSAGARAY, J.; GARCIA, J. y FRANCO, G. 1970. Segundo foco endémico de Kala-azar en Colombia. Tribuna Médica. 38:8-11.
- TRAVI, B.L.; MONTOYA, J.; GALLEGU, J.; JARAMILLO, C.; LLANO, R. and VELEZ, I.D. 1996. Bionomics of *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae), vector of visceral leishmaniasis in northern Colombia. Journal of Medical Entomology. 33: 278-285.



TRAVI, B.L. *et al.* 1994. *Didelphis marsupialis*, an important reservoir of *Trypanosoma* (Sshizotrypanum) *cruzi* and *Leishmania* (*Leishmania*) *chagasi* in Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 50: 557-565.

TRAVI, B.L. *et al.* 1990. *Lutzomyia evansi*, an alternate vector of *Leishmania chagasi* in a Colombian focus of visceral leishmaniasis. *Trans. R. Soc. Trop. Med. & Hyg.* 84:676-677.

TRAVI, B.L. *et al.* 1988. Leishmaniasis in Colombia. I. Studies on the phlebotomine fauna associated with endemic foci in the Pacific coast region. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 39: 261-266.

VELEZ, I.D. *et al.* 1988. Leishmaniasis tegumentaria americana. Encuesta epidemiológica en una comunidad indígena. *Latreia* (Medellín). 1: 29-33.

WALTERS, L.L.; MODI, G.B.; GHAPLIN, G.L. and TESH, R.B. 1989. Ultrastructural development of *Leishmania chagasi* in its vector *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 41: 295-317.

YOUNG, D.G. *et al.* 1987. Isolation of *Leishmania braziliensis* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) from cryopreserved Colombian sandflies (Diptera: Psychodidae). *J. Med. Entomol.* 24:587-589.





# PARTICIÓN EN TAMAÑO Y FORMA DE LOS CARACTERES MÉTRICOS Y SU INTERÉS EN LOS ESTUDIOS POBLACIONALES APLICADOS A LOS TRIATOMINAE

Nicolás Jaramillo O.<sup>1</sup>; Harling Caro-Riaño<sup>1</sup>  
Edison Mejía<sup>1</sup>; Jaime Moreno<sup>1</sup>  
Christopher John Schofield<sup>2</sup>  
Jean-Pierre Dujardin<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

Frente a las evidencias para sospechar que *Rhodnius pallescens* está cumpliendo en Colombia un papel vectorial activo de la enfermedad de Chagas y temer un fortalecimiento de éste; nos hicimos las siguientes preguntas: 1) ¿La dinámica y la estructura genética actual de las poblaciones colombianas de *R. pallescens* representan un peligro de domiciliación real? 2) ¿Es necesaria la vigilancia epidemiológica de dicha especie? 3) ¿Es *R. pallescens* una unidad genética? 4) ¿Representan las colonias de laboratorio las poblaciones naturales? 5) ¿Es útil y eficaz la morfometría para dar respuesta a las anteriores preguntas?

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se midieron 266 *R. pallescens* adultos colectados de cinco colonias de laboratorio; las cuales se originaron de insectos capturados en ambientes silvestres (palmas) en la Costa Atlántica colombiana y una, en Panamá, en ambientes domésticos. Para evaluar los efectos del cambio ambiente silvestre/ambiente doméstico se comparó una muestra de insectos colectados sobre palmas con su primera descendencia en el laboratorio. También se hizo comparaciones interespecíficas con 61 *R. prolixus* y 10 *R. colombiensis*, especie recientemente descrita (Tabla 1).

Para la morfometría tradicional las longitudes de caracteres de la cabeza, tórax y alas se transformaron a logaritmos naturales y se computaron matrices de varianza-covarianza. Los análisis consistieron en modificaciones del Análisis de Componentes Principales (PCA) para permitir el examen simultaneo de varios grupos. Éstos fueron el Análisis de Componentes Principales Comunes (CPCA), el Análisis Multigrupo de Componentes Principales (MGPCA) y el Análisis de Función Discriminante (DFA). Se extrajeron componentes de tamaño alométrico y de forma; con los cuales se examinaron las

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. A.A. 1226, Medellín, Colombia. E-mail: naram@matematicas.udea.edu.co

<sup>2</sup> London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, U.K. E-mail: CJ.Schofield@wanadoo.fr

<sup>3</sup> IRD/ORSTOM-INLASA, La Paz, Bolivia. E-mail: dujardin@mail.megalink.com

posiciones relativas de los grupos mediante gráficas de polígonos (“convex hulls”), de círculos de confianza del 95% alrededor de los centroides y dendrogramas derivados de análisis de agrupamiento mediante el método UPGMA.

Para la morfometría geométrica se seleccionaron puntos de referencia en las alas y en las cabezas. Se obtuvieron componentes de tamaño isométrico y de conformación. A partir de las variables de conformación se efectuaron DFAs. La estructuración de las colonias se examinó visualmente en mapas factoriales de polígonos, círculos de confianza del 95% alrededor de los centroides y dendrogramas derivados de análisis de agrupamiento mediante el método UPGMA.

Para ver la posible correlación entre los morfómetros y la estructura genética se hizo análisis de RAPDs. Las matrices resultantes de ausencia/presencia de bandas electroforéticas se utilizaron para análisis de agrupamiento mediante el método UPGMA, para comparar distancias de Jaccard con distancias geográficas mediante la prueba de Mantel y para hacer análisis NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling Analysis).

Con el objetivo de examinar la posible asociación del tamaño y la forma con el valor adaptativo se hizo selección artificial de la eficiencia reproductiva obteniéndose una subpoblación de alta eficiencia y otra de baja. En cada una de ellas se midió la heredabilidad “en sentido amplio” y se examinó la configuración geométrica de las alas y cabezas para evaluar las posibles diferencias significativas de tamaño y conformación.

Con el objetivo de buscar diferencias que pudieran dar cuenta de las presiones ambientales que actuaron durante el desarrollo embrionario hasta el estadio adulto se estimó, mediante morfometría tradicional y geométrica, las asimetrías fluctuante, direccional y la antisimetría de las alas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Comparaciones interespecíficas:** *R. pallescens* y *R. prolixus* fueron diferenciados por los análisis del tamaño, la forma y la conformación de cabezas, tórax y alas. Algunos individuos se sobrelaparon en algunos caracteres pero difirieron en otros. *R. colombiensis* no se diferenció de *R. pallescens* en relación al tamaño, mientras que en el análisis de la conformación sólo la cabeza, pero no las alas, separó significativamente las dos especies (Figura 1). Este resultado confirmó el nuevo estatus taxonómico de *R. colombiensis* y apoyó la cercana relación filogenética con *R. pallescens*.

**Análisis del tamaño intraespecífico:** En este trabajo se pudo demostrar que el tamaño tiene un determinismo genético significativo; propio respecto a sus significados evolutivos y adaptativos.



Las evidencias de que el tamaño tiene un fundamento genético vienen de los análisis de regresión lineal de los diferentes estimadores del tamaño con factores externos e internos del insecto; en particular con la temperatura, el número de bandas de RAPD por iniciador de PCR por localidad y los experimentos de selección. El factor más informativo fue la correlación alta e inversa con la temperatura de los lugares de origen de las colonias (regla de Bergmann) y porque no hubo convergencia en las condiciones controladas de temperatura del laboratorio (Tabla 2). Frecuentemente se invocan procesos fisiológicos para explicar la regla de Bergmann; pero en este caso (como en otros informados en la literatura) no se pudo descartar un proceso adaptativo causado por selección direccional. Posiblemente este proceso corresponde a una "asimilación genética". La evidencia fue apoyada por la correlación significativa del tamaño con el número de bandas de RAPD por localidad.

Los experimentos de selección artificial mostraron otra evidencia de que el tamaño está ligado al valor adaptativo; porque el proceso de selección de la eficiencia reproductiva se acompañó de una fuerte selección del tamaño.

Por otra parte, la regla de Bergmann se refiere a relaciones entre el tamaño y la temperatura en poblaciones intra-específicas o entre especies muy cercanas filogenéticamente. En el presente trabajo *R. pallescens* y *R. colombiensis* cumplieron dicha regla; lo cual no sucedió cuando se incluyó a *R. prolixus* en la regresión. Esto apoya la hipótesis acerca de la estrecha relación filogenética entre *R. pallescens* y *R. colombiensis* y la más lejana con *R. prolixus*.

Sumado a la anterior, se observó una reducción del tamaño en los individuos de laboratorio respecto a los del campo (pero sin homogeneizar las diferencias inter-poblacionales), lo cual parece ser una regla general a los triatomíneos (Tabla 3). Los resultados sugieren un efecto de la selección natural favoreciendo los individuos de tamaño pequeño en el laboratorio. Si paralelo a este efecto del ambiente sobre el desarrollo hay genes expresando el mismo fenotipo, la selección los favorecería, se perdería varianza génica y con el transcurso del tiempo se podría llegar a la fijación de ciertos alelos o a estar muy cerca de ésta (asimilación genética).

**Evaluación del dimorfismo sexual:** Se estudió el cambio de dimorfismo en la primera generación en el laboratorio mostrando que no hay cambios en las cabezas; pero al contrario, hay un aumento del dimorfismo alar causado por una disminución muy acentuada del tamaño de las alas en los machos respecto a las hembras (Tabla 3). En las generaciones posteriores (10 o más) se notó una reducción del dimorfismo sexual de tamaño apreciable en alas y cabezas. Es muy probable que la disminución del dimorfismo en las poblaciones de laboratorio bien establecidas se deba a reducciones del tamaño a velocidades mayores en las hembras en comparación con los machos; pero esta reducción es gradual y sólo se manifiesta pasadas varias generaciones en el laboratorio.



En este trabajo se estudió el cambio de dimorfismo en el tamaño, la forma y la conformación de las alas y cabezas; mientras que trabajos anteriores estudiaron solamente el cambio de tamaño, sobre cabezas y largo total del cuerpo.

La regresión lineal estadísticamente significativa entre el tamaño y los marcadores moleculares de RAPDs, sugieren un trasfondo genético del tamaño y apoyan la hipótesis de selección direccional sobre este rasgo. Las evidencias para aceptar tales hipótesis son aún muy débiles por lo cual es necesario continuar la investigación de este tema.

También es posible que el control genético del crecimiento de alas y cabezas no sea el mismo y por eso los cambios de dimorfismo en la transición ambiente silvestre-laboratorio no sean paralelos. Este es otro campo abierto a la investigación.

**Análisis de la forma intra-específica:** Ni los métodos tradicionales, ni los geométricos que se consideran herramientas poderosas para detectar cambios sutiles de forma lograron separar las localidades en todos los casos (Figura 2). Esto es más notorio, tomando en cuenta la historia de las localidades en el laboratorio: un aislamiento efectivo por muchas generaciones, diferencias en el período de permanencia en el laboratorio y diferencias en el número de fundadores de cada colonia. A pesar de estos antecedentes las colonias conservaron notables similitudes morfológicas y por lo tanto es muy probable que las relaciones entre ellas, observadas en este trabajo, sean muy similares a las reales en la naturaleza. Al considerar todas las relaciones de forma examinadas, se concluyó que todas las localidades de *R. pallescens* están estrechamente relacionadas. Esto indica que todas pertenecen a la misma especie biológica.

Otra evidencia que todas las localidades estudiadas de *R. pallescens* pertenecen a la misma entidad biológica fue la regresión significativa de la forma en función de la deriva sufrida en el laboratorio; lo cual también señala las bases genéticas de la forma. Pero, la deriva producto de las diferencias en el número de fundadores de las colonias, del tiempo pasado en el laboratorio y del aislamiento reproductivo efectivo por varias generaciones, no logró discriminar las localidades por la forma; demostrando que los organismos estudiados son la misma especie.

No obstante lo anterior, se observó una tendencia débil de la localidad de Panamá a separarse de las colombianas (Figura 3). Si aceptamos que las observaciones de este trabajo reflejan la realidad en el campo, entonces esta tendencia puede estar indicando una deriva genética debida al aislamiento geográfico entre esta localidad y las colombianas. Dicha deriva debió haberse producido en épocas evolutivas recientes, ya que aún se conserva un alto grado de homología entre las poblaciones.

Adicionalmente, no se observó una estructuración geográfica marcada en las localidades colombianas cuando se estudiaron por RAPD (Figura 4). Esto podría indicar que las diferentes localidades colombianas forman una población continua desde las sabanas de la

costa norte Colombiana, la cual desciende por el valle formado por la rivera occidental del Río Magdalena hasta casi el centro del país. Tal dispersión podría estar asociada a la distribución de palmas del género *Attalea* que parecen ser el biotopo principal en la costa norte de Colombia.

**Análisis de Asimetrías:** La asimetría fluctuante fue importante para todas las localidades, aunque su magnitud no se replicó en los diferentes órganos examinados (cabezas y alas). Esta asimetría resulta de los “accidentes” que perturban el desarrollo larval hasta el adulto. En el caso de las colonias de laboratorio aquí estudiadas parece reflejar los cambios de presión ambiental, entre el medio silvestre y el laboratorio; caso, este último, donde un mayor sedentarismo y altas densidades poblacionales pueden afectar el desarrollo de la simetría alar. Pero también se destacó una importante asimetría direccional; la cual presentó además regresión significativa con la deriva. Esto apoya por un lado las bases genéticas de este tipo de asimetría; pero sugiere por otro lado un proceso de selección del genotipo relacionado con la asimetría direccional.

## CONCLUSIONES

Este trabajo permitió dar las siguientes respuestas a las preguntas planteadas en la introducción.

- 1) A las preguntas: 1) ¿La dinámica y la estructura genética actual de las poblaciones colombianas de *R. pallescens* representan un peligro de domiciliación real? 2) ¿Es necesaria la vigilancia epidemiológica de dicha especie? 3) ¿Es *R. pallescens* una unidad genética?, podemos responder: Todos los análisis utilizados, en particular la evaluación de la forma y la conformación, demostraron que las localidades silvestres colombianas de *R. pallescens* no se diferencian significativamente de la doméstica de Panamá, indicando que son una sola entidad genética y que existe un riesgo real de domiciliación de las poblaciones colombianas. Por lo tanto es necesaria la vigilancia epidemiológica.
- 2) A la pregunta: 4) ¿Representan las colonias de laboratorio las poblaciones naturales?, podemos responder: Las técnicas morfométricas utilizadas permitieron separar los caracteres métricos en componentes de tamaño y forma. Se pudo demostrar igualmente que cada uno de estos componentes tiene un trasfondo genético propio y significativo. La morfometría entonces fue eficaz para identificar la variación que refleja el ambiente nativo de cada localidad; además para detectar la deriva genética y el efecto sobre la fisiología del desarrollo producto del ambiente del laboratorio.
- 3) A la pregunta: 5) ¿Es útil y eficaz la morfometría para dar respuesta a las anteriores preguntas?, podemos responder: Se demostró que el uso de la morfometría, disecando aspectos de la forma y el tamaño, puede ser de gran utilidad en el esclarecimiento de divergencias morfológicas entre poblaciones de estatus taxonómico dudoso.



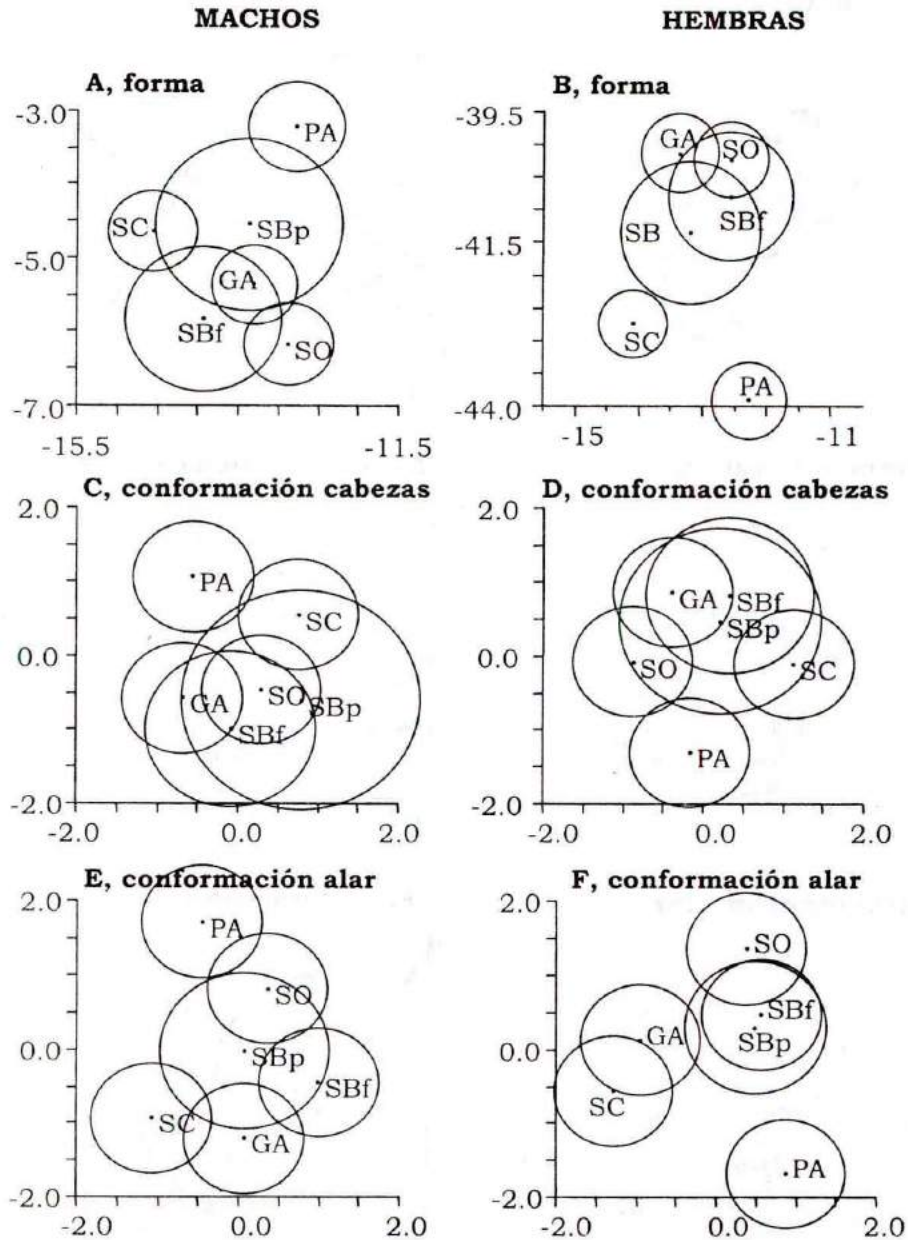
**Tabla 1.** Propiedades de las colonias de laboratorio usadas en este estudio. Los municipios y departamentos colombianos de donde se originaron las diferentes colonias son: SO, San Onofre, Sucre; GA, Galeras, Sucre; SB, San Bernardo, Córdoba; SC, San Carlos, Antioquia; Rc, Coyaima, Tolima; Rpr, San Luis, Casanare. Los ejemplares de PA nos fueron gentilmente cedidos para este estudio por el Dr. Aldo Solari y provienen de la Región Central, República de Panamá. Las temperaturas son promedios mensuales y la precipitación, anual. El año de fundación, No. de fundadores y deriva se refiere a la historia de las colonias en el insectario del laboratorio de Chagas de la Universidad de Antioquia. La deriva se calculó como la división entre el No. de fundadores y el No. de años pasados en el laboratorio y el resultado multiplicado por 1000. El tamaño poblacional de cada colonia (aproximadamente 1500 individuos) fue similar después de su establecimiento en el laboratorio.

Localidad	<i>R. pallescens</i>				<i>Rhodnius</i> sp.		<i>R. prolixus</i>
	SO	GA	SB	SC	PA	Rc	Rpr
No. hembras	30	30	8	34	30	0	30
No. machos	31	33	7	33	30	10	31
Temp. (°C)	28	28	27.3	23	26	28.2	26
Altitud (msnm)	40	70	5	1000	30	350	200
Precipit. (mm)	1828	1170	1391	4272	1570	1502	1892
Latitud 09°44'24"	09°09'47"	09°21'22"	06°11'23"	09°34'12"	03°48'09"	05°25'30"	
Longitud	75°31'40"	75°03'09"	75°57'21"	74°59'49"	82°54'12"	75°11'54"	71°44'06"
Año fundación	1994	1993	1998	1989	1996	1991	1995
No. fundadores	40	12	15	11	3	14	5
Deriva	125	500	66	909	1000	500	600



**Tabla 2.** Significancia de la regresión del tamaño en función de factores externos e internos *R. pallescens*. Se presenta el valor de  $R^2$  y la significancia de la regresión lineal del tamaño en función de parámetros ecológicos y genéticos. El tamaño se midió como el centroide de tamaño (CTR) de las alas y cabezas y como el primer componente principal común (CPC-1). En una primera regresión (-) se consideró sólo el tamaño de machos y hembras pertenecientes a cinco localidades de *R. pallescens*. En un segundo análisis (+) se consideraron las localidades de *R. pallescens* más *R. prolixus*. El CTR de alas y cabezas de machos incluyó además de *R. prolixus* a *R. colombiensis*. Los RAPDs se calcularon como No. de bandas/localidad/iniciador de PCR. La deriva como el No. de años en el laboratorio dividido por el No. de fundadores de la colonia y el resultado multiplicado por 1000.  $R^2$  indica la proporción de variación total que es tomada en cuenta por el modelo de regresión.  $R^2 = 1$  si el modelo ajusta perfectamente. \*\*\*:  $p < 0.001$ , \*\*:  $p < 0.01$ , NS: no significativo.

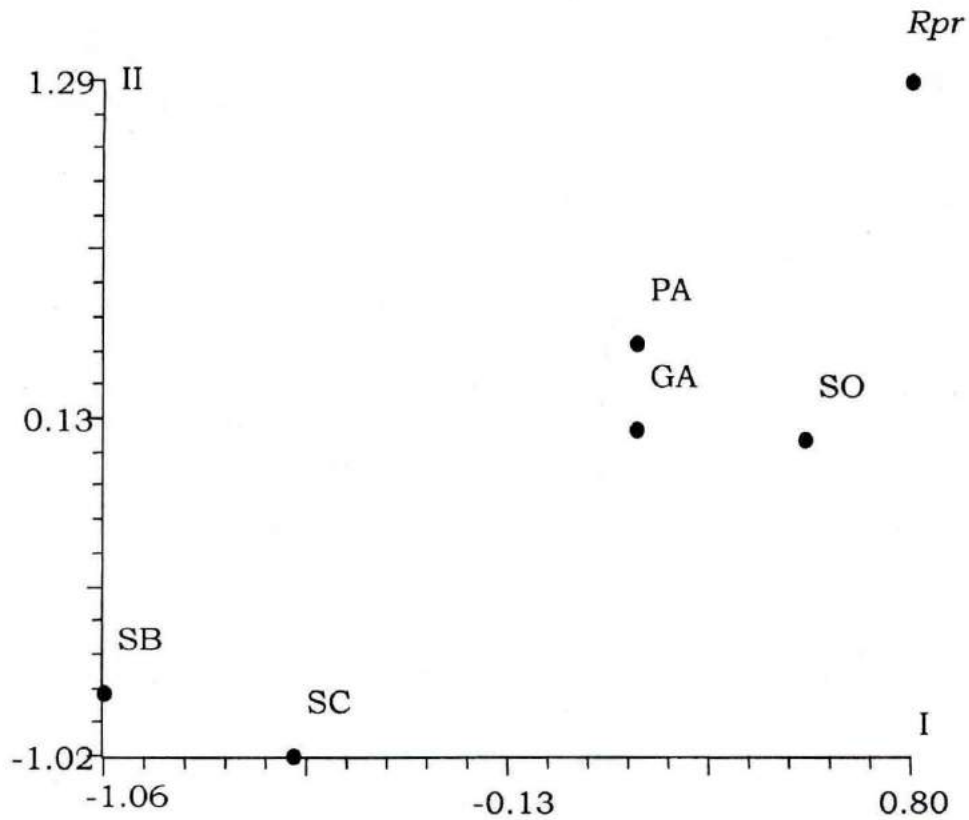
VAR.		CTR ALAS		CTR CABEZAS		CPC-1	
		machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras
Temp.	-	0.62***	0.46***	0.36***	0.36***	0.41***	0.41***
	+	0.25***	0.19***	0.37***	0.27***	0.18***	0.17***
Precipit.	-	0.42***	0.28***	0.33***	0.28***	0.38***	0.28***
	+	0.24***	0.17***	0.26***	0.26***	0.25***	0.22***
altitud	-	0.42***	0.26***	0.30***	0.29***	0.38***	0.32***
	+	0.19***	0.15***	0.36***	0.26***	0.24***	0.23***
latitud	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS
longitud	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RAPD	-	0.08**	0.06**	0.38***	0.37***	0.37***	0.31***
	+	0.24***	0.21***	0.42***	0.42***	0.26***	0.42***
No. fund	-	0.27***	0.20***	0.08**	0.11***	0.07**	0.12***
	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS
deriva	-	0.36***	0.25***	0.06**	0.06**	0.13***	0.09***
	+	0.11***	0.11***	0.03**	0.04**	0.05**	0.05**



**Figura 3.** Distribución de las localidades de *R. pallescens* a lo largo de las variables canónicas 1 (abscisa) y 2 (ordenada). Se graficó para cada localidad el centroide de las variables canónicas (CVs); con círculos alrededor de cada uno, los cuales corresponden a la región del 95% de confianza. Las CV 1 y 2 de las gráficas A y B se extrajeron de los componentes principales comunes, excepto el primero. Las CV-1 y 2 de las gráficas C y D derivaron de los componentes uniformes y no-uniformes de las cabezas y las de las gráficas E y F de componentes de igual tipo pero extraídos de las alas.



estrés = 0.04, Tipo de Regresión:



**Figura 4.** Análisis MDS (Nonmetric multidimensional scaling analysis), de los RAPDs las localidades de *R. pallescens*. El análisis MDS representa una relación lineal entre las distancias de las localidades en un espacio bidimensional (I, II) y las distancias euclidianas originales, las cuales se calcularon a partir de la frecuencia de bandas de RAPDs por localidad.





## SUCESIÓN DE INSECTOS CARROÑEROS EN CERDO BLANCO (*Sus scrofa*)

Marta Wolff<sup>1</sup>  
Alejandro Uribe<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

La Entomología Forense es la disciplina científica encargada de interpretar la información que suministran los insectos como testigos mudos de un deceso, en aquellos casos en los que los métodos de la patología clásica no se pueden utilizar (Vargas, J.F. y Méndez, M.; 1999).

La entomología forense está inexorablemente relacionada con los amplios campos de la entomología médica, la taxonomía y la patología forense (Catts, E.P. y Haskell, N.H., 1997), siendo utilizada principalmente para la determinación del tiempo o intervalo postmortem (PMI), el cual se basa en las tasas de desarrollo y en la ecología sucesional de insectos carroñeros. Pasadas 72 horas la entomología forense es usualmente el mejor método y en muchos casos el único, para determinar el PMI. Se usa para la detección de traslado del cuerpo de un sitio a otro, orientando en el posible sitio de muerte, ya que para determinadas zonas geográficas existe una diversidad de insectos relativamente definida. Especies que estén sobre un cuerpo putrefacto pero que no correspondan con las especies de la zona, pueden ser un buen indicador de que el cuerpo en cuestión fue transportado de un área a otra (Vargas, J.F. y Méndez, M., 1999; Shean, *et al.*, 1993; Catts, *et al.*, 1992). También en casos que involucran posibles muertes repentinas, accidentes de tránsito sin causas obvias y el abuso criminal por uso de drogas y envenenamiento. Las larvas que están consumiendo un cuerpo incorporan a sus tejidos restos de compuestos químicos (metabolitos) presentes en el individuo, como acelerantes, barbitúricos, cocaína, anfetaminas e incluso venenos. Estos tejidos pueden ser analizados para detectar esas sustancias; lo anterior toma importancia en aquellos casos en que el cuerpo se encuentra en avanzado estado de descomposición o cuando carece de sangre y no es posible realizar el análisis toxicológico de rutina (Leclercq, 1969, Anderson, *et al.*, 1996, Vargas, J.F. y Méndez, M., 1999).

Los insectos y otros invertebrados se alimentan de carroña en forma sucesional asociada con los diferentes estados de descomposición. El reconocimiento de las especies involucradas en sus diferentes estadios inmaduros en la sucesión, junto con un conocimiento de sus tasas de desarrollo, puede dar un indicio del tiempo de muerte. Como se observa en los estudios referenciados en Smith, (1986), en 1894 Megnin reporta

---

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. AA 1226. Medellín-Colombia. E-mail: mwoff@matematicas.udea.edu.co

8 periodos de actividad de la fauna cadavérica, también llamadas oleadas de insectos, Stefani en (1921), 6 oleadas, Fuller en (1934), 3 oleadas, Howeden (1950), 2 oleadas, Jirón & Cardín (1981), en su estudio con perros reportan 4 oleadas, Jhonson (1975), 4 oleadas en pequeños mamíferos, Rodríguez & Bass en (1983) con 4 oleadas, Utsumi en (1958) con perros y ratas describe 2 oleadas, Payne en (1965) habla de 6, Lord & Burger en (1984), 5 estadios y Bornemissza en (1957), con 5. En estudios más recientes se establecen 5 fases en el intervalo postmortem asociadas directamente a la actividad de los insectos (Ferllini, R 1994, Anderson, 1996, Moura, 1997)

Los artrópodos de cada especie tienen un desarrollo y comportamiento único, el cual es alterado por las variables climatológicas como temperatura y humedad. Otra variable por tomar en cuenta es el tipo de "invasión" que hacen en el cuerpo, ya que algunos persisten sin intervalos, mientras que otros se retiran y luego reaparecen. Es importante observar que no todos los invertebrados que se encuentran en un cadáver se están alimentando de él y se han reconocido cuatro categorías ecológicas en la comunidad carroñera: 1) especies necrófagas (constituyen la más importante categoría para establecer el tiempo de muerte), 2) depredadores y parásitos de las especies necrófagas, 3) especies omnívoras, y, 4) especies adventicias (utilizan el cadáver como una extensión de su ambiente). (Smith, K.G., 1986).

El estudio de la entomofauna asociada a cadáveres ha sido una herramienta sumamente eficaz para esclarecer numerosos casos de homicidios, abusos sexuales y tráfico de órganos (Anderson, 1997, Catts & Haskell, 1997, Benecke, 1999).

Es importante resaltar que a pesar de que por años la aplicación de la Entomología Forense fue fuertemente criticada, existe suficiente trabajo científico que comprueba que la técnica es completamente aplicable al medio tropical, brindando un gran aporte a los sistemas de administración de justicia de Latinoamérica (Vargas, J.F. y Méndez, M., 1999).

En una ciudad como Medellín, donde la estadística de muertes no resueltas por falta de estudios es muy alta y que cada vez está más cargada de violencia, resulta de gran interés el estudio y perfeccionamiento de las ciencias forenses. Por ello, es importante buscar nuevas alternativas que permitan esclarecer dichos crímenes. En vista de que la Entomología Forense ha entregado excelentes resultados en otros países del mundo, se debe dar un primer paso para adoptar su metodología, con el fin de establecer estrategias que sean herramientas útiles a los procesos legales.

El principal objetivo de este trabajo fue estudiar la entomofauna cadavérica del cerdo blanco (*Sus scrofa*) y sus períodos de actividad con relación a las fases de descomposición, además determinar el número de estas fases bajo condiciones naturales de temperatura y humedad en el área metropolitana del municipio de Medellín, y realizar una colección de referencia de este grupo de insectos como material de consulta. Los



cerdos son adecuados para este tipo de estudio porque se asemejan al ser humano, en cantidad de vello, tamaño del dorso y proceso de descomposición (Ferllini, 1994)

## **METODOLOGIA**

El presente estudio se realizó en el municipio de Medellín, en la zona bioclimática según Holdridge correspondiente a bosque húmedo premontano (bh-P), (IGAC, 1977), ubicado a 1450 m.s.n.m., la biotemperatura tiene como límites aproximados 18 a 24°C, con una media anual de 21°C y precipitación promedio 1409 mm (Espinal et al, 1985).

**Metodología de Campo.** Como modelo de trabajo se utilizó un cerdo de 17.6 Kg, (Shean & Messinger, 1993, Ferllini, 1994). El sacrificio se realizó a las 16:45, en el sitio de estudio el cual se encuentra ubicado en el área metropolitana de la ciudad, en un terreno sin un uso determinado y con muy poca vegetación. Al cerdo se le dieron dos impactos de bala calibre 38, desde una distancia aproximada de 3 m. El primer impacto en la cabeza y el segundo en el tórax. Inmediatamente, se colocó el cerdo en una jaula metálica de 61 x 50 x 39 cm, la cual permitía el acceso de los insectos al cadáver y a su vez impedía que éste fuera devorado por vertebrados carnívoros o carroñeros.

Se realizaron observaciones diarias por un período de 8 meses, colectándose los insectos adultos que volaban cerca del cadáver o se posaban en él, luego se tomaron muestras de estadios inmaduros (huevos y larvas) de orificios naturales (ojos, boca nariz, oídos, ano) y de las heridas cefálica y torácica. Luego se procedió a levantar la jaula y coleccionar los insectos presentes en la parte del cuerpo en contacto con el suelo y a una profundidad de hasta 10 cm. Una parte de los insectos inmaduros colectados fueron fijados en etanol al 70% y otra parte mantenidos vivos y criados hasta adultos, para la determinación de las especies.

**Metodología de Laboratorio.** Las larvas y huevos fueron mantenidos a las mismas condiciones de temperatura y humedad de donde fueron colectados, mantenidos en recipientes de boca ancha tapados con muselina y se les colocó como alimento carne cruda y luego de la eclosión de los adultos, se sacrificaron con acetato de etilo y se montaron con alfileres entomológicos para su posterior determinación taxonómica. Las larvas que se encontraban en etanol, fueron aclaradas y montadas en bálsamo de Canadá para su posterior determinación.

## **RESULTADOS**

En total fueron colectados 2130 individuos (tanto larvas como adultos) de 7 órdenes y 25 familias: Diptera (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Syrphidae), Hymenoptera (Vespididae, Apidae, Formicidae, Halictidae), Coleoptera (Staphylinidae, Histeridae, Carabidae, Dermestidae, Scarabaeidae, Silphidae, Cleridae, Nitidulidae), Hemiptera



(Gelascoridae y Coreidae), Dermaptera (Forficulidae), Lepidoptera (Hesperidae), Blataria (Blattidae) y otros artrópodos como Acarinae, Aracnidae y Diplopoda.

Según las categorías ecológicas de Smith (1996), la entomofauna hallada está ubicada de la siguiente forma: 1. Necrófagos: Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Silphidae, Dermestidae, Scarabaeidae, Formicidae. 2. Depredadores y parásitos: Syrphidae, Staphylinidae, Forficulidae, Gelastocoridae, Histeridae, Carabidae, Vespidae, Cleridae, Silphidae. 3. Omnívoros: Vespidae, Formicidae, Blattidae y algunos coleópteros. 4. Incidentales: Hesperidae, Coreidae, Passalidae, Nitidulidae, y Halictidae.

Con relación a las fases de descomposición y la sucesión de los insectos se observó que estaba dividida en 5, las cuales se diferencian según la temperatura corporal del cerdo y los cambios físicos que presentó en: fresco, hinchado, descomposición activa, descomposición avanzada y restos secos (Tabla 1).

En la fase de fresco (0-1 días), los primeros insectos fueron hormigas, las cuales llegaron pasados 15 minutos, atraídas específicamente a la sangre y a la región pélvica. Posteriormente pasados unos 30 minutos se presentaron las primeras moscas de las familias Sarcophagidae y Muscidae. En la fase de hinchamiento o período enfisematoso, el cual se dio entre los días 2-6, no hay olores asociados y se observaron los primeros huevos y larvas de Calliphoridae en los orificios naturales principalmente nariz y ojos, igualmente se encontraron de adultos de de Diptera e Hymenoptera, siendo los mas abundantes las familias Calliphoridae, Formicidae y Muscidae. En la descomposición activa (7-12 días), se presentaron fuertes olores de descomposición, se observaron las primeras pupas y se encontraron larvas de Calliphoridae en oídos, heridas cefálica y torácica, y en orden de abundancia adultos de Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Dermaptera, y Lepidoptera. En la fase de descomposición avanzada (13-50 días), la cual se caracteriza por la ausencia de olores, gran parte del tejido blando ha sido removido y se observan en gran cantidad larvas de Dermestidae, seguidas por algunas de Calliphoridae, Muscidae y Tenebrionidae. En la ultima fase de restos secos (51-210 días) se encontró principalmente: Formicidae, Dermestidae, Forficulidae, Cleridae, Staphylinidae, Histeridae, Muscidae, Scarabaeidae, Silphidae, Sarcophagidae, Apidae, Vespidae, Blattidae (Tabla 1).

**Tabla N° 1: Familias de Insectos colectados por períodos de descomposición.**

Estado Descomp.	Orden	Familia/Subflia	Temp. (°C)	Inmaduros	Adultos		
Fresco (0-1d)	Diptera	Muscidae	28		X		
		Sarcophagidae			X		
Hinchado (2-6d)	Diptera	Formicidae/Myrmicinae	28-29.5		X		
		Muscidae			X		
		Sarcophagidae		X	X		
	Hymenoptera	Calliphoridae		X	X		
		Vespidae			X		
		Apidae			X		
		Formicidae/Myrmicinae			X		
Activa (7-12d)	Diptera	Muscidae	21-24		X		
		Calliphoridae		X	X		
		Sarcophagidae		X	X		
	Hymenoptera	Syrphidae			X		
		Tephritidae			X		
		Apidae			X		
		Formicidae			X		
		Vespidae			X		
		Coleoptera		Silphidae		X	
				Histeridae		X	
	Staphylinidae				X		
	Avanzada (13-50d)	Dermaptera		Forficulidae			X
				Lepidoptera	Hesperidae		X
Diptera		Muscidae		X	X		
		Calliphoridae	25-32	X	X		
		Sarcophagidae			X		
Coleoptera		Syrphidae			X		
		Tephritidae			X		
		Dermestidae		X	X		
		Histeridae			X		
		Scarabaeidae			X		
		Staphylinidae			X		
		Cleridae		X	X		
		Silphidae			X		
		Passalidae			X		
		Nitidulidae			X		
		Passalidae			X		
		Hymenoptera	Apidae			X	
Vespidae				X			
Formicidae				X			
Halictidae				X			
Coreidae				X			
Gelastocoridae			X	X			
Forficulidae				X			
Restos (51-210d)	Dermaptera	Forficulidae			X		
		Diptera	Muscidae		X		
	Coleoptera	Sarcophagidae	25°C		X		
		Tephritidae			X		
		Dermestidae		X	X		
		Histeridae		X	X		
		Scarabaeidae		X			
		Silphidae		X			
		Staphylinidae			X		
		Cleridae		X	X		
Hymenoptera	Apidae			X			
	Formicidae/Myrmicinae			X			
	Ponerinae			X			
	Vespidae			X			
Dermaptera	Forficulidae		X	X			
	Blattaria	Blattidae			X		



## DISCUSION

El proceso completo de la descomposición duró en total 225 días, a diferencia de lo reportado por Anderson en 1996, quien utilizando el mismo modelo en época de verano en Hawai, completó 270 días, considerando la similitud en el peso de los cerdos utilizados en ambas investigaciones (Anderson 22 Kg y 17.6 Kg en este trabajo). El tipo de cadáver y el tamaño pueden causar efectos en la tasa de descomposición y en la sucesión de insectos (Anderson, 1996).

Se discriminaron 5 fases en la descomposición: Fresco (0-1 día); hinchado (2-6 días); descomposición activa (7-12 días); descomposición avanzada (13-50 días); restos secos (51-225 días).

A los 20 minutos del sacrificio comienzan a llegar moscas de las familias Muscidae y Sarcophagidae, las cuales permanecen hasta el final de la descomposición, Calliphoridae llega a las 24 horas del sacrificio y es la primera en realizar posturas en el cadáver. La familia Calliphoridae parece ser la principal devoradora de tejidos blandos, húmedos y con poco grado de descomposición. Al igual que en lo reportado por Anderson (1996) y por Megnin (1894), los primeros insectos que colocaron sus huevos en el cadáver fueron moscas del genero *Lucilia* (Calliphoridae). En la fase activa se destaca la gran abundancia de adultos de dípteros de Muscidae(53) y Calliphoridae(28) y larvas de este ultimo, también empiezan a llegar depredadores principalmente Vespidae(13) y Staphylinidae(7) y algunos pocos ejemplares de Silphidae(2), Histeridae(2), Forficulidae, atraídos por la disponibilidad de larvas de Diptera.

La descomposición avanzada se caracterizó por aspectos como un mayor periodo de descomposición (37 días), un gran número de Muscidae (220) seguida por Sarcophagidae(95) y Calliphoridae(61); con relación a los coleópteros se encuentra la mayor diversidad y se destaca por el numero de ejemplares colectados en orden descendente Staphylinidae(81), Dermestidae(54) (larvas y adultos), Histeridae (14), Cleridae(8) y Silphidae(5), además de una alta población de Forficulidae (63) y la presencia de familias incidentales). En restos secos toma importancia Dermestidae en cuanto a la cantidad de individuos (195), seguida por Cleridae (80) tanto larvas como adultos, de lo anterior se puede deducir que las larvas de estas familias se alimentan de tejidos de consistencia dura y/o con muy escasa humedad (piel y cartílagos posiblemente). En restos secos no hay insectos incidentales y se destaca la presencia de un omnívoro (Blattidae), y la mayoría de coleópteros continúan.

El grupo de insectos carroñeros más abundante en la descomposición del cadáver lo constituyó el orden Diptera, seguido por Coleoptera e Hymenoptera. Las familias más abundantes en la descomposición del cadáver y, por ende, los grupos de carroñeros de mayor importancia ecológica son, en su orden: Formicidae ; Muscidae; Sarcophagidae; Calliphoridae y Dermestidae .



La familia Forficulidae y las larvas de Dermestidae, se pueden considerar un indicador de que el cadáver se encuentra en uno de los dos últimos períodos de descomposición (Avanzada y/o Restos), mientras que Calliphoridae (Diptera), nos indica una descomposición temprana (período de descomposición Hinchado y/o Activa). Por su parte la familia Sarcophagidae (Diptera) indica una descomposición intermedia (Activa y/o Avanzada). El género Eulaema (Hymenoptera: Apidae) solamente se observó en descomposición Activa, por lo cual se puede considerar como un bioindicador de este período. Por otro lado, el género Partamona (Hymenoptera: Apidae) puede ser indicador de descomposición Activa y/o Avanzada.

Se colectaron adultos de las familias Sarcophagidae, Muscidae y Formicidae, durante todo el proceso de descomposición, lo cual muestra la importancia de estos grupos como carroñeros, ya sea para su reproducción o alimentación; en relación a los estados inmaduros de estos es importante resaltar las larvas de los dos primeros como indicadores de tiempo postmortem (PMI), ya que estas se empiezan a encontrar cuando el cuerpo esta tornándose con livideces y ya hay descomposición. En relación a familias Gelastocoridae y Coreidae (Hemiptera), y Hesperidae (Lepidoptera), estas hacen parte de la entomofauna local y son utilizados para determinar si se presentó traslado de un cadáver de una localidad a otra.

Con relación a la temperatura, se observó una marcada relación entre ésta y las fases de descomposición: En el período fresco hay una disminución en la temperatura, que coincide con el *rigor mortis*, posteriormente, en la fase de hinchamiento, se observó un incremento (valores) que puede estar relacionado con la acumulación de gases generados por la actividad metabólica de las bacterias. En la fase activa se vuelve a observar una disminución en la temperatura corporal, la cual coincide con la salida de gases que se produce cuando el cadáver se revienta. A esto le sigue un pequeño aumento que posiblemente, puede estar relacionado con la gran actividad larval que se presentó en la fase de descomposición activa. En la fase de descomposición avanzada y en la de restos secos el comportamiento de la temperatura corporal es muy similar al de la temperatura ambiental, siendo esta última menor casi todo el tiempo.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se pudo observar una clara sucesión de insectos tanto de carácter netamente carroñero, como incidentales. Esta sucesión se ve marcada por dos grupos principales; los Diptera y los Coleoptera. Los Diptera marcan una primera oleada de necrófagos y son los primeros en hacer posturas y de quienes se observan las primeras larvas, luego se da inicio a una segunda oleada de depredadores representada por Himenopteros, luego una tercera oleada también de depredadores pero mas eficiente con una importante densidad de coleópteros y algunos insectos incidentales, para finalizar con una cuarta oleada de carroñeros, representada por inmaduros de varias familias de coleópteros y dermapteros.

El estudio de la entomofauna asociada a un cadáver, la determinación del estado de desarrollo biológico, la definición de la fase de descomposición, la determinación de los grupos taxonómicos y la relación con los cambios de temperatura, son elementos que aunados a la comprensión de una situación global proporcionan elementos valiosos en el acercamiento a la disciplina de la entomología forense en nuestro país.

## AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Antioquia y al Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) por la financiación de este estudio.

## BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, Gail and VANLAERHOVEN, SHERAH L. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 41, No. 4, 1996.

ANDERSON, GAIL S. The use of insects to determine time of decapitation: a case-study from British Columbia. *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 42, No.5. 1997.

BENECKE, M. Six forensic entomology cases: description and commentary. *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol.43, No.4. July, 1998.

BORROR, Donald *et al.* Study of insects. 6ed. Orlando (Florida): College Publishing, 1989.

BYRNE, Alexis L. *et al.* Forensic implications of biochemical differences among geographic populations of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 40, No.3. 1995.

CATTS, E.P and GOFF, M.L. Forensic entomology in criminal investigations. *En: Annual Review of Entomology*. Vol. 37. 1992.

CATTS, E.P and HASKELL, N.H. Entomology and death: a procedural guide. Clemson: Joyce's Print Shop, 1997. 182 p.

CHRISTOPHERSON, Colleen and GIBO, David. Foraging by food deprived larvae of *Neobellieria bullata* (Diptera: Sarcophagidae). *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 42, No.1. 1997.

ESPINAL, LS. Geografía ecológica del departamento de Antioquia (zonas de vida, formaciones vegetales). *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Vol. 38, No.1. 1985.

FERLLINI TIMMS, R. Determinación del tiempo de muerte en cadáveres putrefactos, momificados y saponificados. *En: Medicina Legal de Costa Rica*. Vol. 10, No.2. 1994.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Zonas de vida o formación vegetal de Colombia. Explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, 1977.



LEE GOFF, M. *et al.* Effects of 3,4-Methylenedioxymethamphetamine in decomposing tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and detection of the drug in postmortem blood, liver tissue, larvae and puparia. *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 42, No.2. 1997.

Mc ALPINE, J.F. *et al.* Manual of Nearctic Diptera (Monograph/Agriculture Canada; 27-28). Ottawa: Minister of Supply and Services Canada, 1993.

MOURA, M.O *et al.* A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Parana. *En: Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. Vol. 92, No.2. 1997.

SHEAN, B.S.; MESSINGER, L. and PAPWORTH, M. Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in Coastal Washington State. *En: Journal of Forensic Sciences*. Vol. 38, No.4. 1993.

SMITH, K.G.V. A manual of forensic entomology. London: Trustees of the British Museum (Natural History), 1986. 205 p.

STEHR, F.W. Immature insects. Dubuque (Iowa): Kendall/Hunt Publishing, 1991.

VARGAS ALVARADO, E. Medicina forense y deontología médica. México: Trillas, 1991. 1064 p.

VARGAS, J.F y MENDEZ, M. Sección de biología. Laboratorio de Ciencias Forenses. Poder Judicial, San José, Costa Rica. file ://A|/Entforense.htm





**SIMPOSIO**  
**AVANCES EN EL MANEJO**  
**DE PLAGAS EN YUCA**





# LAS PLAGAS PRINCIPALES DEL CULTIVO DE LA YUCA: UN PANORAMA GLOBAL

Anthony C. Bellotti<sup>1</sup>

## 1. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una de las principales fuentes energéticas para millones de personas que viven en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. En los últimos 26 años varias organizaciones internacionales como CIAT, IITA (Nigeria), CATIE (Costa Rica) y programas nacionales de investigación en América Latina (ej.: Colombia, Brasil, Cuba), Africa (ej.: Camerún, Nigeria, Uganda) y Asia (ej.: India, Indonesia, China, Tailandia) han realizado considerables esfuerzos investigativos sobre el cultivo y el complejo de plagas asociadas (Bellotti *et. al.*, 1999).

Durante este período el Programa de Entomología de Yuca del CIAT ha dedicado una gran parte de sus esfuerzos al estudio de las plagas que afectan a la yuca, especialmente las que causan daño económico, con el fin de diseñar un programa de manejo integrado que reduzca los daños que cíclicamente causan pérdidas en el cultivo. Estamos, en el CIAT, dirigiendo nuestras investigaciones principalmente hacia la resistencia varietal y el control biológico y este trabajo requiere de un esfuerzo continuo.

Los avances en la información científica y las experiencias con las tecnologías de control de plagas en el campo, son considerables y nos permiten recomendar un programa de manejo integrado de las plagas de la yuca, viable para los agricultores.

## 2. COMPLEJO DE ARTRÓPODOS PLAGA EN YUCA

La yuca (Euphorbiaceae: *Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto perenne, que crece comercialmente con un ciclo de 1 ó 2 años, se encuentra en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Este es un cultivo de propagación vegetativa, con un ciclo de cultivo largo y con alta tolerancia a la sequía. Regularmente se siembra con otros cultivos (intercultivos), y en ciclos de cultivo escalonados, éste usualmente está presente en campos de agricultores. Estas características agronómicas contribuyen sin duda a la diversidad de artrópodos plaga que se alimentan de este cultivo.

El cultivo de la yuca es originario del Neotrópico, sin embargo, su lugar exacto de origen es un tema discutible (Renvoize, 1973; Allem, 1994); consecuentemente, la gran diversidad de artrópodos registrados atacando el cultivo en las Américas (Tabla 1) (Bellotti *et. al.*, 1994). Se han encontrado aproximadamente 200 especies (Bellotti y Van

---

<sup>1</sup> Entomólogo, Líder, Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Proyecto Yuca, CIAT. A.A. 6713 - Cali, Colombia. e-mail: A.Bellotti@cgiar.org

Schoonhoven, 1978a, b), muchas de las cuales son específicas de yuca y están adaptadas de forma variable a defensas bioquímicas naturales que incluyen componentes laticíferos y cianogénicos (Bellotti y Riis, 1994). La gran variedad del complejo de plagas sobre la amplia área del cultivo sembrada, indican los cuidados que se deben tener en las medidas cuarentenarias, para prever la introducción de plagas en áreas libres de esta infestación (Frison y Feliu, 1991). La accidental introducción del ácaro verde de la yuca (*Mononychellus tanajoa* Bondar - AVY) y del piojo harinoso (*Phenacoccus manihoti* Mat. Ferr.) desde las Américas hasta África, han causado considerables pérdidas a través del cinturón yuquero y ha sido objeto de un masivo esfuerzo con control biológico (Herren y Neuenschwander, 1991; Neuenschwander, 1994a). En Asia ninguna de las principales plagas de yuca se han establecido y las plagas de artrópodos que se encuentran no se han detectado causando serias pérdidas en rendimiento (Maddison, 1979).

Exploraciones recientes hechas en cultivos de yuca en el Neotrópico indican que el complejo plaga de artrópodos no es geográficamente uniforme. Esta evidencia sugiere que el piojo harinoso *P. herreni*, el cual ha causado daños considerables en el Nordeste del Brasil, fue probablemente introducido del Norte de Suramérica (Venezuela o Colombia), donde las poblaciones del piojo son controlados por enemigos naturales que no se encuentran en Brasil (Bellotti *et. al.*, 1994; Smith y Bellotti, 1996). *P. manihoti*, el cual causa serios daños en África, se encontró sólo en Paraguay, en las áreas de Mato Grosso en Brasil y de Santa Cruz en Bolivia (Lohr y Varela, 1990).

Estudios hechos con AVY han demostrado el alto grado de polimorfismo y un gran complejo de especies de *Mononychellus* en el norte de Suramérica, a diferencia del Neotrópico (Bellotti *et. al.*, 1994). Esta diversidad está asociada con la gran riqueza de especies de fitoseidos, que controlan *Mononychellus spp.* en yuca (Bellotti *et. al.*, 1987; 1999). El complejo de plagas en yuca se puede dividir en dos grupos:

- Los que aparecen para hacer coevolución con el cultivo; donde la yuca es el principal o único hospedero.
- Los generalistas que pueden atacar el cultivo de forma oportunista, especialmente en períodos de sequía, donde la única fuente de alimento disponible es la yuca.

El primer grupo incluye el complejo de ácaros *Mononychellus*, piojo harinoso (*P. herreni* y *P. manihoti*), el gusano cachón (*Erinnys ello*), chinche de encaje (*Vatiga illudens*, *V. manihotae*, *Amblystira machalana*), moscas blancas (*Aleurotrachelus socialis* y *Aleurothrixus aepim*), barrenador del tallo (*Chilomima clarkei* y algunos del género *Coelosternus*), mosca de la fruta (*Anastrepha pickeli* y *A. manihoti*), mosca del cogollo (*Neosilba perezii*), escamas (*Aonidomytilus albus*), trips (*Frankliniella williamsi* y *Scirtothrips manihoti*) y las agallas (*Jatrophobia brasiliensis*) (Bellotti *et. al.*, 1999).



Dentro de los generalistas se encuentran principalmente chizas (*Phyllophaga spp.* y algunas otras), termitas, langostas, gusanos cortadores, hormigas cortadoras de hojas, chinche subterráneo (*Cyrtomenus bergi*), grillos, especies del género *Tetranychus* y el barrenador del tallo (*Lagochirus spp.*) (Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a; Bellotti *et. al.*, 1999).

**Tabla 1.** Distribución global de las plagas artrópodos de importancia en la yuca.

Plaga	Especies Principales	Américas	Africa	Asia
Acaros	<i>Mononychellus tanajoa</i>	X	X	
	<i>Tetranychus urticae</i>	X		X
Piojos harinosos	<i>Phenacoccus manihoti</i>	X	X	
	<i>P. herreni</i>	X		
Moscas blancas	<i>Aleurotrachelus socialis</i>	X		
	<i>Aleurodicus dispersus</i>		X	
	<i>Aleurothrixus aepin</i>	X		
	<i>Bemisia tabaci</i>	X	X	X
Gusano cachón	<i>B. afer</i>		X	
	<i>Erinnyis ello</i>	X		
Chinche de encaje	<i>E. alope</i>	X		
	<i>Vatiga illudens</i>	X		
Chinche subterráneo	<i>V. manihotae</i>	X		
	<i>Cyrtomenus bergi</i>	X		
Trips	<i>Frankliniella williamsi</i>	X	X	
	<i>Scirtothrips manihoti</i>	X		
Insectos escamas	<i>Aonidomytilus albus</i>	X	X	X
Mosca de la fruta	<i>Anastrepha pickeli</i>	X		
	<i>A. manihoti</i>	X		
Mosca del cogollo	<i>Neosilba perezii</i>	X		
	<i>Silba pendula</i>	X		
Mosca de las agallas	<i>Jatrophia (Eudiplosis) brasiliensis</i>	X		
Chizas o mojoyoy	<i>Leucopholis rorida</i>	X	X	X
	<i>Phyllophaga spp.</i>	X	X	X
	Otras	X	X	X
Comejenes	<i>Coptotermes spp.</i>	X	X	X
	<i>Heterotermes tenuis</i>	X		
Barrenadores del tallo	<i>Chilomima spp.</i>	X		
	<i>Coelostermus spp.</i>	X		
	<i>Lagochirus spp.</i>	X	X	X
Hormigas cortadoras de hojas	<i>Atta spp.</i>	X		
	<i>Acromyrmex spp.</i>	X		
Piojos harinosos de las raíces	<i>Pseudococcus mandioca</i>	X		
	<i>Stictococcus vayssierei</i>		X	
Saltahojas	<i>Zonocerus elegans</i>	X	X	
	<i>Z. variegatus</i>	X	X	



Algunas de las especies encontradas en el Neotrópico como el gusano cachón de la yuca, algunos ácaros plaga, el chinche de encaje, moscas blancas y barrenadores del tallo, podrían causar potencialmente pérdidas en el cultivo, si son introducidas accidentalmente en áreas donde se encuentra el cultivo. Además, las consideradas como plagas de poca importancia en el Neotrópico (ej.: el piojo harinoso *P. manihoti* el cual sólo se ha encontrado en límites de los sitios mencionados), podrían convertirse en plagas de importancia, si son introducidas en sitios donde los enemigos naturales nativos y/o adaptados y el germoplasma resistente a estas plagas no está disponible. *P. manihoti* no se ha diseminado en otras regiones, sin embargo, esto no es evidencia de que existan barreras naturales para prevenir este movimiento, especialmente en Brasil, donde el cultivo crece extensivamente a través de gran parte del país. La cordillera de los Andes, al occidente de Suramérica, está indudablemente afectando la diseminación de las plagas de yuca, sin embargo, esto no está bien documentado. Por ejemplo, el lepidóptero barrenador del tallo *C. clarkei*, el cual posee una gran capacidad de vuelo y se encuentra disperso a través de muchas regiones de Colombia y Venezuela, no ha sido registrado en el extremo occidental de la cordillera de los Andes pero sí en Argentina (B. Lohr, Comunicación Personal).

## 2.1 DAÑO Y PÉRDIDAS EN RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Los daños en el cultivo de la yuca, son usualmente indirectos debido a que la mayoría de artrópodos plaga se alimentan de las hojas o las estacas, reduciendo el área foliar, longevidad y porcentaje de fotosíntesis. Estudios de campo indican que plagas que atacan el cultivo en períodos prolongados (3-6 meses) -como ácaros, piojo harinoso, trips, moscas blancas y chinche de encaje- pueden causar severas reducciones en el rendimiento de las raíces, como resultado de la alimentación de los fluidos celulares de las hojas y la consecuente reducción fotosintética (Tabla 2). Muchos ataques pueden inducir a una caída prematura de las hojas y muerte del meristema apical. El potencial para la reducción del rendimiento por estas plagas es mayor que las plagas cíclicas, como para el gusano cachón de la yuca y las hormigas cortadoras de hojas, las cuales causan defoliaciones esporádicas; sin embargo, estas plagas tan visibles, usualmente, provocan que los agricultores hagan aplicaciones de insecticidas (Braun *et. al.*, 1993).

El chinche subterráneo (*C. bergi*; Hemiptera: Cydnidae) es una de las pocas plagas que dañan directamente las raíces de la yuca. La penetración del estilete en la raíz durante la alimentación permite la penetración de hongos patógenos que reducen el rendimiento y la calidad de las raíces (García y Bellotti, 1980). Larvas, ciempiés y termitas, ocasionalmente, son registradas alimentándose de las raíces; sin embargo, estos también pueden ser plagas secundarias que causan daño y pérdidas en las raíces.

**Tabla 2.** Pérdidas en rendimiento de las plagas principales de la yuca.

Plaga	Pérdidas en Rendimiento	Referencias
Gusano cachón ( <i>Erinnyis ello</i> )	En campos de agricultores, ataques naturales resultaron en pérdidas de 18%; estudios con daños simulados resultaron en pérdidas de 0-64%, dependiendo del número de ataques, edad de la planta y fertilidad del suelo.	Arias y Bellotti, 1984; Bellotti <i>et. al.</i> , 1992
Acaros ( <i>Mononychellus tanajoa</i> )	21, 25 y 53% pérdida de rendimiento con ataques de duración de 3, 4 y 6 meses; 73% para cultivares susceptibles vs. 15% para cultivares resistentes; 13-80% en Africa.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1983b; Byrne <i>et. al.</i> , 1982; Herren y Neuenschwander, 1991
Moscas blancas ( <i>Aleurotrachelus socialis</i> )	1-, 6-, 11-meses de duración de ataque resultó en 5,42 y 79% de pérdidas en ensayos de campo en Tolima, Colombia.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1983b; 1999; Vargas y Bellotti, 1981
Piojos harinosos ( <i>Phenacoccus herreni</i> , <i>P. manihoti</i> )	68-88% dependiendo de la susceptibilidad del cultivar (en Colombia); hasta 80% registrado por agricultores en Brasil. En Africa pérdidas de $\pm$ 80% son reportadas.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1999; Vargas y Bellotti, 1984; Herren y Neuenschwander, 1991
Chinche subterráneo ( <i>Cyrtomenus bergi</i> )	Lesiones pardo oscuras a negro hacen las raíces inaceptables comercialmente; > 50% de reducción en contenido de almidón de las raíces.	Arias y Bellotti, 1985; Bellotti <i>et. al.</i> , 1999
Chinche de encaje ( <i>Vatiga manihoti</i> , <i>Amblystira machalana</i> )	Ensayos de campo con <i>A. machalana</i> y <i>V. manihoti</i> resultaron en pérdidas en rendimiento de 39%.	CIAT, 1990
Barrenadores del tallo ( <i>Chilomima clarkii</i> )	En Colombia las pérdidas en rendimiento de las raíces son 45 a 62% cuando el número de tallos partidos es superior al 35%.	Lohr, 1983
Trips ( <i>Frankliniella williamsi</i> y <i>Scirtothrips manihoti</i> )	En cultivares susceptibles (sin pubescencia en las yemas y hojas apicales) se baja el rendimiento de 17 a 25%.	Van Schoonhoven, 1974; Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b

En general, los artrópodos plaga son más dañinos para el cultivo durante las estaciones secas, que en áreas con estaciones de lluvia marcadas (Bellotti *et. al.*, 1999). La planta de yuca está bien adaptada a largos períodos de sequía, respondiendo a cortas épocas de lluvias, reduciendo la evapotranspiración de las hojas, cerrando los estomas parcialmente, con lo cual, incrementa eficientemente el uso del agua (Cock, *et. al.*, 1985; El-Sharkawy,



1992). En plantas con estrés hídrico, tanto, la acelerada caída de las hojas viejas y la pronunciada pérdida de su actividad fotosintética, permite que las hojas jóvenes jueguen un papel clave en la obtención del carbono para la planta. Debido a que la plaga tiene preferencia por hojas jóvenes de la parte apical, estaciones secas tienden a causar grandes pérdidas de rendimiento en la yuca. Una vez el cultivo entra a un ciclo húmedo (lluvia o irrigación), rebrotan hojas nuevas en la parte apical, aumentando el porcentaje fotosintético, lo que representa un potencial para recuperarse y compensar las pérdidas de rendimiento que se produjeron en la estación seca y por el ataque de la plaga (El-Sharkawy, 1993).

### 3. ACAROS PLAGA DE LA YUCA

Los ácaros son una plaga universal de la yuca, causando serias pérdidas en campos de las Américas y Africa (Herren y Neuenschwander, 1991; Bellotti *et. al.*, 1999). Hay más de 40 especies reportadas alimentándose en yuca (Byrne *et. al.*, 1983), siendo la más frecuente *Mononychellus tanajoa* (sin.: *M. progresivus*), *M. caribbeanae*, *Tetranychus cinnabarinus*, y *T. urticae* (registrado también como *T. bimaculatus* y *T. telarius*). El cultivo de la yuca es el mayor hospedero para el complejo de especies de *Mononychellus*, mientras que, el complejo de especies de *Tetranychus* tiene un amplio rango de hospederos. Otras especies de ácaros (ej.: *Oligonychus peruvianus*, *O. biharensis*, *Eutetranychus banksi* y *M. mcgregori*) de poca importancia económica, se alimentan de yuca sólo esporádicamente (Byrne *et. al.*, 1983).

El ácaro verde de la yuca (AVY), la especie más importante, ha sido registrada causando pérdidas en cultivos en las Américas y Africa (Herren y Neuenschwander, 1991; Bellotti *et. al.*, 1999), especialmente en regiones de estaciones secas en trópicos bajos (Yaninek y Animashaun, 1987; Braun *et. al.*, 1989). En ensayos de campo con cultivos jóvenes se observó una reducción de 21, 25 y 53% durante 3, 4 y 6 meses de ataque, respectivamente (Bellotti *et. al.*, 1983b). Bajo condiciones de campo con altas poblaciones del ácaro, hubo un 15% de reducción con material resistente vs. 73% o menos de pérdidas en material susceptible y el 67% del material usado para siembra (estacas) resultó afectado (Byrne *et. al.*, 1982; 1983).

Nativo del Neotrópico, *M. tanajoa* fue originalmente encontrado en el Nordeste de Brasil en 1938. Apareció por primera vez en Africa (Uganda) en 1971 y en 1985 se dispersó por todo el cinturón yuquero, en 27 países (Yaninek, 1988) causando pérdidas en campo entre 13-80% (Yaninek y Herren, 1988; Herren y Neuenschwander, 1991; Skovgard *et. al.*, 1993).

Las poblaciones del AVY se alimentan preferencialmente en el envés de las hojas más jóvenes (cogollos), las cuales desarrollan un apariencia moteada, bronceada en forma de mosaico deformándose, con puntos cloróticos (blanquecinos hasta amarillos) y pueden



llegar a reducir su tamaño (Byrne *et. al.*, 1983). El AVY es un serio problema sólo en regiones secas, donde altas poblaciones causan defoliación, comenzando en la parte apical de la planta, frecuentemente matando el cogollo. Puede ocurrir rebrote; pero si las lluvias son escasas, este nuevo brote de hojas podría ser atacado (Yaninek y Animashaun, 1987).

Las investigaciones sobre el control de *M. tanajoa* se han llevado a cabo teniendo en cuenta dos principales caminos: la resistencia de la planta hospedero (RPH) y el control biológico (Tabla 3). Estas dos estrategias complementarias ayudan a la reducción de las poblaciones del AVY bajando su nivel de daño económico. El uso continuo de acaricidas no es una opción económica para agricultores de bajos ingresos; además, su uso no es recomendado por los efectos adversos hacia los enemigos naturales. (Ver los siguientes artículos para informaciones adicionales sobre la resistencia varietal y el control biológico).

#### 4. PIOJOS HARINOSOS DE LA YUCA

Más de 15 especies de piojo harinoso han sido encontradas alimentándose sobre plantas de yuca en Africa y Suramérica. *Phenacoccus herreni*, *P. manihoti*, *P. maderensis*, *Ferrisia vigata* y *Pseudococcus mandio* están en las Américas (Bellotti *et. al.*, 1983a; Williams y Granara, 1992). Solamente *P. herreni* y *P. manihoti* son de origen tropical e importantes económicamente. *P. manihoti*, fue introducido inadvertidamente a Africa a comienzos de los años 70, diseminándose rápidamente y causando pérdidas considerables en rendimiento. Esto ha sido objeto del desarrollo de un programa exitoso de control biológico (Herren y Neuenschwander, 1991).

En las Américas *P. manihoti* se encuentra en Paraguay, ciertas áreas de Bolivia y en el estado de Mato Grosso en el Brasil, sin causar ningún daño económico (Lohr y Varela, 1990).

*P. herreni* está distribuido a través del Norte de Suramérica y al Nordeste del Brasil, donde altas poblaciones pueden causar pérdidas considerables (Tabla 2). El daño causado por ambas especies es similar: la alimentación de las ninfas y los adultos causan amarillamiento, encrespamiento en las hojas, y formación de roseta en los puntos de crecimiento. Altas poblaciones causan necrosis, defoliación, distorsión del tallo y muerte de los cogollos. Reducciones en la tasa fotosintética, transpiración y eficiencia del mesófilo, junto con incrementos moderados en el déficit de presión de agua, CO<sub>2</sub> interno y la temperatura de la hoja fueron hallados en plantas infestadas (CIAT, 1992).

**Tabla 3.** Opciones para controlar las plagas principales de la yuca.

<b>Plaga</b>	<b>Opciones de Control</b>	<b>Referencias</b>
Gusano cachón	<b>Control Biológico:</b> Plaguicida de baculovirus; monitoreo de poblaciones de adultos con trampas de luz y conteo de huevos en el campo.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1992; 1999; Braun <i>et. al.</i> , 1993; Schmitt, 1988
Acaros	<b>RPH:</b> Niveles moderados de resistencia disponible en clones de yuca; es necesario un programa efectivo para incorporar la resistencia en cultivares comerciales.  <b>Control Biológico:</b> Está disponible un complejo grande de predadores Phytoseiidae que puede reducir las poblaciones de ácaros; entomopatógenos ( <i>Neozygites</i> ) y virus identificados y evaluados.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1994; Braun <i>et. al.</i> , 1989; Byrne <i>et. al.</i> , 1982; 1983; CIAT, 1999  Bellotti <i>et. al.</i> , 1999; Yaninek <i>et. al.</i> , 1991
Mosca blanca	<b>RPH:</b> Existen clones e híbridos con alto nivel de resistencia.  <b>Control Biológico:</b> Enemigos, especialmente parasitoides, se han identificado y se están evaluando. Algunos entomopatógenos muestran posibilidades para su control.	Arias, 1995; Bellotti <i>et. al.</i> , 1994; 1999; Castillo, 1996; CIAT, 1999
Piojos harinosos	<b>RPH:</b> Resistencia adecuada no se ha encontrado en germoplasma de <i>M. esculenta</i> . Algunas especies de <i>Manihot</i> silvestres muestran un potencial para resistencia.  <b>Control Biológico:</b> Tres parasitoides ( <i>Acerophagus coccois</i> , <i>Aenasius vexans</i> y <i>Apoanagyrus diversicornis</i> ) producen buen control.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1999; Van Driesche <i>et. al.</i> , 1990; Bento <i>et. al.</i> , 1999
<i>P. manihoti</i>	El parasitoide <i>Apoanagyrus lopezi</i> produce muy buen control en la mayoría de zonas yuqueras de Africa.	Herren y Neuenschwander, 1991; Neuenschwander, 1994a
Trips	<b>RPH:</b> Cultivares pubescentes contienen muy buena resistencia y son disponibles a los agricultores.	Bellotti y Kawano, 1980; Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b
Chinche Subterráneo ( <i>C. bergi</i> )	Los cultivares con alto contenido de HCN en las raíces presentan menos daño. Enemigos naturales tales como hongos entomopatógenos y nemátodos entomopatógenos han dado resultados promisorios. La yuca intercalada con <i>Crotalaria</i> reduce el daño.	Barberena y Bellotti, 1998; Bellotti y Riis, 1994; Bellotti <i>et. al.</i> , 1999; Caicedo y Bellotti, 1994; Riis, 1997
Barrenadores de los tallos ( <i>C. clarkei</i> )	<b>Prácticas Culturales:</b> Mantienen los campos limpios y destruye tallos infestados. RPH está bajo investigación. Posible uso de plantas transgénicas (Bt) está siendo investigado.	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Gold <i>et. al.</i> , 1990; Lohr, 1983
Chinche de encaje	Las investigaciones con RPH dan resultados promisorios. Se han identificado enemigos naturales pero faltan investigaciones sobre su eficiencia.	Bellotti <i>et. al.</i> , 1987; 1999; Calvacante y Ciociola, 1993; CIAT, 1990; Farias, 1985.

**RPH:** Resistencia Planta Hospedera.



*P. manihoti* es partenogenético, mientras que machos de *P. herreni* son necesarios para la reproducción. Las hembras de *P. herreni* depositan ovisacos conteniendo varios cientos de huevos sobre el envés de las hojas alrededor de la yema apical. Los huevos eclosionan en 6-8 días, seguidos por cuatro instares ninfales, el cuarto instar es el adulto. Los machos tienen cuatro instares además del estado adulto. El tercer y cuarto instar ocurren en un cocon, del cual los adultos alados emergen. Los adultos machos viven sólo de 2-4 días. El promedio del ciclo de vida de la hembra es de 49.5 días y del macho 29.5. La temperatura óptima para el desarrollo de la hembra es de 25-30 C (Herrera *et. al.*, 1989).

*P. herreni* presenta picos de población durante la estación seca. El comienzo de las lluvias reduce las poblaciones de la plaga y permite la recuperación del cultivo (Herrera *et. al.*, 1989). Investigaciones recientes muestran que cuando el suministro de agua es limitado, las hojas de la yuca incrementan algunos metabolitos, los cuales podrían favorecer el crecimiento del piojo y decreciendo la eficiencia del parasitoide (CIAT, 1999; Polanía *et. al.*, 1999; Calatayud *et. al.*, 2000). Estos resultados podrían ayudar a explicar el rápido crecimiento de la población del piojo harinoso durante la estación seca.

Esfuerzos considerables se han realizado para identificar la resistencia del piojo harinoso. Más de 3000 cultivares del banco de germoplasma del CIAT fueron evaluadas. Solamente bajos niveles de resistencia o tolerancia fueron identificados (Porter, 1998). Estudios de resistencia en el IITA en Africa y el ORSTOM (IRD) han obtenido resultados similares. Niveles parciales o bajos a débiles han sido registrados en evaluaciones de germoplasma con *P. manihoti* (Le Ru y Calatayud, 1994; Neuenschwander, 1994a). Esto sugiere, sin embargo que a niveles bajos de resistencia podrían aumentar el uso de enemigos naturales en programas de control biológico.

El manejo de piojo harinoso es un ejemplo bien documentado de control biológico clásico, especialmente en Africa donde *P. manihoti* esta siendo controlado exitosamente a través de la introducción del parasitoide *Apoanagyrus lopezi* del Neotrópico. Aunque *P. herreni* está distribuido en el norte de Suramérica, causando serias pérdidas en rendimiento solamente en el Nordeste de Brasil. Así *P. herreni* puede ser una especie exótica de esta región, probablemente viniendo del Norte de Suramérica (Williams y Granara, 1992). (Ver los siguientes artículos para más información sobre el control biológico).

## 5. CHINCHE DE LA VIRUELA DE LA YUCA

*C. bergi* es una de las plagas artrópodas que se alimentan directamente de las raíces de la yuca; pero esta especie polífaga no ha coevolucionado con la yuca. El primer registro de esta plaga en Yuca en Colombia fue en 1980 (García y Bellotti, 1980); más recientemente ha sido reportada causando daños comerciales en Panamá, Costa Rica y Venezuela (Riis, 1997). *C. bergi* probablemente está presente en muchas otras áreas del Neotrópico, se ha encontrado alimentándose en muchos otros cultivos, incluyendo cebolla, maní, maíz,



papa, *Arachis pintoi* (forraje de maní), sorgo, caña de azúcar, café, cilantro, espárragos, frijol, arvejas, pastos y otras malezas (Riis, 1997; Bellotti *et. al.*, 1999).

Algunos hospederos son fuertemente preferidos sobre otros. Ensayos de alimentación de libre escogencia de laboratorio indican que la yuca no es el hospedero óptimo. *C. bergi* crece mucho más rápidamente en maíz y en maní que en la yuca, y prefiere el maíz a la yuca (78 vs. 22%). La longevidad para adultos fue de 95 días en el maíz, 69 en cebolla, 66 y 64 días respectivamente en yuca dulce (CMC40) y amarga (MCol 1684) (Riis, 1990). La fecundidad óptima, supervivencia y tasa intrínseca de incremento de la población ocurrió en maní y *Arachis*, no en maíz. La yuca dulce, el sorgo y la cebolla no son hospederos favorables; y *C. bergi* no puede completar su ciclo de vida en las variedades amargas (Riis, 1997).

Las ninfas y los adultos de *C. bergi* se alimentan de las raíces de yuca penetrando la cáscara y el parénquima con su estilete delgado y fuerte. En esta acción de alimentación introducen varios patógenos que provienen del suelo (ej.: *Aspergillus*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Genicularia*, *Phytophthora* y *Pythium* spp.) en el parénquima de las raíces (Bellotti y Riis, 1994). Lesiones de color café a negro empiezan a desarrollarse en las raíces 24 horas después de iniciada la alimentación, resultando en una reducción en el almidón y serias pérdidas en el valor comercial. Como el daño no es detectado hasta que las raíces son cosechadas y peladas, los productores pueden perder su inversión en las labores del cultivo, el tiempo y uso de la tierra.

*C. bergi* tiene cinco instares ninfales; ninfas y adultos pueden vivir más de un año alimentándose de las raíces de yuca (García y Bellotti, 1980). Alimentándose de tajadas de raíces de yuca con bajo nivel de cianuro (HCN) en el laboratorio (23°C, 65±5% RH), *C. bergi* tuvo un ciclo de vida de 286-523 días. La eclosión de los huevos tuvo un promedio de 13.5 días; es decir, el promedio de desarrollo de los cinco estados ninfales es de 111.3 días; y la longevidad media para los adultos es de 293.4 días.

Las poblaciones de *C. bergi* están presentes en el suelo a través de todo el ciclo del cultivo y el daño en las raíces empieza a verse en el primer mes del cultivo. La alimentación puede continuar a través de todo el ciclo y puede causar un daño entre el 70-80% del total de la raíz, con una reducción mayor del 50% en el contenido total de almidón. No son necesarias grandes poblaciones de *C. bergi* para causar daños económicos serios (Arias y Bellotti, 1985). Riis (1990) mostró que aún con poblaciones muy pequeñas (cercasas a cero) el 22% de las raíces fueron afectadas. El umbral económico del daño – el punto donde los compradores de yuca pueden rechazar un lote – es cuando el 20-30% de las raíces presentan daño al parénquima, considerando que el daño ‘cosmético’ de puntos no es aceptable en el mercado fresco.

*C. bergi* es fuertemente atraído por suelos húmedos; migrará cuando el contenido de humedad del suelo sea menor a 22% y permanecerá cuando sea mayor al 31%. La época



lluviosa favorece enormemente la supervivencia de adultos y ninfas, su comportamiento y dispersión; por otro lado, contenidos bajos de humedad del suelo, durante la época de sequía, restringen o limitan el refugiamiento y migración de los adultos e incrementan la mortalidad de las ninfas (Riis, 1997).

Las pruebas de campo y los estudios de laboratorio sugieren fuertemente que las preferencias de alimentación de *C. bergi* pueden relacionarse con los niveles de glucósidos cianogénicos en las raíces de yuca. Adultos y ninfas que se alimentan de una variedad con alto contenido de HCN (mayor a  $100\text{mg kg}^{-1}$  HCN) tienen un desarrollo ninfal más largo, se reduce su producción de huevos e incrementa la mortalidad. La oviposición sobre CMC40 ( $43\text{mg kg}^{-1}$  HCN) fue de 51 huevos por hembra contra sólo 1.3 sobre la MCol 1684 ( $627\text{ mg de HCN equivalente a kg}^{-1}$ ). La longevidad de los adultos sobre CMC40 (235 días) fue más del doble que sobre MCol 1684 (112 días) (Bellotti y Riis, 1994). Riis (1997) demostró que la oviposición sobre clones con un CNP (potencial cianogénico) menor de 45ppm (peso fresco) fue significativamente mayor que clones con un CNP mayor a 150ppm, mientras la oviposición varió considerablemente sobre clones con CNP entre 45-150ppm. Estudios adicionales indican que los instares tempranos son más susceptibles al potencial cianogénico de las raíces. Debido a la longitud de su estilete la alimentación durante los dos primeros instares ninfales está confinada principalmente a la cáscara de la raíz (Riis, 1990; Riis *et. al.*, 1995); del tercer al quinto instar puede alimentarse del parénquima. CMC40 tiene un bajo nivel de cianógenos en el parénquima de la raíz pero un nivel alto en la cáscara ( $707\text{ mg kg}^{-1}$  HCN). Experimentos de alimentación sobre CMC 40 en el laboratorio, dieron como resultado un 51% de mortalidad de las ninfas en el primer y segundo instar y un 82% para algunos alimentados de M Col 1684. El alto nivel de cianógenos en la corteza de CMC 40 es el posible responsable de la alta tasa de mortalidad (Bellotti y Riis, 1994).

Estudios de alimentación preferencial realizados en campos de yuca en Colombia dieron como resultado un daño considerablemente mayor en CMC40 (el clon de bajo contenido de HCN) que en MCol 1684. MMex 59, con un contenido intermedio de cianógeno ( $106\text{mg kg}^{-1}$  de HCN) sufrió un daño moderado. Estos datos indican que CNP puede actuar como un impedimento para el *C. bergi* y que los daños causados no deberían ser un problema cuando se cultivan clones con altos contenidos de CNP (ej.: Nordeste Brasil y Africa) (Bellotti y Riis, 1994).

El control de *C. bergi* es difícil debido a la naturaleza polífaga de la plaga y su adaptación al ambiente del suelo. Se deben tomar medidas en las etapas tempranas del ciclo del cultivo, ya sea en el plantío o en los primeros dos meses donde puede ocurrir el daño inicial. Las aplicaciones de plaguicidas pueden reducir la población de la plaga y el daño; sin embargo, pueden requerirse aplicaciones frecuentes, las cuales son costosas, ambientalmente peligrosas y a menudo fallan en la no reducción del umbral económico de pérdida (Castaño *et. al.*, 1985). Cultivos intercalados de yuca con *Crotalaria* sp. redujeron el daño de la raíz a menos del 4% comparado con el 61% de daño en el

monocultivo. Sin embargo, los rendimientos de yuca intercalada se redujeron en un 22%; y como la *Crotalaria* tiene poco valor comercial, los productores se rehusan a adoptar esta tecnología.

## 6. MOSCA BLANCA

Como plaga de alimentación directa y vectores de virus, las moscas blancas causan daños significativos en yuca en agroecosistemas de América, África y en menor grado en Asia. Existe un gran complejo en el Neotrópico, donde están registradas 11 especies en yuca: *A. socialis*, *Trialeurodes variabilis*, *Bemisia tuberculata*, *Aleurothrixus aepim*, *Bemisia tabaci*, *B. argentifolii*, *Trialeurodes abutiloneus*, *Aleurodicus dispersus*, *Paraleyrodes* sp., *Aleuronudus* sp., y *Tetraleurodes* sp. (Bellotti *et. al.*, 1994; 1999; Castillo, 1996; Franca *et. al.*, 1996). *A. socialis* es la especie predominante en la zona norte de Suramérica, donde causa considerables daños al cultivo, y en menor proporción en Brasil (Farias, 1994). *B. tuberculata* y *T. variabilis* han sido registradas en bajas poblaciones en Brasil, Colombia, Venezuela y otros países (Farias, 1990a; Bellotti *et. al.*, 1999). La mosca blanca espiralada *A. dispersus* causa daño vistoso en la yuca en el Oeste Africano (Neuenschwander, 1994b; D'Almeida *et. al.*, 1998). En Colombia se ha encontrado en yuca en bajas poblaciones en la Costa Atlántica y Valle del Cauca, lo mismo que en algunas provincias de Ecuador (B. Arias y J.M. Guerrero, Comunicación Personal) *Bemisia afer* en Kenya (Munthali, 1992) y en Costa de Marfil.

*B. tabaci* tiene una distribución tropical generalizada, alimentándose de yuca en África y diversas regiones en Asia incluyendo la India (Lal y Pillai, 1981) y Malasia. Antes de 1990, biotipos de *B. tabaci* hallados en América no se alimentaban de yuca. Las moscas blancas son conocidas como transmisoras de virus en yuca:

- La Enfermedad del mosaico de la yuca de África (ACMD) es causada por varios geminivirus transmitidos por *B. tabaci* (Tresh *et. al.*, 1994).
- *B. tuberculata* es registrada como el vector de cuero de sapo en la yuca en el Neotrópico (Angel *et. al.*, 1990).

Se ha especulado que la ausencia de ACMD en América puede estar relacionada con la inhabilidad de su vector, *B. tabaci*, en colonizar yuca. A principios de los 90s un nuevo biotipo (B) de *B. tabaci*, considerado como una especie separada, *B. argentifolii*, por algunos ha sido encontrado alimentándose de yuca en el Neotrópico. Se considera que ahora ACMD como una amenaza seria para la producción de yuca dado que los cultivares más tradicionales del Neotrópico son altamente susceptibles a la enfermedad. Además, el complejo de biotipos de *B. tabaci* es vector de varios virus de cultivos que a menudo se reproducen en asociación con yuca o cerca de ella. La posibilidad de que la enfermedad viral circule entre estos cultivos o la aparición de nuevos virus representan una amenaza potencial.



Las moscas blancas causan daño directo al alimentarse del floema de las hojas, produciendo clorosis y caída de las mismas, lo cual da como resultado una reducción en la producción de raíces si se prolonga la alimentación. Pérdidas en producción debido a *A. socialis* y *A. aepim* son comunes. Existe una correlación entre la duración del ataque de mosca blanca y las pérdidas en producción de raíces (Tabla 2).

Investigaciones en el Neotrópico se han concentrado en *A. socialis* y *A. aepim*. Las poblaciones de ambas especies son más altas durante la época de lluvia pero pueden presentarse durante todo el ciclo del cultivo (Farias *et. al.*, 1991; Gold *et. al.*, 1991). Las hembras *A. socialis* ovipositan huevos individuales en forma de banano sobre el envés de las hojas apicales. El tiempo de incubación de los huevos es de aproximadamente 10 días y pasan por tres instares ninfales y una fase de pupa (4to. instar), antes de alcanzar el estado adulto. Durante el tercer instar el cuerpo cambia de color crema a negro, rodeado por una capa blanca cerosa. El estado de pupa de color negro hace esta especie fácil de distinguir de otras especies de mosca blanca que se alimentan de yuca. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *A. socialis* en incubadora es de 32 días ( $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 70 % RH) (Arias, 1995).

Por la creciente aceptación de HPR y del control biológico como tácticas complementarias al uso de plaguicidas, contribuyen a la reducción de la contaminación ambiental y otras desventajas que se presentan con el excesivo uso de plaguicidas químicos. Inicialmente las investigaciones sobre el control de mosca blanca en yuca en el Neotrópico hicieron énfasis en sus actividades HPR y prácticas culturales. Más recientemente, se concentraron los esfuerzos en la identificación y evaluación del uso de enemigos naturales en un contexto MIP.

En los sistemas tradicionales de cultivo de yuca, a menudo intercalados con otros cultivos, ha demostrado ser una práctica que reduce la población de plagas (Leihner, 1983). La asociación de yuca con caupí reduce la población de huevos de *A. socialis* y *T. variabilis*, comparado con monocultivo (Gold *et. al.*, 1990). Estos efectos fueron residuales, persistiendo hasta 6 meses después de la cosecha. Pérdidas en producción yuca/maíz, monocultivo de yuca y una mezcla de sistemas de cultivos fueron de aproximadamente 60%; mientras que en yuca/fríjol, las pérdidas en producción fueron sólo del 12% (Gold *et. al.*, 1989a). La asociación con maíz no redujo la población de huevos (Gold *et. al.*, 1993), indicando que esta técnica puede depender de las especies intercaladas para su éxito, por tanto limitando su efectividad y aceptación por parte de los agricultores aunque esto signifique una reducción en la población de plagas para pequeños agricultores.

## 7. GUSANO CACHÓN DE LA YUCA

*Erinnyis ello* (Sphingidae), es una de las plagas más importantes de la yuca en el Neotrópico (Bellotti *et. al.*, 1992; 1999), tiene un amplio rango geográfico, extendiéndose desde el Sureste del Brasil, Argentina y Paraguay hasta la cuenca del Caribe y el Sureste de los Estados Unidos. La capacidad migratoria de *E. ello*, su amplia adaptación climática y rango de hospederos, probablemente es la causa de su extensa distribución y de sus ataques esporádicos (Janzen, 1987). Otras especies de *Erinnyis* se alimentan sobre yuca. Las subespecies de *E. ello* *ello*, *E. ello encantado* y *E. alope* otra especie estrechamente relacionada han sido registradas en el Neotrópico.

Las larvas del gusano cachón se alimentan de hojas de yuca de todas las edades, de tallos tiernos y brotes. Ataques severos causan defoliación completa de la planta, pérdida del volumen de la raíz y baja calidad (Tabla 2). Aunque la pérdida de rendimiento puede ser severa por la defoliación completa debido al ataque del gusano cachón o aún ataques repetidos no matan a la yuca. Los carbohidratos almacenados en las raíces permiten que la planta se recupere, especialmente bajo condiciones desfavorables en la estación de lluvias en el trópico. Los ataques repetidos son muy comunes cuando las aplicaciones de plaguicidas no son hechas a tiempo y no destruyen las larvas de quinto instar y prepupas, pero sí a los enemigos naturales (Braun *et. al.*, 1993). Adicionalmente las grandes plantaciones de yuca son propensas a frecuentes y repetitivos ataques del gusano cachón.

Los adultos de *E. ello* son polillas nocturnas que ovipositan huevos pequeños redondeados de un ligero color verde-amarillento sobre el haz de las hojas. En estudios de campo realizados en jaulas se observaron hasta 1850 huevos por hembra. Esta alta oviposición, combinada con el comportamiento migratorio de los adultos ayuda a explicar el rápido fortalecimiento de las poblaciones del gusano cachón y su aparición esporádica (Janzen, 1987; Bellotti *et. al.*, 1992).

Durante el período larval, cada gusano cachón consume aproximadamente 1100 cm de follaje; cerca del 75% de éste durante el quinto instar. A 15, 20, 25 y 30 °C la duración media del estado larval es 105, 52, 29, y 23 días respectivamente, indicando que el pico de actividad del gusano cachón puede ocurrir a bajas altitudes (<1200 m) o durante el verano en el Subtrópico (Bellotti y Arias, 1988).

La gran habilidad de vuelo y capacidad migratoria, combinada con su amplia adaptación climática y amplio rango de hospederos (Janzen, 1987; 1986), hace difícil a menudo alcanzar un efectivo control. Los plaguicidas ejercen un adecuado control, si las poblaciones del gusano cachón son detectadas y tratadas durante los tres primeros instares; sin embargo, los agricultores a menudo reaccionan a los ataques con excesivas aplicaciones de insecticidas fuera de tiempo, provocando ataques más severos (Laberry, 1997).



Las poblaciones larvales en cuarto y quinto instar no sólo son más difíciles de controlar sino también antieconómicas por la considerable defoliación que se presenta.

Los plaguicidas utilizados también afectan a las poblaciones de enemigos naturales propiciando ataques más frecuentes (Urias López *et. al.*, 1987). Un extenso complejo de enemigos naturales está asociado con *E. ello*, sin embargo su efectividad es muy reducida probablemente a causa del comportamiento migratorio de los adultos del gusano cachón. Una migración masiva de adultos oviposita un considerable número de huevos en los campos de yuca (por encima de 600/planta), donde las poblaciones de enemigos naturales son demasiado bajas para prevenir una explosión de larvas de cachón, causando una severa defoliación al cultivo.

Debido a que su tasa de reproducción es limitada, los parásitos y predadores no pueden recuperarse suficientemente rápido para suprimir las dramáticas explosiones del gusano cachón (Bellotti *et. al.*, 1992).

## 8. BARRENADORES

Un complejo de barrenadores artrópodos, donde se incluyen especies de coleópteros y lepidópteros, se alimentan dentro del tallo de la yuca causando daños. El “Escarabajo de antenas largas” (*Lagochirus spp.*) está distribuido en todo el mundo, pero su ataque no causa daños severos en el campo. Los barrenadores son mucho más importantes en el Neotrópico, especialmente en Colombia, Venezuela y Brasil. Siete especies de *Ceolosternus* (Coleoptera: Curculionidae) son registrados reduciendo el rendimiento en yuca y la calidad del material de siembra en Brasil; sin embargo, generalmente los daños son esporádicos, sin presentar una reducción significativa en el rendimiento (Bellotti y Schoonhoven 1978a, b).

La población del barrenador *Chilomima clarkei* (Lepidoptera: Pyralidae) se ha incrementado drásticamente en Colombia y Venezuela en los últimos años y es ahora la plaga más importante en yuca (Vides *et. al.*, 1996). Las hembras ovipositan en la noche sobre el tallo de yuca, generalmente cerca al nudo o yema. El estado de huevo dura 6 días aproximadamente (28°C). Después de la incubación, el primer instar larval se alimenta de la corteza o epidermis del tallo, estos son muy móviles, hasta encontrar un sitio apropiado de alimentación, generalmente cerca de las yemas axilares. Ellos forman una cápsula tejida para su protección, dentro de ella se alimentan durante los primeros cuatro instares larvales, ampliando el tejido en cada instar. En el quinto instar larval penetra en el tallo, donde ella completa su ciclo (6-12 instares), como también la pupa y la emergencia del adulto (Lohr, 1983). Los estados larvales tardan 32 a 64 días; el estado de pupa entre 12 - 17 días. La hembra tiene una longevidad de 5 - 6 días (macho 4-5), el promedio de huevos ovipositados es de 229.

La población de *C. clarkei* se puede presentar todo el año pero es mayor durante la época de lluvias. De 4 a 6 ciclos de la plaga puede ocurrir durante un año del ciclo de cultivo, incrementándose potencialmente el daño y su control mucho más difícil. Al presentarse un alto número de perforaciones en el tallo produce una fractura del mismo (más de 20 perforaciones/tallo), llegando a producir una reducción en la calidad y cantidad de material de siembra (Tabla 3). Observaciones de campo han mostrado que las plantas atacadas con más del 35% de tallos partidos, causa reducción significativa en el rendimiento de raíces (45-62%) (Lohr, 1983). En la Costa Caribe Colombiana, el 85% de yuca sembrada, está atacada por *C. clarkei* (Vides *et. al.*, 1996) .

Una vez las larvas entran al tallo, su control es muy difícil. Además la cápsula tejida por las larvas ofrece una protección contra los enemigos naturales y las aplicaciones de plaguicidas. Sin embargo, su alta movilidad en sus instares larvales iniciales las hacen mucho más vulnerables y pueden ser controladas por *B. thuringiensis*. No obstante, conociendo su incremento generacional van a ser necesario varias aplicaciones y esto ocasiona incrementos en el costo de producción. Investigaciones en campo realizadas por Gold *et. al.*, (1990), señalan que el intercalamiento con maíz reduce la población de barrenadores hasta la cosecha de maíz.

CIAT está iniciando investigaciones basados en la introducción de genes de resistencia a insectos con *B. thuringiensis* a través de *Agrobacterium* mediante la transformación de tejidos embrionicos en yuca para desarrollar cultivares resistentes a *C. clarkei*. Los resultados iniciales son promisorios (CIAT, 1999).

## 9. LOS CHINCHES DE ENCAJE

Los chinches de encaje (Hemíptera: Tingidae) atacan la yuca en varios países del Sur y Centro América; son plaga en el Neotrópico y no registrado en Africa, ni en Asia. Froeschner (1993) ha identificado varias especies, pero las más importantes en la yuca son *Vatiga illudens*, *V. manihotae* y *Amblystira machalana*. *V. manihotae* se ha encontrado principalmente en Colombia y Venezuela y también en Cuba, Trinidad, Perú, Ecuador, Paraguay, Argentina y Brasil. *V. illudens* predomina en Brasil pero se encuentra también en la zona del Caribe. *A. machalana*, el chinche de encaje negro, causa daños a la yuca en Colombia, Venezuela y Ecuador (Bellotti *et. al.*, 1999).

El ataque ocurre principalmente durante las estaciones secas, agravándose con las sequías prolongadas. Los adultos del género *Vatiga*, son de color gris y miden aproximadamente 3mm. La ninfa es blanca y un poco más pequeña; tanto los adultos como ninfas se encuentran en grandes cantidades sobre el envés de las hojas. Normalmente las poblaciones se concentran sobre las hojas basales e intermedias, pero cuando el ataque es severo, pueden llegar hasta las apicales. Los daños en las hojas son similares a los causados por ácaros y se manifiestan por manchas blancas pequeñas, dando una apariencia blancuzca a la hoja y luego se vuelven marrón-rojizas. El daño al follaje



puede resultar en una considerable pérdida en la tasa de fotosíntesis y caída de las hojas basales.

En ensayos del campo en el CIAT con poblaciones naturales de *A. machalana*, se obtuvieron pérdidas del 39%, comparadas con bloques de plantas tratadas con plaguicidas (CIAT, 1990). Es difícil encontrar en la literatura información sobre pérdidas en el rendimiento causadas por *V. illudens* y *V. manihotae*. Sin embargo, poblaciones de *V. illudens* en Brasil son endémicas y parece que están reduciendo el rendimiento, especialmente en El Campo Cerrado central, y más recientemente en el sur de Brasil. Considerando los daños actuales y potenciales de esta plaga, existe poca información en la literatura y se necesita un esfuerzo mayor en la investigación.

## 9.1 CONTROL

El control de los chinches de encaje parece ser difícil; se han encontrado muy pocos enemigos naturales (Bellotti *et. al.*, 1999) y el uso continuo de insecticidas es costoso y se pueden destruir los enemigos naturales de las otras plagas. Estudios preliminares y evaluaciones del banco de germoplasma de yuca en el CIAT, indican que la resistencia varietal puede estar disponible, pero hace falta bastante investigación para implementar esta tecnología (CIAT, 1990).

## 10. PLAGAS SECUNDARIAS DE LA YUCA

El complejo de plagas artrópodos de la yuca incluye varias especies que se pueden alimentar de la yuca pero normalmente no causan daño económico mayor (Tabla 4). Estas plagas “opcionales” o “eventuales” pueden ser esporádicas en su aparición, o sus poblaciones se presentan a niveles bajos y no causan un daño económico. Sin embargo, erupciones pueden ocurrir en áreas localizadas y las poblaciones de estas plagas pueden aumentar a niveles que pueden bajar los rendimientos. Además, los cambios en las prácticas culturales o agronómicas o cambios en las variedades sembradas por los agricultores, pueden tener influencia sobre las poblaciones de las plagas, y causar daño al cultivo.

En la tabla 4 está resumida la información sobre las plagas secundarias, con datos sobre el tipo de daño, las regiones de mayor ocurrencia, pérdidas en el rendimiento, estrategias de control y especies importantes.

## 11. TENDENCIAS EN EL MANEJO DE PLAGAS

Un exitoso programa de manejo integrado de plagas (MIP) en yuca debería estar acorde con un medio ambiente seguro, tecnologías para el manejo de plagas disponibles y de bajo costo para agricultores en países en desarrollo. Generalmente herramientas de biotecnología disponibles ofrecen el potencial para desarrollar variedades mejoradas

resistentes a plagas y aumentar la efectividad de los controladores naturales, incluyendo parasitoides y entomopatógenos. La nueva generación de tecnologías genéticas para el manejo de plagas actualmente está siendo integrada con el tradicional MIP, ofreciendo tecnologías alternativas para el control del barrenador del tallo, hormigas cortadoras de hojas, langosta, chizas y otras plagas de difícil control. Actividades de investigación en esta área están ya en marcha y pueden estar disponibles para los agricultores en un futuro cercano.

## 11.1 PLAGUICIDAS

Los plaguicidas usados en agroecosistemas tradicionales de yuca son mínimos, debido a su alto costo y al largo ciclo del cultivo, aunque, puede necesitar varias aplicaciones. Agricultores en el Neotrópico, sin embargo, pueden responder con plaguicidas a explosiones de la plaga. Debido a que la producción de yuca está cambiando a grandes plantaciones, ha aumentado la tendencia de aplicar más plaguicidas para el control de estas explosiones. Como está ocurriendo en ciertas áreas de Colombia, Venezuela y Brasil (Bellotti *et. al.*, 1990).

Existe un considerable potencial al reemplazar el uso de plaguicidas químicos por bioplaguicidas para en el manejo de plagas en yuca; la efectividad del baculovirus en gusano cachón y su exitosa implementación, especialmente en grandes plantaciones, ejemplifica esta posible tendencia (Laberry, 1997). Entomopatógenos están siendo identificados para ácaros, piojo harinoso, mosca blanca, gusano cachón, chizas, chinche de la viruela, langostas y otros. Adicionalmente es necesario realizar investigaciones para desarrollar bioplaguicidas y metodologías para una implementación efectiva; esto requiere enlaces colaborativos con la industria de bioplaguicidas, este proceso ya se ha iniciado en Colombia.

## 11.2 PRÁCTICAS CULTURALES

Agricultores tradicionales en la mayoría de las regiones donde se cultiva yuca, han dependido de un grupo de prácticas culturales que les han permitido una reducción efectiva de las poblaciones de la plaga (Lozano y Bellotti, 1985). Los intercultivos, son una práctica común entre pequeños agricultores, mostrando una reducción en la población y daño de mosca blanca, gusano cachón y chinche de la viruela (Castaño *et. al.*, 1985; Gold *et. al.*, 1989b; 1990). Los agricultores podrían, sin embargo, ser renuentes a adoptar estas prácticas si las especies de intercultivos no son comercialmente aceptadas o si el rendimiento del cultivo de la yuca es reducido considerablemente. En grandes plantaciones donde la mecanización hace parte de las prácticas de producción, se podría ir en contra de la adopción del intercultivo. Otras prácticas culturales que pueden reducir la población de la plaga incluyen la mezcla de variedades, destrucción (quema) de residuos de la cosecha, rotación de cultivos, época de siembra y material de siembra de alta calidad y libre de plagas (Lozano y Bellotti, 1985).



### 11.3 CONTROL BIOLÓGICO

En Africa el control biológico clásico ha sido muy exitoso para el manejo de plagas introducidas. El manejo de muchas plagas de yuca en el Neotrópico requiere mayor compromiso de los agricultores para una efectiva implementación de soluciones (Bellotti *et. al.*, 1999). Numerosos estudios en campos de yuca en varias regiones del Neotrópico han revelado un abundante complejo de especies de enemigos naturales de plagas de importancia (ver sección de plagas). CIAT mantiene una colección taxonómica de referencia y trabajo, con una base de datos sistematizada para plagas de yuca y sus enemigos naturales. Esta información está disponible para productores, investigadores agrícolas nacionales y programas de extensión, taxónomos y museos (Hernández *et. al.*, 1995).

Resultados de exploraciones y estudios indican que el control biológico natural está ocurriendo considerablemente en el Neotrópico. Esto se espera por la diversidad de sistemas de cultivo, la yuca es un cultivo perenne donde podrían estar en equilibrio la asociación entre plagas y enemigos naturales. Un rompimiento de este sistema, por ejemplo, el uso de plaguicidas podría causar explosión de la plaga. Como previamente se describió, la población del AVY (*M. tanajoa*) en el Norte de Suramérica, está siendo regulado por un complejo de ácaros fitoseidos predadores, que al ser disturbados, provocan una reducción del rendimiento (Braun *et. al.*, 1989). El potencial para aumentar la efectividad de la virulencia de los enemigos naturales, a través, de la ingeniería genética, ofrece además el aprovechamiento de este abundante complejo.

### 11.4 RPH

El banco de germoplasma del CIAT ofrece a entomólogos y mejoradores más de 6000 variedades de yuca con un potencial grupo de genes de resistencia a plagas. Como previamente se mencionó, se han identificado niveles variables de resistencia para ácaros, mosca blanca, trips, chinche de la viruela, chinche de encaje y barrenadores del tallo. Las novedosas herramientas biotecnológicas que se encuentran disponibles, permiten el eficiente y fácil acceso a genes resistentes, más rápida manipulación de los niveles moleculares. Un considerable número del material del banco de germoplasma está continuamente sembrado en campo y está disponible para hacer evaluaciones sistemáticas de resistencia a plagas. Técnicas y metodologías están ahora disponibles para cría masiva de la mayoría de las principales plagas de yuca, se están describiendo daño y escalas de población para identificar germoplasmas susceptibles y resistentes. Se necesitan hacer evaluaciones seguras del germoplasma en el campo con natural o artificial infestación. Síntomas de daño de la mayoría de plagas de yuca no se expresan verdaderamente en evaluaciones hechas en plantas de casa de malla o invernaderos, resultando una falsa identificación de resistencia.

**Tabla 4.** Plagas ocasionales y esporádicas o de menos importancia en el cultivo de la yuca.

Nombre Común	Especies Importantes	Región	Tipo de daño/Síntomas	Pérdidas en Rendimiento Reportadas	Estrategia de Control	Referencias
Escamas	<i>Aonidomytilus albus</i> , <i>Saissetia miranda</i>	Américas, Africa, Asia, casi todas las zonas de yuca	Atacan el tallo y hojas, inducen amarillamiento y caída de hojas, las plantas pueden secarse y morir. Uso de estacas atacadas reduce germinación	< 20% en rendimiento de raíces frescas; 50-60% pérdida en estacas	Destruir ramas infestadas; se usa solamente estacas sanas, sin escamas. Tratamiento de estacas con malation	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a; Frison y Feliu, 1991
Mosca de fruta	<i>Anastrepha pickeli</i> , <i>Anastrepha manihoti</i>	Américas, esp. Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Brasil, Perú	Barrena la fruta (semilla) y el tallo apical: Destruye fruta y baja la calidad de estacas pero normalmente no causa daño económico	0-30% cuando se usan los tallos infestados para material de siembra	No usa estacas dañadas	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Lozano <i>et. al.</i> , 1981; Peña y Waddill, 1982
Moscas del cogollo	<i>Neosilba perezii</i> , <i>Silba péndula</i>	Casi todas las partes de las Américas	Larvas matan la yema apical, retarda el crecimiento de plantas e induce la emisión de retoños	No se reportan pérdidas en el rendimiento, reduce la calidad de estacas	No requiere	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Lozano <i>et. al.</i> , 1981
Mosca de la agalla	<i>Jatrophobia (Eudiplosis) brasiliensis</i>	Todas partes de las Américas	Agallas de color amarillo-verdoso a rojo formado sobre el haz foliar	No hay pérdidas reportadas	No requiere	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Lozano <i>et. al.</i> , 1981; Samways, 1980
Chizas blancas	<i>Phyllophaga spp.</i> , <i>Leucopholis rorida</i> varios otros	Américas, Asia, Africa	Se alimentan de las estacas y raíces; puede causar mortalidad de las	Hasta 95% de pérdidas en germinación	Aplicación de plaguicida en el suelo al momento	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Peña y Waddill,



Nombre Común	Especies Importantes	Región	Tipo de daño/Síntomas	Pérdidas en Rendimiento Reportadas	Estrategia de Control	Referencias
			plántulas		de siembra	1982
Comejenes	<i>Coptotermes volkevi</i> , <i>Coptotermes paradoxus</i>	Todas las regiones	Se alimentan de estacas, raíces, plántulas y tallos y puede causar secamiento o muerte de plantas	46-100% de pérdida en estacas	Tratamiento de estacas con plaguicida. Mantiene campos limpios	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; CIAT, 1984; Lal y Pillai, 1981; Lozano <i>et. al.</i> , 1981
Barrenadores	<i>Lagochirus sp.</i>	Todas las regiones	Hacen túneles en los tallos, se parten los tallos	No se reportan pérdidas	Selección de estacas sanas	Villegas y Bellotti, 1985
	<i>Coelosternus spp.</i>	Américas, esp. Brasil	Túneles en los tallos y ramas, se parten los tallos	No se reportan pérdidas	Selección de estacas sanas, mantenga campos limpios, destruya tallos infestados	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Samways, 1980
Hormigas cortadoras de hojas	<i>Atta spp.</i> , <i>Acromyrmex spp.</i>	Américas	Defoliación de plantas	No se reportan pérdidas	Fumigación de los nidos cebos tóxicos	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Samways, 1980
Salta hojas	<i>Zonocerus elegans</i> , <i>Zonocerus variegatus</i>	Principalmente Africa, ocasionalmente Las Américas	Defoliación de hojas y daño al corte de tallos y ramas	No reportadas	El uso de entomopatógenos está siendo evaluado	Bellotti y Riis, 1994; Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b; Lomer <i>et. al.</i> , 1990; Modder, 1994
Gusanos trozadores	<i>Agrotis ipsilon</i> <i>Prodenia eridania</i>	Principalmente Las Américas	Se alimentan de la parte basal del tallo, comen las yemas y corteza de las estacas y las raíces	Pérdidas de germinación de estacas, muerte a plántulas	Cebos tóxicos al momento de siembra	Bellotti y Van Schoonhoven, 1978a y b

Se han identificado variedades que poseen múltiple resistencia (ej.: para más de una plaga). Por ejemplo, MEcu 72 contiene niveles altos de resistencia a mosca blanca y trips y moderado nivel para ácaros. Uno de los retos que confrontan los genetistas y mejoradores podría ser incluir resistencia a enfermedades y a artrópodos en una misma variedad.

La gran fuente de resistencia a plagas puede ser debido a las especies silvestres de *Manihot*. Más de 100 especies de *Manihot* están siendo identificadas (Allem, 1994), y una pequeña colección existe en algunas localidades (incluyendo CIAT, EMBRAPA/Brasil, IITA). El mapa genético molecular de yuca se está desarrollando (Fregene *et. al.*, 1997) y ésta podría ser una herramienta muy útil para desarrollar plantas transgénicas de yuca con resistencia a plagas (usando otras especies de *Manihot*).

Los proyectos MIP en yuca son pocos y la decisión de realizar guías y estrategias requeridas para una apropiada implementación de opciones de control, no están disponibles para los pequeños agricultores, en un sistema de producción tradicional (Bellotti *et. al.*, 1999). Esto es fuertemente sentido en sistemas de grandes extensiones de cultivos de yuca, donde la implementación de un efectivo sistema MIP, basado en el control biológico y variedades resistentes es decisivo para el sostenimiento de un alto rendimiento (especialmente en el Neotrópico donde existe un gran complejo de artrópodos plaga y enfermedades). Una propuesta efectiva para los productores de yuca y poder superar la lenta difusión de la tecnología, a través, del uso de métodos participativos con agricultores, incluyendo al sector privado en la planeación de la investigación y objetivos. La implementación exitosa de un cultivo integrado y un proyecto piloto de manejo de plagas con agricultores tradicionales en el Nordeste de Brasil, es un ejemplo real de como ésto puede ser posible (Bellotti *et. al.*, 1999; Ospina *et. al.*, 1999).

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEM, A.C. (1994) The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Genetic Resources and Crop Evaluation. 41: 133-150.
- ANGEL, J.C.; PINEDA, B.L.; NOLT, B. y VELASCO, A.C. (1990) Mosca blanca (*Homoptera: Aleyrodidae*) asociadas a transmisión de virus en yuca. Fitopatología Colombiana. 13: 65-71.
- ARIAS, B. (1995) Estudio sobre el comportamiento de la "mosca blanca" *Aleurotrachelus socialis* Bondar (*Homoptera: Aleyrodidae*) en diferentes genotipos de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. MS tesis. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 181pp.
- ARIAS, B. y BELLOTTI, A.C. (1984) Pérdidas en rendimiento (daño simulado) causadas por *Erinnyis ello* (L.) y niveles críticos de población en diferentes etapas de desarrollo en tres clones de yuca. Revista Colombiana de Entomología. 10(3/4):28-35.
- ARIAS, B. y BELLOTTI, A.C. (1985) Aspectos ecológicos y de manejo de *Cyrtomenus bergi* Froeschner, chinche de la viruela en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Colombiana de Entomología. 11(2): 42-46.



- BARBERENA, M.F. y BELLOTTI, A.C. (1998) Parasitismo de dos razas del nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la chinche *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae) en el laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*. 24(1/2): 7-11.
- BELLOTTI, A.C. y ARIAS, B. (1988) Manejo Integrado de *Erinnyis ello* (L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 24pp.
- BELLOTTI, A.C. and KAWANO, K. (1980) Breeding approaches in cassava. In: Maxwell, F.G. y Jennings, P.R. (eds) *Breeding Plants Resistant to Insects*. Wiley, New York, pp. 314-335.
- BELLOTTI, A.C. and RISS, L. (1994) Cassava cyanogenic potential and resistance to pests and diseases. *Acta Horticulturae* 375: 141-151.
- BELLOTTI, A.C. and VAN SCHOONHOVEN, A. (1978a) Cassava pests and their control. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 71pp.
- BELLOTTI, A.C. and VAN SCHOONHOVEN, A. (1978b) Mite and insect pests of cassava. *Annual Review of Entomology*. 23(1): 39-67.
- BELLOTTI, A.C.; REYES, J.A. y VARELA, A.M. (1983a) Observaciones de los piojos harinosos de la yuca en las Américas; su biología, ecología y enemigos naturales. In: Reyes, J.A. (ed.). *Yuca: Control Integrado de Plagas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 313-339.
- BELLOTTI, A.C.; VARGAS, O.; PEÑA, J.E. y ARIAS, B. (1983b) Pérdidas en rendimiento en yuca causadas por insectos y ácaros. In: Domínguez, D. (ed.) *Yuca: Investigación, Producción y Utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 393-407.
- BELLOTTI, A.C.; MESA, N.; SERRANO, M.; GUERRERO, J.M. and HERRERA, C.J. (1987) Taxonomic inventory and survey activities for natural enemies of cassava green mites in the Americas. *Insect Science Application*. 8(4/5/6):845-849.
- BELLOTTI, A.C.; CARDONA, C. and LAPOINTE, S.L. (1990) Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. *Journal of Agricultural Entomology*. 7:191-201.
- BELLOTTI, A.C.; ARIAS, B. and GUZMÁN, O.L. (1992) Biological control of the cassava hornworm *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae). *Florida Entomology*. 75:506-515.
- BELLOTTI, A.C.; BRAUN, A.R.; ARIAS, B.; CASTILLO, J.A. and GUERRERO, J.M. (1994) Origin and management of Neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*. 2(4): 407-417.
- BELLOTTI, A.C.; SMITH, L. and LAPOINTE, S.L. (1999) Recent advances in cassava pest management. *Annual Review of Entomology*. 44: 343-370.
- BENTO, J.M.S.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A.; DE MORAES, G.J.; LAPOINTE, S.L. and WARUMBY, J.F. (1999) Introduction of parasitoids for control of cassava mealybugs in northeastern Brazil. *Bulletin of Entomological Research*. 89(5): Copyright CAB International.
- BRAUN, A.R.; BELLOTTI, A.C.; GUERRERO, J.M. and WILSON, L.T. (1989) Effect of predator exclusion on cassava infested with tetranychid mites (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology*. 18(4):711-714.

- BRAUN, A.R.; BELLOTTI, A.C. and LOZANO, J.C. (1993) Implementation of IPM for small-scale cassava farmers. In: Altieri, M.A. (ed.) Crop Protection Strategies for Subsistence Farmers. Westview, Boulder, CO, pp. 103-115.
- BYRNE, D.H.; GUERRERO, J.M.; BELLOTTI, A.C. and GRACEN, V.E. (1982) Yield and plant growth responses of *Mononychellus* mite resistant and susceptible cassava cultivars under protected vs. infested conditions. Crop Science. 22(5-6): 486-550.
- BYRNE, D.H.; BELLOTTI, A.C. and GUERRERO, J.M. (1983) The cassava mites. Tropical Pest Management. 29(4): 378-394.
- CAICEDO, A.M. y BELLOTTI, A.C. (1994) Evaluación del potencial del nemátodo entomógeno *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) para el control de *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. Revista Colombiana de Entomología. 20(4): 241-246.
- CALATAYUD, P.A.; SELIGMANN, C.D. and BELLOTTI, A.C. (2000) Influence of water deficient cassava plants on parasitism success and biological characteristics of three parasitoid species to *Phenacoccus herreni* (in press).
- CALVACANTE, M.L.S. e CIOCIOLA, A.I. (1993) Variabilidade quanto au grau de resistência de cultivares de mandioca ao percevejo de renda em Pacajus - CE. In: Relato Annual de Pesquisas, 1980/92. Empresa de Pesquisa Agropecuária Ceará, Fortaleza, Brazil.
- CASTAÑO, O.; BELLOTTI, A.C. y VARGAS, O. (1985) Efecto del HCN y de cultivos intercalados sobre daño causado por la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner al cultivo de la yuca. Revista Colombiana de Entomología. 11(2): 24-26.
- CASTILLO, J. (1996) Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus enemigos naturales sobre cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. MS thesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 173pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1984) External Program Review: Cassava Program Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, p. 23.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1990) Annual Report Cassava Program, 1989. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 385pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1992) Annual Report Cassava Program, 1987-1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 475pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1999). Annual Report: Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 136pp.
- COCK, J.H.; PORTO, M.C.M. and EL-SHARKAWY, M.A. (1985) Water use efficiency of cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. Crop Science. 25: 265-272.
- D'ALMEIDA, Y.A.; LYS, J.A.; NEUENSCHWANDER, P. and AJUONU, O. (1998) Impact of two accidentally introduced *Encarsia* species (Hymenoptera: Aphelinidae) and other biotic and abiotic factors on



the whitefly *Aleurodicus dispersus* (Russell) (Homoptera: Aleyrodidae), in Benin. *Biocontrol Science and Technology*. 8(1): 163-173.

EL-SHARKAWY, M.A. (1993) Drought-tolerant cassava for Africa, Asia, and Latin America. *BioScience* 43: 441-451.

EL-SHARKAWY, M.A.; HERNÁNDEZ, A.D.P. and HERSHEY, C. (1992) Yield stability of cassava during prolonged mid-season water stress. *Experimental Agriculture*. 28:165-174.

FARIAS, A.R.N. (1985) *Hyaliodes vitreus* (Hemiptera: Miridae), un predador de *Vatiga illudens* (Drake, 1773) (Hemiptera: Tingidae) em mandioca, na Bahia. *Revista Brasileira de Mandioca*. 4(1): 123-124

FARIAS, A.R.N. (1990a) Especies de "Mosca Blanca": Situação Atual e Perspectiva de Controle. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brazil, 9pp.

FARIAS, A.R.N. (1994) Flutuação poblacional de *Aleurothrixus aepim* em mandioca, em São Miguel das Matas, Bahia. *Revista Brasileira de Mandioca*. 13: 119-122.

FARIAS, A.R.N.; SOUSA, J.D.S. e SILVEIRA, J.R.S. (1991) Flutuação populacional de *Bemisia tuberculata* em Maragogipe, Bahia. *Revista Brasileira de Mandioca*. 10(1-2): 103-107.

FRANÇA, F.H.; VILLAS-BOOS, G.L. and BRANCO, M.C. (1996) Occurrence of *Bemisia argentifolli* Bellow y Perring (Homoptera: Aleyrodidae) in the Federal District. *Anais da Sociedad Entomologica do Brasil*. 25(2): 369-372.

FREGENE, M.; ANGEL, F.; GÓMEZ, R.; RODRÍGUEZ, F.; CHAVARRIAGA, P.; ROCA, W.; TOHME, J.; and BONIERBALE, M. (1997) A molecular genetic map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Theoretical Applied Genetics*. 95: 431-441.

FRISON, E.A. and FELIU, E., eds (1991) *FAO/IBPGR Technical Guidelines for the Safe Movement of Cassava Germplasm*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Board of Plant Genetics Research, Rome, 48pp.

FROESCHNER, R.C. (1993) The Neotropical lace bugs of the genus *Vatiga* (Heteroptera: Tingidae), pests of cassava: New synonymies and key to species. In: *Proceedings Entomological Society of Washington*. 95(3): 457-462.

GARCIA, C.A. y BELLOTTI, A.C. (1980) Estudio preliminar de la biología y morfología de *Cyrtomenus bergi* Froeschner. Nueva plaga de la yuca. *Revista Colombiana de Entomología*. 6(3-4):55-61.

GOLD, C.S. (1993) Effects of cassava intercropping and varietal mixtures on herbivore load, plant growth, and yield: applications for small farmers in Latin America. In: Altieri, M.A. (ed.) *Crop Protection Strategies for Subsistence Farmers*. Westview, Boulder, CO, pp. 5:117-142.

GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A. and BELLOTTI, A.C. (1989a) Cassava intercropping and pest management: A review illustrated with a case study from Colombia. *Tropical Pest Management*. 35(4): 339-344.

- GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A. and BELLOTTI, A.C. (1989b) Effects of intercrop competition and differential herbivore numbers on cassava growth and yields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 26:131-146.
- GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A. and BELLOTTI, A.C. (1990) Effects of intercropping and varietal mixtures on the cassava hornworm, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), and the stemborer, *Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Pyralidae), in Colombia. *Tropical Pest Management*. 36(4): 362-367.
- GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A. and BELLOTTI, A.C. (1991) Survivorship of the cassava whiteflies, *Aleurotrachelus socialis* and *Trialeurodes variabilis* (Homoptera: Aleyrodidae) under different cropping systems in Colombia. *Crop Protection*. 10:305-309.
- HERNÁNDEZ, M.P.; BELLOTTI, A.C.; CARDONA, C.; LAPOINTE, S. y PANTOJA, A. (1995) Organización y utilidad de una colección de insectos para referencia y trabajo de cuatro cultivos tropicales. *Revista Colombiana de Entomología*. 21(1): 59-62.
- HERREN, H.R. and NEUENSCHWANDER, P. (1991) Biological control of cassava pests in Africa. *Annual Review of Entomology*. 36:257-283.
- HERRERA, J.C.; VAN DRIESCHE, R.G. and BELLOTTI, A.C. (1989) Temperature dependent growth rates for the cassava mealybug, *Phenacoccus herreni*, and two of its encyrtid parasitoids, *Epidinocarsis diversicornis* and *Acerophagus coccois* in Colombia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 50: 21-27.
- JANZEN, D.H. (1986) Biogeography of an exceptional place: What determines the saturniid and sphingiid moth fauna of Santa Rosa National Park, Costa Rica, and what does it mean to conservation biology? *Brenesia*. 25/26: 51-87.
- JANZEN, D.H. (1987) When and when not to leave. *Oikos*. 49: 241-243.
- LABERRY, R. (1997) La aplicación de un programa MIP en producción industrial de yuca. In: *Memorias Congreso Fitopatología, Biodiversidad, Micorrizas, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali*. Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, Cali, Colombia, pp. 136-137.
- LAL, S.S. and PILLAI, K.S. (1981) Cassava pests and their control in Southern India. *Tropical Pest Management*. 27(4): 480-491.
- LEIHNER, D.E. 1983. Management and evaluation of intercropping systems with cassava. *Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia*. 700 pp.
- LE RU, B. and CALATAYUD, P.A. (1994) Interactions between cassava and arthropod pests. *African Crop Science Journal*. 2(4): 419-421.
- LOHR, B. (1983) Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkei* barrenador de la yuca. In: Reyes, J.A. (ed.) *Yuca: Control Integrado de Plagas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 159-161.
- LOHR, B. and VARELA A.M. (1990) Exploration for natural enemies of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in South America for the biological control of this introduced pest in Africa. *Bulletin of Entomological Research*. 80: 417-425.



- LOMER, C.J.; BATEMAN, R.P.; GODONOU, I.; KPINDOU, D. and SHAH, P.A. (1990) Field infection of *Zonocerus variegatus* following application of oil based formulation of *Metarhizium flavoviridae* conidia. *Biocontrol Science and Technology*. 3: 337-346.
- LOZANO, J.C. and BELLOTTI, A.C. (1985) Integrated control of diseases and pests of cassava. In: Cock, J.A. y Reyes, J.A. (eds) *Cassava: Research, Production and Utilization*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia/United Nations Development Programme, pp. 575-585.
- LOZANO, J.C.; BELLOTTI, A.; REYES, J.A.; HOWLER, R. and LEIHNER, D. (1981) *Field Problems in Cassava*, 2nd ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 205pp.
- MADDISON, P. (1979) Pests Associated with Cassava in the Pacific Regions: Auckland Pacific Islands Pest Survey. Entomology Division, Department of Scientific y Industrial Research, Auckland, 16pp.
- MODDER, W.W.D. (1994) Control of the variegated grasshopper *Zonocerus variegatus* (L.) on cassava. *African Crop Science Journal*. 2(4): 391-406.
- MUNTHALI, D.C. (1992) Effect of cassava variety on the biology of *Bemisia afer* (Priesner y Hosny) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Science and its Application*. 13(3): 459-465.
- NEUENSCHWANDER, P. (1994a) Control of cassava mealybug in Africa: Lessons from a biological control project. *African Crop Science Journal*. 2: 369-383.
- NEUENSCHWANDER, P. (1994b) Spiralling whitefly *Aleurodicus dispersus*, a recent invader and new cassava pest. *African Crop Science Journal*. 2(4): 419-421.
- OSPINA, B.; SMITH, L. and BELLOTTI, A.C. (1999) Adapting participatory research methods for developing integrated crop management for cassava-based systems, Northeast Brazil. In: Fujisaka, S. (ed.) *Systems and Farmer Participatory Research*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 61-75.
- POLANÍA, M.A.; CALATAYUD, P.A. y BELLOTTI, A.C. (1999) Comportamiento alimenticio del piojo harinoso *Phenacoccus herreni* (Sternorhyncha: Pseudococcidae) e influencia del déficit hídrico en plantas de yuca sobre su desarrollo. *Revista Colombiana de Entomología*. 26(1-2): 1-9.
- PEÑA, J.E. and WADDILL, V. (1982) Pests of cassava in South Florida. *Florida Entomologist*. 65(1):143-149.
- PORTER, R.I. (1988) Evaluation of germplasm (*Manihot esculenta* Crantz) for resistance to the mealybug (*Phenacoccus herreni* Cox and Williams). PhD thesis dissertation, Cornell University, Ithaca, NY, 117p.
- RENVOIZE, B.S. (1973) The area of origin of *Manihot esculenta*, as a crop plant—a review of the evidence. *Economic Botany*. 26: 352-360.
- RIIS, L. (1990) The subterranean burrowing bug *Cyrtomenus bergi* Froeschner, an increasing pest in tropical Latin America: Behavioral studies, population fluctuations, botanical control, with special reference to cassava. MSc thesis, Institute of Ecological and Molecular Biology, Section of Zoology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 167pp.

- RIIS, L. (1997) Behaviour and population growth of the burrower bug, *Cyrtomenus bergi* Froeschner: Effects of host plants and abiotic factors. PhD thesis, Royal Veterinary Agricultural University, Copenhagen, 167pp.
- RIIS, L.; BELLOTTI, A.C. and VARGAS, O. (1995) The response of a polyphagous pest (*Cyrtomenus bergi* Froeschner) to cassava cultivars with variable HCN content in root parenchyma and peel. In: Proceedings, Second International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network, 22-26 August, 1994. Bogor, Indonesia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 501-509.
- SAMWAYS, M.J. (1980) O complexo de artropodas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Lavras, Minas Gerais, Brasil. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil. 9(1): 3-10.
- SCHMITT, A.T. (1988) Uso de *Baculovirus erinnyis* para el control biológico del gusano cachón de la yuca. Yuca Boletín Informativo (Colombia). 12: 1-4.
- SKOVGÅRD, H.; TOMKIEWICZ, J.; NACHMAN, G. and MÜNSTER-SWENDSEN, M. (1993) The effect of the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* on the growth and yield of cassava *Manihot esculenta* in a seasonally dry area in Kenya. Experimental Applied Acarology. 17(1-2): 41-58.
- SMITH, L. and BELLOTTI, A.C. (1996) Successful biocontrol projects with emphasis on the Neotropics. In: Proceedings Cornell Communications Conference on Biological Control, April 11-13, 1996, Cornell University. Cornell University Press, Ithaca, NY, 12pp. (<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/bcconf/talks/bellotti.html>).
- THRESH, J.M.; FARGETTE, D. and OTIM-NAPE, G.W. (1994) Effects of African cassava mosaic geminivirus on the yields of cassava. Tropical Science. 34: 26-42.
- URIAS LÓPEZ, M.A.; BELLOTTI, A.C.; BRAVO MOJICA, H. y CARRILLO SÁNCHEZ, J.L. (1987) Impacto de insecticidas sobre tres parasitoides de *Erinnyis ello* (L.), gusano de cuerno de la yuca. Agrociencia. 67:137-146.
- VAN DRIESCHE, R.G.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A. and HERRERA, C.J. (1990) Estimating total losses from parasitoids for a field population of a continuously breeding insect, cassava mealybug, *Phenacoccus herreni* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Colombia, S.A. Florida Entomology. 73:133-143.
- VAN SCHOONHOVEN, A. (1974) Resistance to thrips damage in cassava. Journal of Economic Entomology. 67:728-730.
- VARGAS, O. y BELLOTTI, A.C. (1981) Pérdidas en rendimiento causadas por moscas blancas en el cultivo de la yuca. Revista Colombiana de Entomología. 7(1-2):13-20.
- VARGAS, H.O. y BELLOTTI, A.C. (1984) Pérdidas en rendimiento causadas por *Phenacoccus herreni* Cox and Williams en dos clones de yuca. Revista Colombiana de Entomología. 10:41-46.
- VIDES, O.L.; SIERRA, O.D.; GÓMEZ, H.S. y PALOMINO, A.T. (1996) El barrenador del tallo de la yuca *Chilomima clarkii* (Lepidoptera: Pyralidae) en el CRECED Provincia del Río. Boletín CORPOICA, Santa Fé de Bogotá, Colombia, 12pp.



VILLEGAS, G.A. y BELLOTTI, A.C. (1985) Biología, morfología y hábitos de *Laocheirus araneiformis* Linne (Coleoptera: Cerambycidae) barrenador de la yuca en Palmira, Valle del Cauca. *Acta Agronómica* 35(4): 56-67.

WILLIAMS, D.J. y GRANARA DE WILLINK, M.C. (1992) Mealybugs of Central and South America. CAB International, Wallingford, UK, 635pp.

YANINEK, J.S. (1988) Continental dispersal of the cassava green mite, an exotic pest in Africa, and implications for biological control. *Experimental Applied Acarology*. 4:211-224.

YANINEK, J.S. and ANIMASHAUN, A. (1987) Why cassava green mites are dry season pests. Proceedings Seminar Agrometeorology Crop Protection in Lowland Humid and Sub-humid Tropics, World Meteorological Organisation./International Institute of Tropical Agriculture, Contonou, Benin, July 7-11, 1986. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, pp. 59-66.

YANINEK, J.S. and HERREN, H.R. (1988) Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa, and the search for appropriate control methods: A review. *Bulletin of Entomological Research*. 78: 1-13.

YANINEK, J.S.; MÉGEV, B.; DE MORAES, G.J.; BAKKER, F.; and BRAUN, A. (1991) Establishment of the Neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. *Biocontrol Science and Technology*. 1(4): 323-330.

#### AGRADECIMIENTOS

Las siguientes personas han contribuído con el contenido y preparación de este artículo:

Josefina Martínez; Bernardo Arias; Ana Milena Caicedo; Elsa Liliana Melo; Carlos Julio Herrera; José María Guerrero; María Elena Cuéllar; María del Pilar Hernández; María Ximena Escobar; Martha Liliana García.





# EL POTENCIAL DE CONTROL BIOLÓGICO EN EL MANEJO DE LAS PLAGAS DE LA YUCA

E. L. Melo<sup>1</sup>

## 1 GENERALIDADES DEL CONTROL BIOLÓGICO

El Control biológico, en sentido ecológico y como una fase del control natural, puede definirse como la regulación de la densidad de población de un organismo por enemigos naturales (parásitos, predadores o patógenos), a un nivel más bajo del que otra forma se alcanzaría. Se habla del control biológico aplicado, para los casos que suponen manipulación del hombre o una actividad profesional en control biológico y para cubrir todas las actividades en las cuales el hombre se compromete para fomentar la efectividad de los enemigos naturales (DeBach, 1977).

En un sentido amplio también se puede definir como la mortalidad o acción supresiva por cualquier factor biótico. En sentido más restringido es la acción directa de parásitos depredadores y patógenos, los cuales se llaman enemigos naturales y competidores de otras especies por recursos naturales, los cuales se llaman antagonistas, en el mantenimiento y regulación de la densidad poblacional de un organismo a un promedio más bajo del que existiría en su ausencia. No incluye resistencia vegetal, interferencia en el comportamiento de la plaga por sus propias feromonas, manipulación genética de la plaga, extractos químicos naturales y control mecánico por el hombre, aunque puede incluir la manipulación de enemigos naturales y antagonistas por el hombre (ej: crianza masiva y liberación, importación) (Cave, 1995a).

En el estudio del Control Biológico, se requiere de fases que en un principio son estudios básicos útiles para cualquier aplicación del método, los cuales no necesariamente reportan resultados utilitarios inmediatos como un objetivo y no incluyen los efectos directos para utilizar, manipular o conservar los enemigos naturales. Las primeras fases incluyen una investigación básica dentro de los aspectos fundamentales de taxonomía, biología, fisiología, genética, ecología y demografía, comportamiento, métodos culturales y nutrición (DeBach, 1995).

Como primer acto en un programa de control biológico es la identificación de la plaga y sus enemigos naturales, tal vez por un especialista si es necesario. El conocer el nombre y la clasificación de un organismo es tener la llave a todos los conocimientos existentes, los cuales facilitarán su entendimiento, su control si es plaga o su aprovechamiento si es enemigo natural (Cave, 1995b).

---

<sup>1</sup> Asistente de Investigación, Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, Proyecto Yuca, CIAT, A.a. 6713, Cali, Colombia, [elmelo@hotmail.com](mailto:elmelo@hotmail.com)

## 2. ENEMIGOS NATURALES

En el Control Biológico participan diversos enemigos naturales, dentro de los cuales se encuentran: parásitos, predadores y microorganismos. Estos organismos deben ser capaces de responder rápidamente a las dinámicas poblacionales de la plaga, encontrando proporcionalmente más plagas a medida que la población de esta tienda a incrementarse. Para esto, se caracteriza el enemigo natural teóricamente ideal por ciertos criterios biológicos y ecológicos (Cave, 1995c).

### 2.1 PREDADORES

Son organismos carnívoros que en su estado inmaduro y/o adulto activamente busca y captura varios números de presas que consume parcial o totalmente.

Quizás la mitad de los insectos y ácaros son depredadores. Un problema en considerar los depredadores es que hay tantos, que resulta difícil decir cuales son los más efectivos. Estos se clasifican en dos tipos: los generalistas y los especialistas, dependiendo de sus hábitos alimenticios y su comportamiento.

Los principales predadores de artrópodos se ubican en los siguientes ordenes: *Odonata*, *Orthoptera*, *Dermaptera*, *Hemiptera*, *Neuroptera*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Araneae* y *Acari*, destacándose las familias *Mantidae*, *Labiduridae*, *Pentatomidae*, *Chrysopidae*, *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Coccinelidae*, *Elateridae*, *Cecidomidae*, *Syrphidae*, *Phytoseiidae* (Banegas and Cave, 1995).

### 2.2 PARASITOIDES

Son organismos que en su estado inmaduro viven dentro o sobre el cuerpo de otro organismo, se alimenta de un sólo hospedero y lo mata; el estado adulto vive libre, no siendo parasítico. Unas de las características que hacen a los parasitoides promisorios en el control biológico es su especificidad (ej: *Aphelinidae* y *Encyrtidae*), la facilidad de criarlos en grandes cantidades (ej: *Trichogramma*, *Cotesia flavipes*, *Encarsia formosa*, *Telenomus remus*), el poder de vuelo que facilita la dispersión, alta fecundidad y corto tiempo generacional y tasas de evolución comparables a las plagas. Cinco órdenes de insectos comprenden especies de parasitoides, agrupándose la mayoría en dos órdenes: *Hymenoptera* y *Diptera* (Diaz and Hanson, 1995). Algunas de la familias importantes son: *Aphelinidae*, *Platyasteridae*, *Eulophidae* y *Encyrtidae*.

### 2.3 ENTOMOPATÓGENOS

Como su nombre lo dice son patógenos de Insectos y se agrupan dentro de los controladores microbiológicos. Según Castillo *et al.* (1995) el término control



microbiológico se refiere a la utilización de microorganismos (en sentido amplio se incluyen los nemátodos) para el control de plagas.

Se ha observado en los últimos años un incremento en el uso de microorganismos para el control efectivo de insectos plagas en diferentes cultivos, esto puede ser el resultado del descubrimiento y desarrollo de nuevas especies y cepas de entomopatógenos (Lacey and Brooks, 1996). Los insectos están asociados a diversidad de microorganismos en una variedad de formas como son: simbiosis, mutualismo y parasitismo. El mutualismo en los insectos puede ser abundante un ejemplo es la asociación de protozoos con las termitas siendo no patógenos para el insecto hospedero. Sin embargo los Patógenos resultan en una variedad de condiciones en insectos hospederos siendo desfavorables para estos. Los Entomopatógenos causan problemas en insectos a través de infecciones, parasitismo y/o toxemias (Lacey 1996).

Existen cinco grupos de principales agentes microbiológicos.

**2.3.1 Virus.** Los virus entomopatógenos son considerados entidades infecciosas cuyo genoma está constituido por ácido nucleico, ya sea de AND o ARN, y que se reproducen en el tejido del hospedero. Una de las familias de mayor importancia para el control de insectos es la *Baculoviridae*. Los baculovirus, contaminan el insecto por vía oral; normalmente los virones (unidades infectivas de los virus), se encuentran en las hojas y tallos de la planta y son ingeridos con el alimento. Las primeras células afectadas son las epiteliales del intestino y posteriormente ataca otros tejidos como son cuerpos grasos, epidermis del intestino, hemocitos, tráqueas y glándulas de seda. Las larvas infectadas se vuelven letárgicas, dejan de alimentarse y se paralizan; el insecto muerto representa la fuente del inóculo más importante para mantener las epizootias (Castillo *et al.*, 1995).

**2.3.2 Hongos.** Los hongos entomopatógenos son aquellos que causan la muerte temprana del hospedero por penetración y proliferación al interior del cuerpo del insecto, el cual se muere porque está siendo privado de nutrientes solubles de su hemolinfa, por la invasión o digestión de sus tejidos, y/o por la liberación de toxinas por el hongo. Esto es importante para destacar que no todos los hongos asociados con insectos son patógenos, ya que hay patógenos obligados, la mayoría son facultativos, hay hongos saprófitos y otros simbiosis (Ferrón, 1985). Existen más de 700 especies de hongos entomopatógenos, repartidas en diferentes grupos taxonómicos, los cuales ofrecen posibilidades de uso como factores de regulación de insectos (Hajek and Leger, 1994).

El sistema de clasificación más aceptado es el propuesto por Ainsworth (1973), citado por Tanada and Caya, (1993) y Ferrón (1985); el cual separa a los hongos en dos divisiones, Myxomycota para formas plasmodiales (en formas asexuadas, a simple vista se observan como una masa de protoplasma multinucleado que emite pseudópodos similar a una ameba) y Eumycota para formas no plasmodiales que son frecuentemente miceliales. Los hongos entomopatógenos son encontrados en la división Eumycota y en las siguientes



subdivisiones: Mastigomycotina, caracterizados por formar células móviles (zoosporas), estado perfecto, (formación de oosporas), Zygomycotina, sin células móviles, estado perfecto, (zigosporas); Ascomycotina, estado perfecto, (ascosporas); Basidiomycotina, estado perfecto, (basidiosporas). Deuteromycotina, sin células móviles y sin estado perfecto. La mayoría de los hongos entomopatógenos están en Zygomycotina, clase Zygomycetes, orden Entomophthorales (*Neozygites*), y en la Deuteromycotina, clase Hyphomycetes, orden Moniliales (*Aspergillus*, *Beauveria*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Verticillium*).

Los investigadores en el área de los hongos Entomopatógenos han realizado una serie de trabajos, que al ser organizados objetivamente, marcan una ruta aparentemente lógica para el desarrollo de metodologías encaminadas a demostrar la virulencia o patogenicidad de estos hongos sobre diferentes insectos y así incluirlos dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas (Sánchez, 1996).

**2.3.3 Nemátodos.** El phylum Nemátoda, es luego de la artrópoda uno de los más diversos taxa del reino animal. Se les puede encontrar en una gran diversidad de hábitats. Son gusanos redondos, carecen de sistema respiratorio y circulatorio. La asociación insecto-nemátodo va de accidental a obligada y de comensal a parasítica (Stock, 1998).

Los nemátodos de las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae* son parásitos obligados de un amplio rango de especies de insectos. En cada familia solo hay un género, *Steinernema* y *Heterorhabditis*, y sus miembros están asociados mutualísticamente con bacterias de los géneros *Xenorhabdus sp.* y *Photorhabdus sp.* respectivamente (Sáenz, 1999). Estas bacterias son letales a sus huéspedes (los insectos), haciendo de los nemátodos organismos adecuados para el control biológico. El estado infectivo es el juvenil del tercer estadio (IJ3), al penetrar por aberturas naturales o por el integumento del insecto, llega hasta el hemocele y libera el simbiote. La bacteria prolifera y produce enzimas (lipasas, proteasas) que degradan los tejidos, y juntos, nemátodos y bacteria matan al insecto en 48 horas. Los juveniles se alimentan de bacterias y tejidos degradados. El desarrollo de los nemátodos es favorecido por la producción de antibióticos por parte de la bacteria, que evitan la proliferación de contaminantes secundarios. Se producen de 1 a 3 generaciones del nemátodo, dependiendo del tamaño del insecto que infecten. Todos los individuos de *Steinernema* son sexuales, en *Heterorhabditis* los de la primera generación son hermafroditas y los de la segunda son sexuales. Las bacterias *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*, bacilos Gram (-) de la familia *Enterobacteriaceae* (Akhrus and Boemare, 1990), presentan dos fases: F1, aislada de nemátodos infectivos, produce antibióticos y flagelos. Esta es la forma que se encuentra en el J3. La F2, aislada de cadáveres de insectos viejos o de nemátodos en cultivo *in vitro*. La asociación bacteria-nemátodo es mutualística, la bacteria no puede sobrevivir sola en el suelo, y el nemátodo no puede desarrollarse bien sin la bacteria. Aunque faltan estudios, se sabe que por ayuda mutua evaden la respuesta inmune del hospedero, garantizando ambos su sobrevivencia. El potencial patogénico del complejo



nemátodo-bacteria, se ha explotado y usado como control biológico de varias plagas (Stock, 1998).

**2.3.4 Bacterias.** Las bacterias se encuentran en todos los insectos muertos, pero sólo en algunos casos son la causa primaria de mortalidad. Pueden causar infecciones leves, pero sólo en algunos casos pueden ocasionar la muerte del insecto. Estas entran al insecto con su alimento, permaneciendo circunscrito por la membrana peritrófica del intestino. Causan una septicemia general, pero no se encuentran en ningún tejido. En la naturaleza se conoce poco del papel de los patógenos bacterianos en el control de insectos plaga; las epizootias se han reportado en condiciones de alta densidad del hospedero; en otras circunstancias raramente ocurren las epizootias o éstas no son reconocidas.

Estas se categorizan de acuerdo a sus propiedades patógenas: patógenos obligados y patógenos facultativos. Entre las bacterias entomopatógenas, las que pertenecen al género *Bacillus* son las más prometedoras para el control de insectos plaga (ej: *Bacillus thuringiensis*, *B. cereus*, *B. popilliae*, *B. larvae*) (Castillo *et al.*, 1995).

**2.3.5 Protozoarios.** Los protozoarios se han reconocido como factores importantes en la regulación natural de las densidades de ciertos insectos; sin embargo, han tenido poca aplicación como agentes microbiales ya que las especies entomofílicas causan infecciones crónicas o debilitantes de un ámbito estrecho de hospederos (Castillo *et al.*, 1995).

En yuca los enemigos naturales más comunes pertenecen a los grupos de Parasitoides, Predadores y Patógenos dentro de los cuales se destacan los hongos entomopatógenos, nemátodos y virus, por ser los más estudiados. En CIAT se ha hecho una compilación del número de especies de enemigos naturales, donde se encontró un número total de 76 parasitoides, 219 predadores y 36 patógenos (Tabla 1), pudiendo haber más especies.

### 3. CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DE LA YUCA

En la Tabla 2., se muestran algunos de los principales enemigos naturales que controlan las principales plagas en yuca, a la cual se le estará haciendo referencia en este capítulo.

#### 3.1 ÁCARO VERDE DE LA YUCA

El ácaro verde de la yuca (AVY) *Mononychellus tanajoa* (Bondar), (sin: *Mononychellus progresivus*) es probablemente nativo del Nordeste de Brasil, donde se reportó por primera vez en 1938. Los nativos conocían el síntoma que producía el daño, por lo cual lo llamaron tanajoa (una enfermedad o problema de la planta) (Bellotti *et al.*, 1999). Su ataque lo realiza en hojas jóvenes y meristemas (Bellotti and Schoonhoven, 1978). En la década de los setenta, *M. tanajoa* fue introducida accidentalmente al continente africano, apareciendo primero en Uganda (Nyiira 1972). Esta plaga se diseminó por todo el

cinturón yuquero africano en un tiempo de 10 años, tal vez por el intercambio de material vegetal de siembra (Yaninek, 1988).

**Tabla 1.** Total de enemigos naturales de plagas de yuca.

PLAGAS	PARASITOS	PREDADORES	PATOGENOS
ACAROS			
<i>Mononychellus tanajoa</i>		60	2
<i>Tetranychus urticae</i>			
GUSANO CACHON	18	15	15
MOSCA BLANCA	17	5	6
CHINCHE DE ENCAJE		1	
PIOJO HARINOSO	25	46	2
MOSCA DE LA FRUTA	3		
BARRENADORES			
<i>Chilomima clarkei</i>	5	2	5
<i>Lagochirus sp.</i>	2		
ESCAMAS			
<i>A. albus</i>	2	9	2
<i>S. miranda</i>	2		
CYDNIDAE		1	2
MOSCA DE AGALLAS	2		1
CHIZAS			1
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>139</b>	<b>36</b>



**Tabla 2.** Principales enemigos naturales de las principales plagas del cultivo de la yuca.

PLAGA	PARASITOS	PREDADORES	ENTOMOPATOGENOS
<b>GUSANO CACHON DE LA YUCA</b> ( <i>Erinnys ello</i> )	<i>Trichogramma sp</i>	(H)* <i>Chrysopa sp.</i>	(H) <i>Bacillus thuringiensis</i> (L)
	<i>Telenomus sp</i>	(H) <i>Podisus negrispinus</i>	(L) <i>Baculovirus de E. ello</i> (L)
	<i>Sphingis sp</i>	(H) <i>P. obscurus</i>	(L) <i>Metarhizium anisopliae</i> (L)
	<i>Cotesia americana</i>	(L) <i>Polistes canadensis</i>	(L) <i>Beauveria bassiana</i> (L)
	<i>Euplectrus sp</i>	(L) <i>P. carnifex</i>	(L) <i>Paecylomices sp.</i> (L)
	<i>Apanteles flaviventris</i>	(L) <i>P. erythrocephalus</i>	(L) <i>Nomurea rilegi</i> (L)
	<i>Drino sp</i>	(L) <i>P. versicolor</i>	(L) <i>Cordyceps sp.</i> (P)
	<i>Euphorocera sp.</i>	(L) <i>Zellus sp.</i>	(L)
	<i>Sarcodexia innota</i>	(L) <i>Polybia emaciata</i>	(L)
	<i>Thysanomia sp.</i>	(L) <i>P. sericea</i>	(L)
	<i>Belusia sp.</i>	(L) <i>Calosoma sp.</i>	(L)
	<i>Forcipomyra eriphora</i>	(L) Arañas (varias sp.)	(L)
<b>PIOJOS HARINOSOS DE LA YUCA.</b> ( <i>Phaenacoccus herreni</i> )  ( <i>Ph. Madeirensis</i> )  ( <i>Ph. Manihoti</i> )	<i>Apoanagyrus diversicornis</i>	<i>Ocytamus sp.</i>	<i>Cladosporium sp.</i>
	<i>Anagyrus insolitus</i>	<i>Symphorobius sp.</i>	<i>Neozygites fumosa</i>
	<i>A. sp. ca. Putenophyllus</i>	<i>Hyperaspis sp.</i>	
	<i>Epidinocarsis elgeri</i>	<i>Cleothera onerata</i>	
	<i>Prochiloneurus dactylopii</i>	<i>Nephus sp.</i>	
	<i>Chartocerus sp.</i>		
	<i>Acerophagus coccois</i>		
	<i>Eusemion sp.</i>	<i>Kalodiplosis coccidarum</i>	
	<i>Signiphora sp.</i>	<i>Curinus colombianus</i>	
		<i>Cleothera onerata</i>	
		<i>Dionus sp.</i>	
		<i>Exochomus sp.</i>	
	<i>E. flaviventis</i>		
	<i>Symphorobius maculipensis</i>		
	<i>Hyperaspis raynevali</i>		
	<i>H. aestimabilis</i>		
	<i>Dionus hennesseyi</i>		

Continuación Tabla 2.

PLAGA	PARASITOS	PREDADORES	ENTOMOPATOGENOS
ACARO VERDE DE LA YUCA ( <i>Mononychellus tanajoa</i> )		<b>Insectos:</b> <i>Stethorus</i> sp. <i>Oligota</i> sp. <i>Chrysopa</i> sp. <b>Acaros Phytoseiidae:</b> <i>Typhlodromalus manihoti</i> <i>T. aripo</i> <i>Neoseiulus idaeus</i>	<i>Hirsutella thompsoni</i> <i>Neozygites</i> sp.
CHINCHE DE ENCAJE ( <i>Vatiga manihotae</i> )		<i>Zellus nugax</i>	(N-A)
COMPLEJO DE MOSCAS BLANCAS ( <i>Aleurotrachellus socialis</i> )	<i>Encarsia hispida</i> <i>E. bellotti</i> <i>Eretmocerus</i> spp. <i>Euderomphale</i> sp. nva esp. <i>Signiphora</i> sp.	<i>Chrysodina</i> sp. <i>Delphastus</i> sp. <i>D. sp. pos. quinculus</i> <i>D. pusillus</i> <i>Chrysopa</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp. <i>Verticillium lecanii</i> <i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Paecilomyces</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp.
( <i>Bemisia tuberculata</i> )	<i>Eretmocerus</i> spp. <i>Encarsia pergandiella</i> <i>E. hispida</i> <i>Euderomphale</i> sp. nva esp. <i>Metaphicus</i> sp.		
( <i>T. variabilis</i> )	<i>Encarsia pergodiella</i> <i>E. hispida</i> <i>Eretmocerus</i> sp.		



Continuación Tabla 2.

PLAGA	PARASITOS	PREDADORES	ENTOMOPATOGENOS
<i>(Aleurodicus dispersus)</i>	<i>Aleurotonus vittatus</i> <i>Eretmocerus</i> spp. <i>Encarsia sofia</i> <i>Encarsia luteola group</i> <i>Encarsia strenua group</i> <i>Amitus macgowni</i>		
Otras:			
<b>CHINCHE SUBTERRÁNEO DE LA VIRUELA</b> <i>(Cyrtomenus bergi)</i>		<i>Nerthra</i> sp.	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> <i>Steinernema carpocapseae</i> <i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Beauveria bassiana</i> <i>Paecilomyces lilacinus</i>
<b>BARRENADOR DE TALLOS DE LA YUCA</b> <i>(Chilomima clarkei)</i> <i>(Lagochirus</i> spp.)	<i>Bracon</i> sp. <i>Apanteles</i> sp. <i>Brachymeria</i> sp.		<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Spicarsia</i> sp. Virus (sin ident.)

\* H: Huevo; L: larva; P: pupa; A: adulto.

En la actualidad es la principal plaga de la yuca en Africa, causando pérdidas en rendimiento del 13-80% (Herren and Neeuenschwander, 1991).

Con el fin de desarrollar un programa de control biológico para combatir el AVY, la cual es de alta importancia en zonas subhúmedas de Africa y Brasil, se adelantó un reconocimiento taxonómico y estudios sobre distribución geográfica de ácaros predadores de la familia *Phytoseiidae* en el cultivo de la yuca (Bellotti *et al.*, 1987). Se decidió asignar prioridades geográficas para la exploración de enemigos naturales basadas en la homología agrometereológica entre las Américas y las regiones de Africa afectadas con el ácaro verde (Yaninek and Bellotti, 1987, Bellotti *et al* 1987). Se prepararon mapas de homologías agrometereológicas basados en la clasificación microregional para el cultivo de la yuca propuesto por Carter (1986).

Según Braun *et al.* (1993) a través de las exploraciones hechas en áreas de América del Sur donde se cultiva la yuca, entre 1983 – 1990 se hallaron 40 especies de fitoseidos en la yuca y plantas aledañas asociados al complejo de especies de ácaros fitófagos, alcanzando su máxima diversidad en Colombia. De este grupo de 40 especies, 18 de ellas son las más comunes por que se encuentran frecuentemente en el cultivo (CIAT, 1990). En la actualidad CIAT posee una base de datos donde se encuentran almacenados 5999 registros pertenecientes a 2416 muestras tomadas en diferentes países y en diferentes épocas de exploraciones. De todos los registros mencionados 4299 han sido identificados por taxónomos del CIAT o internacionales y de estos especímenes identificados en la colección de referencia del proyecto existen 2368 láminas.

Durante el tiempo de funcionamiento del proyecto Control Biológico del Acaro Verde de la yuca, se han muestreado 31 países pertenecientes a América y Otros Continentes; registrándose un número de 1576 muestras en Colombia, cumpliendo con el objetivo del proyecto; las zonas mas muestreadas son Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil. En estas exploraciones se han encontrado alrededor de 87 especies dentro de las cuales 25 han sido nuevas. En yuca se han colectado 66 especies de fitoseidos, 13 especies son las más comunes. *Typhlodromalus manihoti* fue la colectada más frecuentemente, encontrada en más del 50% de los campos muestreados. Este fue seguido por *Neoseiulus idaeus*, *T. aripo*, *Galendromus annectens*, *Euseius concordis* y *E. ho.*, *T. aripo* y *N. idaeus* están jugando un rol importante como promisorios en el control de *M. tanajoa* en Africa (Yaninek *et. al.*, 1991; 1993). Desde 1984 numerosas especies de fitoseidos han sido enviadas desde Colombia y Brasil hasta Africa. De las especies liberadas masivamente, ninguna de las procedentes de Colombia se estableció, pero tres de las especies (*Typhlodromalus manihoti*, *T. aripo* y *N. idaeus*), de Brasil lo hicieron (Yaninek *et. al.*, 1991; 1993; Bellotti *et. al.*, 1999). *T. aripo* aparece como la más promisoriosa de las tres. Esta se dispersó rápidamente y se encuentra en más de 14 países. Evaluaciones de campo indican que *T. aripo* reduce la población del AVY en 35-60% e incrementa la producción de materia fresca en 30-37% .



Resultados de experimentos en campo en Colombia (Braun *et. al.*, 1989) demostraron la importancia y el efecto de la diversidad de especies de fitoseidos asociados al AVY. En Colombia la producción de raíces frescas y secas fue reducida en 33% cuando los enemigos naturales fueron eliminados; mientras tanto aplicaciones de acaricidas no incrementaron la producción, indicando un buen control biológico.

Exploraciones también muestran algunos insectos predadores del AVY, especialmente estafilínidos *Oligota minuta* y el coccinéido *Stethorus sp.*. *O. minuta* ha sido catalogada como el depredador dominante de poblaciones de *M. tanajoa*. Investigaciones realizadas en CIAT y Uganda coinciden en que las poblaciones de *Oligota* se localizan entre las hojas quinta y octava, o sea donde se encuentran las poblaciones más altas de la plaga. En estado larval puede consumir de 49 a 70 ácaros y de 44 a 61 huevos; en su estado adulto consumen, en un lapso 7 a 16 días, un total de 97 a 142 huevos y adultos. El otro insecto encontrado *Stethorus sp.*, pero se encuentra más asociado a otra especie de plaga *Tetranychus urticae*, donde en ataques severos en campo se observó que el 98% de los depredadores eran *Stethorus* y sólo un 2% era *Oligota* (CIAT, 1982).

Estos fitoseidos e insectos predadores están siendo estudiados ampliamente en laboratorio y campo. Lo cual ha mostrado que los ácaros fitoseidos son más eficientes que los insectos predadores (Byrne *et. al.*, 1983).

Por observaciones hechas a nivel de laboratorio y campo se han encontrado al predador neuroptero, *Chrysopa sp.* consumiendo diferentes estados de la plaga, mostrando ser muy efectivo.

Otros enemigos naturales de los ácaros son los hongos patógenos perteneciente a los géneros *Neozygites* (*Zygomycetes: Entomophthorales*) e *Hirsutella* (*Hyphomycetes: Moniliales*). El primero es un hongo patógeno que aparece esporádicamente en Colombia y en el Nordeste de Brasil (*Neozygites c.f. floridana*), causando mortalidades hasta del 100% al AVY en una a dos semanas (Delalibera *et al.* 1992). Algunas cepas son específicas del género *Mononychellus* (Moraes and Delalibera, 1992). Este patógeno ha sido encontrado también en Africa, pero nunca se ha observado que cause mortalidades dramáticas de esta plaga (Yaninek *et al.* 1996). Lo que nos puede mostrar que las cepas de Brasil son más virulentas que las de Africa. Debido a que la taxonomía de este género no es bien conocida, y la necesidad de diferenciar entre las cepas africanas y las candidatas a liberar, se ha iniciado el análisis molecular de las mismas, los resultados obtenidos indican que las cepas pueden ser diferenciadas, aunque la técnica debe ser estandarizada para realizar las medidas de distancia genéticas. (Bohórquez, 1995).

*Hirsutella sp.* en evaluaciones hechas en Africa mostraron ser muy efectivo por eso se puede considerar con un alto potencial como agente de control biológico (Odongo *et al.*, 1988, Yaninek *et al.*, 1996).



### 3.2 EL PIOJO HARINOSO DE LA YUCA

Una de las formas de controlar esta plaga es la utilización de enemigos naturales. Para lo cual se han realizado exploraciones, en búsqueda de los más promisorios. El manejo del piojo harinoso de la yuca es un ejemplo de control biológico clásico (Herren and Neeuenschwander, 1991). Se habla de un complejo de especies de piojos como ya se mencionó en capítulos anteriores, donde se destacan *Phenacoccus herreni*, el cual se ha encontrado en América, entre los parásitos se encontraron dos especies de *Anagyrus* (*Encyrtidae*), *insolitus* y un *sp. ca. putonophylus*. Varios parasitoides muestran una especialidad o preferencia por *P. herreni*. Parasitoides identificados del norte de Suramérica incluyen: *Acerophagus coccois*, *Apoanagyrus diversicornis*, *Anagyrus putonophilus*, *A. insolitus*, *Apoanagyrus elegeri* y *Aenasius vexans*. Los tres encyrtidos (*A. diversicornis*, *A. coccois* y *A. vexans*) han sido identificados como parasitoides efectivos para el control de *P. herreni* (Van Driesche *et. al.* 1988; 1990). Por los esfuerzos combinados de CIAT y EMBRAPA, *A. diversicornis*, *A. coccois* y *A. vexans* fueron exportados de CIAT y liberados en el Nordeste del Brasil, principalmente en los estados de Bahía y Pernambuco durante 1994 a 1996. Antes de la introducción, científicos de EMBRAPA realizaron reconocimientos de campo para medir el daño y coleccionar enemigos naturales. A finales de 1996, más de 35.000 individuos de las tres especies de parasitoides habían sido liberados. En Bahía, *A. diversicornis* se dispersó 130 Km. en 6 meses, 234 Km. en 14 meses y 304 Km. en 21 meses, después de la liberación. *A. coccois* también se estableció y fue recuperado en alta proporción a distancias menores de 180 Km. del sitio de liberación 9 meses después. *A. vexans*, aunque fue consistentemente recapturado en su sitio de liberación en Pernambuco, dispersándose solamente 40 Km. en 5 meses (Bento *et. al.*, 1999). *A. vexans* y *A. diversicornis* muestran una preferencia marcada por *P. herreni*, aunque estudios de laboratorio muestran que ellos también parasitan otras especies de piojos (Bellotti *et. al.*, 1983; Bellotti *et. al.*, 1994; Bertschy *et. al.*, 1997). *A. coccois* mostró igual preferencia por ambos *P. herreni* y *P. maderensis*. Los tres parasitoides fueron atraídos por las infestaciones de *P. herreni* (Bertschy *et. al.*, 1997). Estudios comparativos de los ciclos de vida de los tres parasitoides muestran que cada uno podría completar dos ciclos por cada ciclo de *P. herreni*, una relación favorable para control biológico.

*A. diversicornis* prefiere ninfas de tercer instar, mientras *A. coccois*, que es mucho más pequeño puede parasitar cocones de machos, hembras adultas y ninfas de segundo instar con igual frecuencia. La oviposición de *A. diversicornis* causó el 13% de mortalidad de ninfas de tercer instar (Van Driesch *et. al.*, 1990). *A. vexans* prefiere segundo, tercer y hembras adultas con igual frecuencia (CIAT, 1990).

Estudios de campo con poblaciones naturales de *A. diversicornis* y *A. coccois* determinaron un porcentaje de parasitismo usando plantas trampa con hospederos de *P. herreni* alrededor del cultivo de yuca (Van Driesche *et. al.*, 1988). La mortalidad de *P.*



*herreni* fue estimada en 55% por la acción combinada de los dos parasitoides (Van Driesche *et. al.*, 1990).

En 1980 se reportó que especies encontradas en las Américas y la de Africa eran diferentes, presentando la primera machos, lo cual llevó a describirla como una nueva especie, *P. herreni*. En esta misma época la especie *P. manihoti*, se localizó en Paraguay por Bellotti (Herren and Neeuenschwander, 1991), al igual que la plaga se encontraron enemigos naturales que fueron enviados para ser liberados en Africa, se dejaron a prueba, 15 enemigos naturales; los principales fueron un predador, coccinélido: *Cleothera onerata*, que mostró dificultades para sobrevivir en estaciones de lluvia y el más eficaz *Epidinocarsis lopezi*, esta fue liberada por avión y se logró que se establecieran en 25 países del cinturón yuquero, esta bajo control en un 90% de la región (Wigg, 1994).

Predadores que se han reportado atacando el piojo harinoso (Tabla 1), incluyen *Cleothera onerata*, *Symphorobius*, el díptero *Ocytamus sp.*, *Hyperaspis sp.*, *Nephus*, *Dionus hennessey* entre otros. Hongos entomopatógenos también se han encontrado asociados como son *Cladosporium sp* y *Neozygites fumosa* (Base de datos CIAT). El único enemigo natural de *P. manihoti* encontrado en Zaire fue la mariposa predador *Spalgis lemolea* (Leuschner and Nwanze, 1978; Bennett and Greathead, 1978).

### 3.3 CHINCHE DE LA VIRUELA DE LA YUCA

Con el chinche *C. bergi* (Hemiptera: *Cydnidae*), se han realizado en el CIAT estudios básicos, tales como biología, comportamiento y fluctuación poblacional, preferencia alimenticia y ensayos de control químico y cultural con la leguminosa *Crotalaria juncea* L.. El uso de insecticidas no es recomendado, no sólo por costos, sino también por la destrucción de los enemigos naturales que controlan poblaciones de otras plagas en yuca (Caicedo and Bellotti, 1994).

El reconocimiento de nemátodos nativos asociados con *C. bergi* se ha realizado como una alternativa al control químico y cultural. Se han hecho exploraciones en 8 localidades de Manizales, Pereira y Santander de Quilichao; en todas las muestras se encontraron nemátodos, se identificaron razas geográficas de la especie *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, para un 37% de los aislamientos recuperados tanto del suelo como de chinches muertas en el campo, bajo condiciones diversas de clima y características físicas y químicas del suelo (Caicedo and Bellotti, 1996).

Otras investigaciones con miras a probar la efectividad de estos nemátodos se llevaron a cabo con la especie *Steinernema carpocapsae* controlando este insecto. Con todos los estado del insecto se evaluaron metodologías, donde el nemátodo parasitó al chinche en los diferentes medios y tiempos evaluados, utilizando una unidad experimental compuesta de arena estéril con un contenido de humedad de 3% y un sólo insecto, siendo la mas adecuada en condiciones de laboratorio. El estado adulto es el más susceptible en todas

las dosis que se evaluaron (2.000, 4.000, 6.000, 8.000 y 10.000 n/ml), con un promedio de 58.6% de parasitismo. Los resultados que se han obtenido permiten concluir que esta especie de nemátodo puede ser promisorio dentro de un programa de control integrado de plagas (Caicedo and Bellotti, 1994).

También se han hecho estudios para encontrar la mejor metodología para la cría masiva de los nemátodos, utilizando la especie *H. bacteriophora*, la cual se considera promisorio por su alta virulencia, capacidad de búsqueda y facilidad de propagación (Gaugler and Kaya, 1990). Los resultados concluyen que la mejor producción se obtiene en cría *in vivo* e *in vitro*. Con esta especie se evaluó la capacidad parasítica de dos razas, las cuales son capaces de parasitar todos los estados de desarrollo de la plaga, siendo el quinto estado de desarrollo más susceptible, al aumentar la dosis de nemátodos, aumenta el parasitismo (Barberena, 1996).

Otros entomopatógenos usados para el control son los hongos, se realizaron bioensayos de laboratorio, se evaluaron suspensiones de conidias de los hongos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil; *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin y *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson (*Deuteromycotina: Hyphomycetes*), combinados con tres sustratos y dos métodos de inoculación. Se observó que los estados inmaduros son los más susceptibles a *M. anisopliae*, causando este mayor mortalidad que *B. bassiana* y *P. lilacinus* (Sánchez and Bellotti, 1997).

El potencial para el control biológico de *C. bergi* está siendo investigado y estudios recientes con nemátodos entomopatógenos y fungipatógenos indican una posible solución. Sin embargo, esta investigación sólo se ha hecho en laboratorios/invernaderos; y se necesitan estudios de campo antes de que se puedan recomendar tecnologías aceptables (A.C. Bellotti, Comunicación Personal).

Un predador de esta plaga es el chinche (*Gelastocoridae: Hemiptera*) *Nerthra sp.*, el cual se observó predando en un campo de maní (M. del P. Hernández, Comunicación personal).

### 3.4 MOSCA BLANCA

En Colombia en los últimos años las moscas blancas han causado efectos adversos en zonas influenciadas por el cultivo de la yuca. Dada esta situación y al desconocimiento del papel que desempeñan los agentes de control biológico, se planteó el estudio del complejo y distribución de especies de parasitoides que se encuentran asociados a este insecto. El estudio fue realizado en diferentes regiones del Cauca, Valle del Cauca y la Costa Atlántica de Colombia (Tabla 3) (CIAT, 1999). Se colectaron muestras de mosca blanca que fueron debidamente procesadas. En laboratorio se rescató y se analizó cada una de las especies tanto de parasitoides como de mosca blanca y se hizo su identificación. Hasta el momento se han identificado diferentes especies de mosca blanca y parasitoides de las diversas zonas y/o localidades, lo cual ha demostrado la variabilidad



de los parasitoides y su relación intrínseca por alguna especie de mosca blanca, o su presencia como hiperparasitoide. Las identificaciones de moscas blancas incluyeron las especies *Aleurotrachellus socialis* (Bondar), *Bemisia tuberculata* (Bondar), *Trialeurodes sp.* y *Tetraleurodes sp.* como las especies predominantes en el cultivo; en cuanto a los parasitoides se obtuvieron *Eretmocerus sp.* (Aphelinidae), *Encarsia pergandiella* (*species group*) (Aphelinidae): *Encarsia hispida*, *Encarsia bellottii*, *Metaphycus sp.* (Encyrtidae), *Euderomphale sp.* (Eulophidae) y *Signiphora aleyrodis* (Signiphoridae) como posible hiperparasitoide (Trujillo *et al.*, 1999). Otros parasitoides que se han identificado son: *Encarsia sofia*, *Encarsia luteola group*, *Encarsia strenua group* (las dos últimas como un complejo de especies), y *Amitus macgowni* (H. Trujillo, Comunicación Personal).

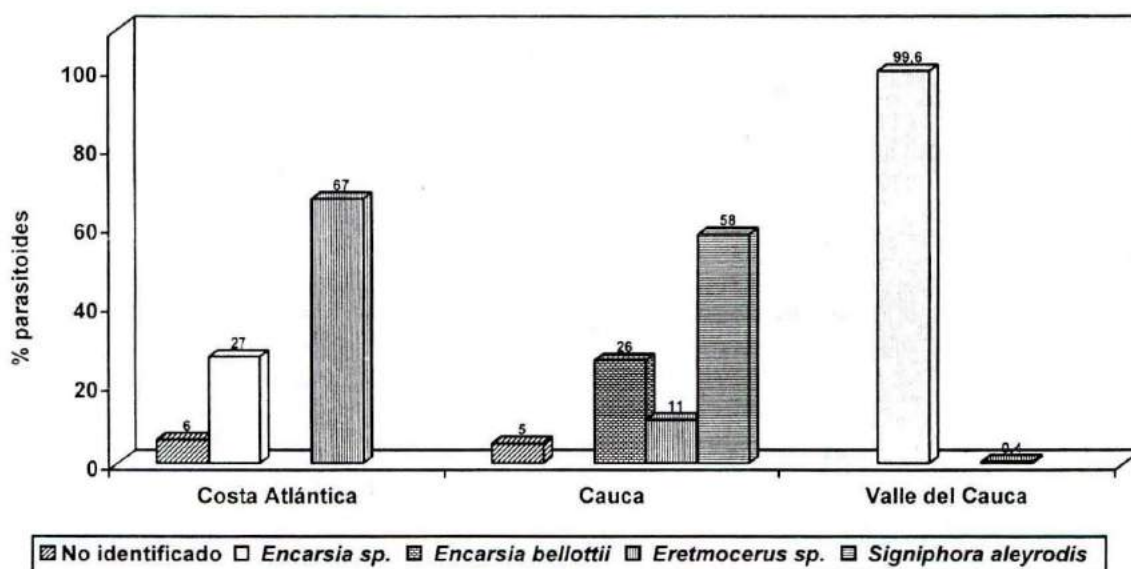
**Tabla 3.** Especies de Mosca blancas y sus parasitoides colectados en tres regiones geográficas de Colombia.

Zona	Especies de mosca blanca	Especies de parasitoides
Costa Atlántica	<i>Aleurotrachellus socialis</i>	<i>Encarsia sp.</i> <i>Eretmocerus sp.</i>
	<i>Bemisia tuberculata</i>	<i>Encarsia sp.</i> <i>Eretmocerus sp.</i> <i>Metaphycus sp.</i>
	<i>Trialeurodes sp.</i>	<i>Encarsia sp.</i> <i>Eretmocerus sp.</i>
	<i>Tetraleurodes sp.</i>	
Valle del Cauca	<i>Aleurotrachellus socialis</i>	<i>Encarsia sp.</i> <i>Eretmocerus sp.</i>
	<i>Bemisia tuberculata</i>	
Cauca	<i>Aleurotrachellus socialis</i>	<i>Encarsia bellottii</i> <i>Eretmocerus sp.</i> <i>Signiphora aleyrodis</i>
	<i>Bemisia tuberculata</i>	<i>Encarsia pergandiella</i> <i>Eretmocerus sp.</i> <i>Euderomphale sp.</i> <i>Signiphora aleyrodis</i>
	<i>Trialeurodes sp.</i>	<i>Encarsia hispida</i> <i>Encarsia pergandiella</i> <i>Eretmocerus sp.</i>

La riqueza de especies en Colombia – principalmente del género *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Amitus* – fueron los más frecuentemente asociados con *A. socialis*, *B. tuberculata* y *T. variabilis* (Castillo, 1996).

Más de 10 especies – varias sin registrar- fueron colectadas. Tres de las *Encarsia* spp. fueron identificadas como *E. hispida*, *E. pergandiella* y *E. bellottii* (Evans and Castillo, 1998). Ninguno de los *Eretmocerus* y sólo un *Amitus* (*A. macgowni*) han sido identificados. La especie predominante fue *E. hispida*, *Amitus* sp. y *Eretmocerus* sp. Los niveles más altos de parasitismo observados para *A. socialis*, *B. tuberculata* y *T. variabilis* fueron de 15.3%, 13.9% y 12.1% respectivamente, aunque esto varió de acuerdo a la región geográfica de la región (Castillo, 1996).

El complejo de especies de parasitoides asociados con cada especie de mosca blanca pueden estar influenciados por el área geográfica. En la Costa Caribe, *A. socialis* estuvo más frecuentemente parasitada por *Eretmocerus* (67%); mientras que en la zonas del Cauca y Valle del Cauca, fue el complejo del género *Encarsia*. En el Valle del Cauca (1000 msnm.), el 99.6% del parasitismo de *A. socialis* fue por *Encarsia* y el 0.4% por *Eretmocerus* (Ver Gráfica). El complejo de especies de parasitoides más numeroso fue hallado asociado a *B. tuberculata*.



Especies de parasitoides colectadas sobre la especie de mosca blanca *Aleurotrachellus socialis* en tres zonas de Colombia.



Estudios en invernadero con *E. hispida* parasitando *A. socialis* muestran que el tercer instar es el preferido. La tasa de parasitismo alcanzado fue del 75.3% en el tercer instar y del 15.6, 44.7 y 43.1% en el primero, segundo y cuarto instar, respectivamente. La tasa promedio de parasitismo fue de 45%, y el pico máximo de parasitismo ocurrió 72-96 h. después de la *E. hispida* es el parasitoide más frecuentemente observado cuando la población de *A. socialis* es alta, pero su efectividad en la regulación de poblaciones en el campo no es conocida exposición (CIAT, 1999).

Se han probado a nivel de laboratorio hongos entomopatógenos ampliamente reconocidos como patógenos de mosca blanca en el mundo (*B. bassiana*, *V. lecanii* y *M. anisopliae*), aunque no se encontraron naturalmente parasitando en Colombia. Se observó usando *B. bassiana* una mortalidad de 28, 55 y 39% sobre ninfas de I, II y III instar de *A. socialis*, respectivamente, el II instar fue el más susceptible en condiciones de laboratorio. *B. bassiana* y *M. anisopliae* causaron mortalidades de 18.1 y 18.8% respectivamente cuando se aplicó en la mañana y 12.4 y 5.7% cuando se aplicó en la tarde (Sánchez, 1997a).

### 3.5 GUSANO CACHÓN DE LA YUCA

En control biológico existen varios insectos parásitos, predadores, bacterias, hongos y virus que hacen posible el control del cachón sin necesidad de recurrir a las aplicaciones de insecticidas que rompan el equilibrio que debe existir entre el gusano cachón y sus enemigos naturales (Herrera, 1999).

Más de 40 especies de parásitos, predadores y patógenos de huevos, larvas y estados pupales se han identificado (Bellotti, 1999).

Existen varias especies (8), de microhymenopteros de las familias *Trichogrammatidae*, *Scelionidae* y *Encyrtidae* que parasitan huevos de *E. ello*; tales como: *Trichogramma minutum*, *Telenomus sphingis*, *T. dilophonotae*, *Ooencyrtus sp.* y *O. submetalicus* (CIAT, 1989). Algunas especies de *Trichogramma* y *Telenomus* se han reportado parasitando el 94-99% de los huevos (Bellotti and Schoonhoven, 1978). Entre los dípteros parasitoides las moscas *Tachinidae* y entre los Hymenopteros las avispas *Braconidae* especialmente especies del género *Cotesia* (Bellotti *et. al.*, 1992; 1994).

El predador de huevos más común es *Chrysoperla* spp. otros predadores importantes de larvas incluyen *Polistes* spp. (Hymenoptera: *Vespidae*), *Podisus* spp. (Hemiptera: *Pentatomidae*) y varias especies de arañas (Bellotti *et. al.*, 1992).

Dentro del control microbial, con aspersiones bacteriales de *Bacillus thuringiensis* en dosis de 2 - 3 grs. de producto comercial por litro de agua, provee un control efectivo. Este control es más eficaz cuando la larva está entre los tres primeros instares (Herrera, 1999).

La clave para un uso efectivo de agentes de control biológico es la habilidad para sincronizar la liberación de un gran número de predadores o parásitos durante estadíos tempranos, preferiblemente en estado de huevo o en primer a tercer instar larval. La eficiencia de parásitos y predadores está limitada por una pobre respuesta funcional durante una explosión del gusano cachón, las cuales son de corta duración (15 días). Sin embargo un control exitoso requiere el monitoreo de poblaciones en el campo para detectar adultos inmigrantes o larvas en instares tempranos. Esto puede ser realizado con lamparas de luz negra (tipo T20T12BLT), las cuales atrapan adultos en vuelo, o reconociendo la presencia de huevos o larvas (Braun *et. al.*, 1993). La complejidad de sincronizar liberaciones inundativas de parásitos y predadores con poblaciones pico de la plaga, sugieren la necesidad de un plaguicida biológico barato y almacenable.

Se ha identificado un Baculovirus que produce la muerte a las larvas al cual se le aplica la fácil manipulación y su barato almacenamiento. Estas metodologías se implementaron por primera vez en Brasil, se aplicó donde las poblaciones eran de larvas en primeros instares, resultando un control caso completo (Schmit, 1988). En Venezuela el virus reemplazó el uso de insecticidas en grandes plantaciones (7.000 ha.) donde el gusano cachón es endémico; se aplicaron 70 ml/ha, en larvas de primero y segundo instar, resultando un control del 100%. El costo directo de almacenamiento, aplicación, procesamiento y colección es de U\$4/ha (CIAT, 1995; Laberry, 1997).

Otros entomopatógenos son los hongos. La recolección de insectos afectados por estos en cultivos de yuca fue baja ya que de cinco zonas evaluadas sólo se encontró en una. Una cepa de *B. bassiana* causó la mayor mortalidad a *E. ello*. (31.6% a 87.5%) en condiciones de laboratorio, siendo más susceptible el tercer instar. La acción del hongo no es transmitida de una generación a otra. Al aplicar mezclas dos cepas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre larvas de tercer instar causó un 90% de mortalidad, no se presentó antagonismo y las larvas muertas presentaban la sintomatología típica en forma individual (Múnera *et al.* 1999).

### 3.6 BARRENADORES DEL TALLO

Los métodos de control que se conocen son los evaluados en la década de los 80, en el inicio de las investigaciones sobre la plaga y en efecto sobresale el tratamiento de la semilla-estaca. Las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*, *Spicaria sp.* y un mercado de larvas muertas por una enfermedad (probablemente virus) a la larva; resultó en una mortalidad del 100% en el tratamiento de la solución de larvas maceradas, 99% con *B. thuringiensis* y 88% con *Spicaria sp.* (Herrera, 1999). También se ha observado que, su alta movilidad en sus instares larvales iniciales las hacen mucho más vulnerables y pueden ser controladas por *B. thuringiensis*.

En virtud de que los adultos de los barrenadores del tallo son difíciles de matar y las larvas se alimentan dentro de los tallos, no es práctico adelantar un control con



insecticidas. Las prácticas culturales que reducirán las poblaciones de la plaga incluyen la remoción y quema de las partes de la planta infestadas. Sólo se deben utilizar estacas de siembra no infestadas y sin daños (Bellotti *et al.*, 1983a).

Varios enemigos naturales han sido identificados, incluyendo parásitos himenópteros como *Bracon sp.*, *Apanteles sp.* y *Brachymeria sp.* (Lohr, 1983).

### 3.7 LOS CHINCHES DE ENCAJE

En CIAT se ha observado que un chinche *Zellus nugax* (Hemiptera: Reduviidae) es un excelente predador de ninfas y adultos de *Vatiga*, llegando a consumir durante todo su ciclo biológico un promedio de 496 individuos del chinche de encaje.

El control de los chinches de encaje parece ser difícil; se han encontrado muy pocos enemigos naturales (Bellotti *et al.*, 1999) y el uso continuo de insecticidas es costoso y se pueden destruir los enemigos naturales de las otras plagas. Estudios preliminares y evaluaciones del banco de germoplasma de yuca en el CIAT, indican que la resistencia varietal puede estar disponible, pero hace falta bastante investigación para implementar esta tecnología (CIAT, 1990).

En el programa de Entomología de Yuca del CIAT, personal profesional y estudiantes nacionales y extranjeros, han realizado muchos trabajos encaminados a controlar estas plagas por medio de enemigos naturales como una forma de aportar herramientas para mejorar las condiciones de un cultivo tan importante para millones de personas en diferentes partes del mundo.

De los estudios realizados no todos se han aplicado a nivel de campo y esto es el camino a seguir. La implementación de estas metodologías con agricultores, despertando el interés por un manejo responsable del medio ambiente donde el uso de pesticidas sea mínimo.

Por otro lado también se ha tenido éxito en campo; como en los casos del Gusano Cachón de la Yuca con el *Baculovirus* de *E. ello*, el Piojo Harinoso en Africa por *Epidinocarsis lopezi* y el ácaro *M. tanajoa* por *T. aripo* en Africa.

Empero, sólo se han ganado las batallas. La guerra continúa. La derrota o la retirada significaría aumentar el sufrimiento humano y la agitación a nivel nacional e internacional. La pobreza y la privación siguen siendo enemigos temibles. Es preciso aumentar en forma científica la producción de alimentos a fin de satisfacer las necesidades de la creciente familia humana, al mismo tiempo que se protegen y conservan los recursos naturales. La agricultura debe continuar desempeñando su función de motor del cambio. En esta situación, los "revolucionarios silenciosos" (campesinos, autoridades

responsables de formular las políticas. Científicos y donantes), no tienen más que una sola opción: deben seguir comprometidos en esta tarea (Hopper (prólogo), *En: Wigg, 1994*).

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

AKHRUST, R. J. and BOEMARE, N.E. 1990. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*. *En: (Gaugler, R., Kaya, H.K., eds)*. Entomopathogenic nematodes in biological control. Boca Ratón, Fl: CRC. Pp 75-90.

BANEGAS, J.A. y CAVE, R. D. 1995. Biología y diversidad de depredadores. *En: (Cave, Ronald D)*, Primera Edición. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina, Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. p: 39-49. 188p.

BARBERENA, M.F. 1996. Capacidad parasítica de dos razas del nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Rabditida: Heterorabditidae) sobre el chinche de la viruela de la yuca *Cirtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. Tesis de Grado. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 89 pp.

BELLOTTI, A.C. and VAN SCHOONHOVEN, A. 1978. Cassava pests and their control. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 71pp.

BELLOTTI, A.C.; REYES, J.A. y VARELA, A.M..1983. Observaciones de los piojos harinosos de la yuca en las Américas; su biología, ecología y enemigos naturales. In: Reyes, J.A. (ed.) Yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 313-339.

BELLOTTI, A.C.; REYES, J.A.; ARIAS, B. y VARGAS, O. 1983A. Insectos y ácaros de la yuca y su control. *En: Reyes, J.A. (ed.) Yuca: control integrado de plagas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 69-94.

BELLOTTI, A.C.; ARIAS, B. and GUZMÁN, O.L. 1992. Biological control of the cassava hornworm *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae). *Florida Entomology* 75:506-515.

BELLOTTI, A.C.; BRAUN, A.R.; ARIAS, B.; CASTILLO, J.A. and GUERRERO, J.M. 1994. Origin and management of neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*. 2(4): 407-417.

BELLOTTI, A. C., SMITH, L. and LAPOINTE, S. L. 1999. Recent advances in cassava pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 44: 343-70

BENNETT, F.D. and GREATHEAD, P.J. 1978. Biological control of the cassava mealybug (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero): prospects and necessity. *En: Brekelbaun, T.; Bellotti, A. y Lozano, J.C. eds*. Cassava protection workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14. pp. 181-194.

BENTO, J.M.S.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A.; DE MORAES, G.J.; LAPOINTE, S.L. and WARUMBAY, J.F. 1999. Introduction of parasitoids for control of cassava mealybugs in northeastern Brazil. *Bulletin of Entomological Research* 89(5): Copyright CAB International.

BERTSCHY, C.; TURLINGS, T.C.L.; BELLOTTI, A. and DORN, S. 1997. Chemically-mediated attraction of three parasitoid species to mealybug-infested cassava leaves. *Florida Entomology*. 80(3): 383-395.



- BOHÓRQUEZ, A. 1995. Caracterización de poblaciones de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) por medio de técnicas moleculares. Tesis de Grado. Universidad Del Valle. Cali. 30 pp.
- BRAUN, A.R.; BELLOTTI, A.C.; GUERRERO, J.M. and WILSON, L.T. 1989. Effect of predator exclusion on cassava infested with tetranychid mites (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology*. 18(4): 711-714.
- BRAUN, A. *et al.* 1993. Inventario de ácaros fitófagos y sus enemigos naturales en el cultivo de la yuca en Ecuador. *En: A.R. Braun (ed.) Bases fundamentales para investigación sobre los ácaros plaga y sus enemigos naturales en el Ecuador. Documento de trabajo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.*
- BYRNE, D.H.; BELLOTTI, A.C. and GUERRERO, J.M. 1983. The cassava mites. *Tropical Pest Management*. 29(4): 378-394.
- CAICEDO, A.M.. 1994. Evaluación del potencial del nemátodo entomógeno *Steinernema carpocapse* Weiser (Rabditida: Steinernematide) para el control de *Cirtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*. Vol. 20, No. 4, p. 241-246.
- CAICEDO, A.M.. 1996. Reconocimiento de nemátodos entomopatógenos nativos asociados con *Cirtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en ocho localidades de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. Vol. 22, No. 1, p. 19-24.
- CASTILLO, P., ACOSTA, N. y CILIÉZAR, A. 1995. Control microbiológico de plagas artrópodos. *En: (Cave, Ronald D), Primera Edición. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina Latina. Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. p: 51-72. 188p.*
- CASTILLO, J. 1996. Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus enemigos naturales sobre cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. MS tesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 173pp.
- CAVE, RONALD D. 1995a.. Perspectivas del control biológico. *En: Manual para la Enseñanza del Control Biológico en América Latina, Primera Edición, Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. P: 7-9. 188p.*
- CAVE, RONALD D. 1995 b.. La taxonomía y sistemática en el control biológico. *En: Manual para la Enseñanza del Control Biológico en América Latina, Primera Edición, Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. P: 17-21. 188p.*
- CAVE, RONALD D. 1995c.. Características deseables de un buen enemigo natural para el control de plagas. *En: Manual para la Enseñanza del Control Biológico en América Latina, Primera Edición, Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. P: 23-25. 188p.*
- CIAT, 1982. Ácaros presentes en el cultivo de la yuca y su control. Guía de Estudio. 36 pp.
- CIAT, 1990. Biological Control of cassava green mite. In Cassava Program. Annual Report. CIAT. Cali, Colombia. pp. 129 - 179.
- CIAT. 1995. Annual Report Cassava Program, 1994. III: 144-63. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.

- DEBACH, P.. 1975. El alcance del Control Biológico. *En: Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas.* Compañía Editorial Continental, S.A. México. 949 p.
- DEBACH, P. 1977. Ecología del Control Biológico. *En: Lucha Biológica contra los Enemigos Naturales de las Plantas.* Ediciones Mundi-prensa . Madrid. 394 p.
- DELALIBERA JR. I, SOSA-GOMEZ, D.R., MORAES, G.J. DE, ALENCAR, J.A. and FARIAS-ARAUJO, W. 1992. Infection of the spider mite *Mononychellus tanajoa* (Acari.: Tetranychidae) by the fungus *Neozygites* sp. (Entomophthorales) in Northeast of Brazil. *Fla. Entomol.* 75(1): 145-47.
- DIAZ, F.A. and HANSON, P. 1995. Biología y diversidad de parasitoides. *En: (Cave, Ronald D), Primera Edición. Manual para la Enseñanza del Control Biológico en América Latina,* Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. p: 27-37. 188p.
- EVANS, G.A. and CASTILLO, J.A. 1998. Parasites of *Aleurotrachelus socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) from Colombia including descriptions of two new species (Hymenoptera: Aphelinidae: Platygasteridae). *Florida Entomologist.* 81(2): 171-178.
- FERRON, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annu. Rev. Entomol.* 23: 409-442.
- FERRON, P. 1985. Fungal control. In: Kerkut and Gilbert (eds.). *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology.* Vol. 12 Insect Control pp. 313-346. Pergamon Press. New York.
- HAJEK, A.E. and ST. LEGER, R.J. ST. 1994. Interactions between fungal pathogens and insects host. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 293 - 322.
- HERREN, H.R. and NEUENSCHWANDER, P. 1991. Biological control of cassava pests in Africa. *Annual Review of Entomology.* 36: 257-283.
- HERRERA, C.J. 1999. Manejo Integrado de plagas en el cultivo de la yuca. *En: Seminario Taller, Hacia una producción bio-racional de la yuca.* PMD-IICA-BIOCARIBE S.A. Pivijay - Carmen de Bolívar 8-11 Feb.45 pp.
- LABERRY, R.. 1997. La aplicación de un programa MIP en producción industrial de yuca. *En: Mem. Congr. Fitopatol., Biodivers., Micorrizas, CIAT, Cali,* 18 pp. 136-37. Cali, Colomb.: Asoc. Colomb. Fitopatolo. Cienc. Afines (En Español).
- LACEY, L.A. and BROOKS, W.M., 1996. Initial handling and diagnosis of diseased insects. In *Manual of Techniques in Insect Pathology* (Academi press). Biological Techniques Series. pp. 1-12. Lacey. USA.
- LEUSCHNER, K. and NWANZE, K., 1978. Preliminary observations of the mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in Zaire. *En: En: Brekelbaun, T.; Bellotti, A. y Lozano, J.C. eds. Cassava protection workshop,* Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14. pp. 195-202.
- LOHR, B., 1983. Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkei* barrenador de la yuca. In: Reyes, J.A. (ed.) *Yuca: control integrado de plagas.* Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 159-161.



- MORAES, G.J. DE and DELALIBERA, Jr. I., 1992. Specificity of a strain of *Neozygites* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) to *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 14: 89-94.
- MÚNERA, D.F., DE LOS RÍOS, J. and BELLOTTI, A.C., 1999. Patogenicidad sobre *E. ello* (Lepidoptera: Sphingidae) en condiciones de laboratorio por hongos entomopatógenos recolectados en cultivos comerciales de yuca, *Manihot esculenta* en el Valle del Cauca, Colombia. *En: Revista Colombiana de Entomología.* Vol. 25, No. 3-4, p. 161-167.
- NYIIRA, Z.M., 1972. Report of investigation of cassava mite, *Mononychellus tanajoa* Bondar. Kawanda Research Station, Kampala, Uganda. Unpublished report. 14 pp.
- ODONGO, B.; KUMAR, R.; ODINDO, M.O. and BROWNBRIDG, M., 1988. The effectiveness of entomogenous fungus, *Hirsutiella* sp. (Fungi imperfecti) in controlling cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). *En: Proceeding of the 8<sup>th</sup> symposium of the International Society for Tropical root crops.* Bangkok, Thailand. p. 354.
- SÁENZ, A., 1999. Los nemátodos entomopatógenos: una alternativa del control biológico. *En: Memorias, XXVI Congreso SOCOLEN.* Santa fe de Bogotá, p: 82-97.
- SÁNCHEZ, D., 1996. Patogenicidad de hongos *Hyphomycetes* sobre *Cyrtonevus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) chinche subterránea de la yuca en condiciones de laboratorio. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. pp 100.
- SÁNCHEZ, D. and BELLOTTI, A.C., 1997. Patogenicidad de hongos *Hyphomycetes* sobre *Cyrtonevus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) chinche subterránea de la yuca. *Revista Colombiana de Entomología.* Vol. 23, Nos. 1-2, p. 31-37.
- SÁNCHEZ, D. and BELLOTTI, A.C., 1997a. Evaluación de la patogenicidad de hongos *Hyphomycetes* sobre mosca blanca de la yuca *A. socialis*. Informe: Convenio Cooperativo CIAT - CLOCIENCIAS, Programa COLCIENCIAS-BID para jóvenes investigadores. 20 pp.
- STOCK, P., 1998. Sistemática y biología de nemátodos parásitos y asociados a insectos de importancia económica. Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa fe, Argentina. Octubre 12-16. 106 p.
- TANADA, Y and KAYA, H., 1993. *Insect pathology.* pp. 318-387. Academic Press, Inc. California.
- TRUJILLO, H. E.; ARIAS, B.; GUERRERO, J.M. and BELLOTTI, A.C., 1999. Estudio del complejo y distribución de especies de parasitoides de mosca blanca en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en diversas zonas de Colombia. Resúmenes. XXVI Congreso SOCOLEN. Santa Fe de Bogotá 28-30 de Julio. p. 123
- VAN DRIESCHE, R.G.; CASTILLO, J.A. and BELLOTTI, A.C., 1988. Field placement of mealybug-infested potted cassava plants for the study of parasitism of *Phenacoccus herreni*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 46: 117-123.
- VAN DRIESCHE, R.G.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A. and HERRERA, C.J. 1990. Estimating total losses from parasitoids for a field population of a continuously breeding insect, cassava mealybug, *Phenacoccus herreni* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Colombia, S.A. *Florida Entomology.* 73: 133-143.

WIGG, D., 1994. Los revolucionario silenciosos. Una reseña de la campaña contra el hambre que llevan a cabo científicos agrícolas. Banco Mundial, Ensayos sobre el Desarrollo. Washinton, D.C. p. 1-11

YANINEK, J.S. and BELLOTTI, A.C., 1987. Exploration for natural enemies of cassava green mite based on agrometereolocal criteria In; Rijks, D. and Mathys, G. (Eds) Proceeding of the Seminar on Agrometereology and Crop Protection in the Lowland Humid and Subhumid Tropics. Cotonou, Benin 7 - 11 Jul. pp. 69 - 75

YANINEK, J.S. and HERREN, H.R., 1988. Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa, and the search for appropriate control methods: A review. Bulletin of Entomological Research. 78: 1-13.

YANINEK, J.S.; MÉGEV, B.; DE MORAES, G.J.; BAKKER, F.; and BRAUN, A. 1991. Establishment of the Neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. Biocontrol Science and Technology. 1(4): 323-330

YANINEK, J.S.; ONZO, A. and OJO, J.B., 1993. Continent-wide releases of Neotropical phytoseiids against the exotic cassava green mite in Africa. Experimental Applied Acarology. 17(1/2): 145-160.

YANINEK, J.S. , SAIZONOU, S., ONZO, A., ZANNOU, I. and GNANVOSSOU, D., 1996. Seasonal and habitat variability in the fungal pathogens, *Neozygites* c.f. *floridana* and *Hirsutella thompsonii*, associated with cassava mites in Benin, West Africa. Biocontrol Sc. Technol. 6(1): 23-33.



# CONTROL DE PLAGAS DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) POR RESISTENCIA VARIETAL

Bernardo Arias V.<sup>1</sup>  
José María Guerrero<sup>2</sup>

## 1. INTRODUCCION

En el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se ha establecido un complejo importante de plagas que pueden ocasionar daños de importancia económica cuando las condiciones les son favorables. A través de los esfuerzos realizados por el programa de entomología de yuca del CIAT durante más de 25 años se han determinado un complejo de insectos como plagas mayores; tales como: el gusano cachón de la yuca, los ácaros, la mosca blanca, los piojos harinosos, los trips, barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*), la chinche subterránea o de la viruela de la yuca (*Cyrtomenus bergi* Froeschner) y la chinche de encaje. Otras especies como los salta hojas, chisa blanca, gusanos trozadores, hormigas cortadoras de hojas, mosca de la fruta pueden ocasionar daños esporádicos o localizados, se han considerado como plagas menores porque ocasionan poca o ninguna pérdida en el rendimiento del cultivo, (Bellotti *et al.*, 1983).

Estos insectos pueden causar daño a la yuca mediante la reducción drástica del área fotosintéticamente activa, la cual resulta en reducciones del rendimiento; mediante el ataque a los tallos, debilitando la planta e inhibiendo el transporte de nutrientes; también atacan a las raíces, produciendo en la superficie del parénquima manchas o pecas asociadas con hongos que deterioran la calidad de éstas para consumo humano; también pueden ocasionar pudriciones secundarias. Algunas son vectores y diseminadores de enfermedades.

Las observaciones indican que las plagas que atacan la planta durante un período prolongado, tales como los ácaros, mosca blanca, trips, piojo harinoso y barrenadores (*C. clarkei*) reducen el rendimiento en mayor grado que las que causan defoliación y daño a las partes de la planta durante un período corto tales como el gusano cachón y otros comedores de follaje. Esto se debe a que la planta de yuca es capaz de recuperarse de un daño causado en un período corto de tiempo cuando las condiciones ambientales le son favorables. (Bellotti *et al.*, 1983).

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, M.Sc. en Fitomejoramiento, Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, Proyecto Yuca, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia, [barias@hotmail.com](mailto:barias@hotmail.com)

<sup>2</sup> Asistente de Investigación, Taxonomía Acaros Fitófagos, Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, Proyecto Yuca, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia, [jmguerrero@hotmail.com](mailto:jmguerrero@hotmail.com)

En los países de América se ha reportado la mayor diversidad de insectos que atacan la yuca. Esto es de esperarse puesto que existe gran variación genética de la planta hospedante y también una gran variabilidad de organismos los cuales atacan a la planta o se encuentran en simbiosis con ella, (Bellotti *et al.*, 1983). La razón esencial de esta diversidad se explica por el hecho de que el origen de la yuca está en las Américas y ahí es donde se debe encontrar la mayor diversidad tanto de cultivares como de plagas y agentes bióticos de control.

## **2. MANEJO DE LAS PLAGAS DE LA YUCA**

El manejo de las plagas en yuca se debe tener en cuenta dos caminos principalmente: resistencia de la planta hospedera (RPH) y el control biológico, los cuales constituyen los dos componentes mas importantes en el manejo integrado de las plagas en este cultivo. Estas dos estrategias complementarias ayudan a la reducción de las poblaciones de las plagas bajando su nivel de daño económico. El uso de plaguicidas no es una opción económica para los agricultores de bajos recursos, además de los efectos adversos de éstos sobre los enemigos naturales y el medio ambiente.

Mediante investigaciones realizadas en el tiempo por el programa de entomología de yuca del CIAT, se ha establecido cuales plagas pueden ser manejadas mediante resistencia varietal, cuales mediante control biológico y cuales mediante una acción combinada de éstos (Tabla 1).

Existen plagas en las cuales no se ha podido determinar la presencia de buenos o medianos niveles de resistencia varietal, pero que afortunadamente cuentan con una buena gama de insectos parasitoides y predadores. Así mismo se ha encontrado la situación contraria; poco o nada de enemigos naturales pero si algún nivel de resistencia (moderados o altos niveles). De acuerdo a Kogan (1983), si con la resistencia sola no es suficiente para controlar una plaga, la resistencia se puede integrar con el control biológico, control cultural y control químico. Plagas que se alimentan sobre plantas moderadamente resistentes se vuelven más susceptibles a dosis bajas de insecticidas y mas vulnerables a ataques de enemigos naturales.

## **3. CONTROL POR RESISTENCIA VARIETAL**

El objetivo primordial de un programa de manejo de plagas de yuca es suprimir las plagas insectiles y mantener las poblaciones por debajo de su umbral de daño económico, teniendo en cuenta las restricciones ecológicas y sociológicas existentes en cada zona y la conservación a largo plazo del medio ambiente (Falcon y Smith, 1983).

La resistencia de la planta hospedante es la manera mas económica de controlar las plagas de la yuca sin afectar el equilibrio del medio ambiente (Bellotti, 1983). La resistencia varietal se ha definido como : La característica hereditaria que posee un tipo de planta



que hace que no sea afectada por insectos que son considerados plagas en plantas de la misma especie.

De acuerdo a Bellotti y Kawano (1983) para desarrollar un programa de resistencia a insectos en el cultivo de la yuca, se deben tener en cuenta diversos criterios, tales como:

- a. El nivel de daño económico causado por una plaga determinada, debe ser significativo.
- b. El programa de resistencia debe orientarse para aquellas plagas a las que sea factible encontrar resistencia.
- c. La disponibilidad de otros métodos alternos de control adecuados y de bajo costo para determinadas plagas, podría anular la necesidad de establecer un programa extensivo de mejoramiento para resistencia.
- d. Debe tenerse en cuenta el nivel de resistencia que se necesita para reducir las poblaciones de plagas (algunas variedades pueden perder una considerable cantidad de follaje sin que se reduzcan los rendimientos).
- e. Los niveles de resistencia pueden combinarse con otros métodos de control, tales como control biológico o practicas culturales para mantener las poblaciones de insectos por debajo del nivel de daño económico.

La estabilidad de los rendimientos a través del tiempo en un ecosistema dado, depende no sólo de las presiones de las diferentes plagas y enfermedades en el ecosistema, sino también de la capacidad genética de los clones de la yuca para resistir a estas presiones. Debido a la selección regional aplicada al cultivo de la yuca desde milenios y a que los clones han sido perpetuados vegetativamente, existe una gran interacción genotipo-ecosistema. Un clon que muestra buena adaptación y tolerancia en un ecosistema dado, puede ser severamente afectado por las plagas y enfermedades existentes en otro ecosistema diferente cuando es introducido. Consecuentemente en un ecosistema dado se debe preferir la utilización de los mejores clones regionales sobre los introducidos; las introducciones deben hacerse específicamente para mejorar genéticamente los clones regionales mas promisorios o porque proceden de ecosistemas similares, con iguales plagas y enfermedades.

Híbridos mejorados pueden ser introducidos y evaluados (pruebas de eficiencia) en un ecosistema dado antes de ser liberados a los agricultores para cultivos comerciales. (Lozano *et al.*, 1980; Lozano y Bellotti, 1980). El banco de germoplasma del CIAT actualmente contiene aproximadamente 6000 accesiones, colectadas de varias partes de las Américas. La variabilidad que existe en este banco es la base para el programa de fitomejoramiento.

**Tabla 1.** Opciones para controlar las plagas principales de la yuca.

Plaga	Opciones de Control	Referencias
Gusano cachón	<b>Control Biológico:</b> Enemigos naturales, parasitoides, predadores, hongos y virus. Plaguicida de <i>Baculovirus</i> ; monitoreo de poblaciones de adultos con trampas de luz y conteo de huevos en el campo.	Bellotti <i>et al.</i> , 1992; 1999; Braun <i>et al.</i> , 1993; Schmitt, 1988
Acaros	<b>RPH:</b> Niveles moderados de resistencia disponible en clones de yuca; es necesario un programa efectivo para incorporar la resistencia en cultivares comerciales.  <b>Control Biológico:</b> Está disponible un complejo grande de predadores Phytoseiidae que puede reducir las poblaciones de ácaros; entomopatógenos ( <i>Neozygites</i> ) y virus identificados y evaluados.	Bellotti <i>et al.</i> , 1994; Braun <i>et al.</i> , 1989; Byrne <i>et al.</i> , 1982; 1983; CIAT, 1999  Bellotti <i>et al.</i> , 1999; Yaninek <i>et al.</i> , 1991
Mosca blanca	<b>RHP:</b> Existen clones e híbridos con alto nivel de resistencia.  <b>Control Biológico:</b> Enemigos, especialmente parasitoides, se han identificado y se están evaluando. Algunos entomopatógenos muestran posibilidades para su control.	Arias, 1995; Bellotti <i>et al.</i> , 1994; 1999; Castillo, 1996; CIAT, 1999
Piojos harinosos	<b>RHP:</b> Resistencia adecuada no se ha encontrado en germoplasma de <i>M. esculenta</i> . Algunas especies de <i>Manihot</i> silvestres muestran un potencial para resistencia.  <b>Control Biológico:</b> Tres parasitoides ( <i>Acerophagus coccois</i> , <i>Aenasius vexans</i> y <i>Apoanagyrus diversicornis</i> ) producen buen control.	Bellotti <i>et al.</i> , 1999; Van Driesche <i>et al.</i> , 1990; Bento <i>et al.</i> , 1999
<i>P. manihoti</i>	El parasitoide <i>Apoanagyrus lopezi</i> produce muy buen control en la mayoría de zonas yuqueras de Africa.	Herren & Neuenschwander, 1991; Neuenschwander, 1994a
Trips	<b>RPH:</b> Cultivares pubescentes contienen muy buena resistencia y son disponibles a los agricultores.	Bellotti & Kawano, 1980; Bellotti & Van Schoonhoven, 1978a y b
Chinche Subterráneo ( <i>C. bergi</i> )	Los cultivares con alto contenido de HCN en las raíces presentan menos daño. Enemigos naturales tales como hongos entomopatógenos y nemátodos entomopatógenos han dado resultados promisorios. La yuca intercalada con <i>Crotalaria</i> reduce el daño.	Arias y Bellotti, 1985; Barberena & Bellotti, 1998; Bellotti & Riis, 1994; Bellotti <i>et al.</i> , 1999; Caicedo & Bellotti, 1994; Riis, 1997
Barrenadores de los tallos ( <i>C. clarkei</i> )	<b>Prácticas Culturales:</b> Mantienen los campos limpios y destruye tallos infestados. RPH está bajo investigación. Posible uso de plantas transgénicas (Bt) está siendo investigado.	Bellotti & Van Schoonhoven, 1978a y b; Gold <i>et al.</i> , 1990; Lohr, 1983
Chinche de encaje	Las investigaciones con RPH dan resultados promisorios. Se han identificado enemigos naturales pero faltan investigaciones sobre su eficiencia.	Bellotti <i>et al.</i> , 1987; 1999; Calvacante & Ciociola, 1993; CIAT, 1990; Farias, 1985

**RPH:** Resistencia Planta Hospedera.



El programa de mejoramiento conjuntamente con el programa de entomología y fitopatología, evalúan las accesiones de germoplasma en varios ecosistemas con miras a una posible recomendación bien sea para que se usen directamente como nuevos cultivares o bien par usarlos en programas de hibridaciones como progenitores.

El banco de germoplasma del CIAT ha sido evaluado para resistencia a siete insectos: Trips (*F. williamsi*), mosca blanca (*A. socialis*), chinches de encaje (*V. manihotae* y *Amblistira machalana*), el piojo harinoso (*P. herreni*), la chinche subterránea o de la viruela de la yuca (*Cyrtomenus bergi*) y tres especies de ácaros: (*M. tanajoa*), (*T. urticae*) y (*O. peruvianus*). En los últimos cuatro años se evaluó en la región de la Costa Atlántica un número significativo de clones, en la búsqueda de resistencia al barrenador de tallo (*Chilomima clarkei*).

#### **4. ACAROS PLAGA DE LA YUCA**

Los ácaros son la plaga universal de la yuca y causan pérdidas considerables en las Américas y Africa (Herren y Neuenhchwander, 1991; Bellotti *et al.*, 1999). Los ácaros frecuentemente encontrados en Colombia son: el ácaro verde de la yuca (AVY) *Mononychellus tanajoa* (sin *M. Progresivus*), *Tetranychus urticae*, *Tetranychus spp.*, y *Olygonychus peruvianus*. Esta plaga se presenta comúnmente en épocas de veranos o sequías prolongadas.

##### **4.1 Control de los ácaros por resistencia varietal**

Centros internacionales de investigación (CIAT e IITA) han hecho esfuerzos sustanciales con principal interés en yuca al igual que programas nacionales de investigación (ej.: Centro Nacional de Pesquisa en Mandioca y Fruticultura (CNPMP)/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA)) para identificar y desarrollar híbridos con resistencia al ácaro verde de la yuca (AVY). (Byrne *et al.*, 1983; Bellotti *et al.*, 1987; Hershey, 1987). Cerca de las 5000 variedades de yuca que se encuentran en el banco de germoplasma del CIAT que se han evaluado para resistencia de AVY, sólo aproximadamente el 6% (300 variedades) han sido identificadas con bajo o moderado nivel de resistencia (CIAT, 1999). Gracias a esfuerzos sustanciales, variedades con moderado nivel de resistencia han sido desarrolladas y liberadas para los agricultores.

Investigaciones de resistencia al ácaro hechas por el CIAT tradicionalmente se han llevado a cabo en dos sitios:

- CIAT, Palmira , localizado en altitud media (1000 m) en tierras altas andinas, donde la población del ácaro es moderada.
- Pivijay, Magdalena, en la Costa Atlántica Colombiana, tierras bajas del trópico con una prolongada estación seca (4-6 meses) y alta población del ácaro. Bajo hasta

moderado nivel de resistencia indicado por 0 - 3.5 nivel de daño en una escala de 0 - 5.

De las 300 variedades seleccionadas en CIAT como promisorias por ser resistentes durante muchos años (2-7 ciclos del cultivo), 72 han mantenido una escala de daño menor de 3.0 cuando se evaluaron tanto en CIAT como en la región de la Costa Atlántica, (CIAT, 1999). La mayoría de estas variedades fueron colectadas en Brasil, Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador; siendo algunos de éstos materiales híbridos.

Mecanismos de resistencia del ácaro han sido expresados como antixenosis (preferencia vs. no preferencia) o antibiósis (Byrne *et al.*, 1982). Los ácaros alimentándose en variedades susceptibles tienen alta fecundidad, alta aceptabilidad, corto tiempo de desarrollo, largo periodo de vida de adultos y baja mortalidad de larvas y ninfas; en comparación con los que se alimentan en material resistente (Byrne *et al.*, 1983). Los que se alimentan en variedades resistentes tienen alta mortalidad, largo periodo de desarrollo, menos oviposición y un corto periodo de oviposición. En recientes estudios de laboratorio, *M. tanajoa* muestra una fuerte preferencia oviposicional por las variedades susceptibles. Cuando se compararon las variedades resistentes MEcu 72, MPer 611 y Ecu 64 en prueba de libre escogencia, 95, 91 y 88% respectivamente, de los huevos fueron ovipositados sobre CMC40, la variedad susceptible.

Bajo condiciones de campo con altas poblaciones del ácaro, hubo un 15% de reducción de la producción con material resistente vs. 73% o menos de pérdidas en material susceptible. El 67% del material usado para siembra (estacas) resultó afectado (Byrne *et al.*, 1982; 1983).

## 5. PIOJOS HARINOSOS DE LA YUCA

Las especies más comunes son: *Phenacoccus herreni*, *P. manihoti*, *P. madeirensis*, *Ferrisia virgata* y *Pseudococcus mandio*. (Bellotti *et al.*, 1983a). Solamente *P. herreni* y *P. manihoti* son de origen tropical e importantes económicamente. *P. manihoti*, fue introducido inadvertidamente a África a comienzos de los años 70 (Herren y Neuenschwander, 1991).

### 5.1 Control

Esfuerzos considerables se han realizado para identificar la resistencia del piojo harinoso (*Phenacoccus herreni*) Más de 3000 cultivares del banco de germoplasma del CIAT fueron evaluados. Solamente bajos niveles de resistencia o tolerancia fueron identificados (Porter, 1988). Estudios de resistencia en el IITA en África y el ORSTOM (IRD) han obtenido resultados similares.



Niveles parciales o bajos a débiles han sido registrados en evaluaciones de germoplasma con *P. manihoti* (Le Ru & Calatayud, 1994; Neuenschwander, 1994a). Esto sugiere, sin embargo que a niveles bajos de resistencia podrían aumentar el uso de enemigos naturales en programas de control biológico. Numerosas especies de parasitoides, predadores de *P. herreni* han sido identificados en el Neotrópico y varios parasitoides muestran una especificidad o preferencia por esta plaga.

## **6. MOSCAS BLANCAS; *Aleurotrachelus socialis* Bondar, *Bemisia tuberculata*, *Trialeurodes variabilis***

Como plaga de alimentación directa y vectores de virus las moscas blancas causan daños significativos en yuca tanto en América como en Africa y en menor magnitud en Asia. En Colombia la especie predominante es *A. socialis*.

RPH y control biológico son los sistemas de manejo que han incrementado su aceptación como complemento a prácticas de control de plagas que reducen la contaminación ambiental y otras desventajas que se presentan con el uso excesivo de plaguicidas químicos. Inicialmente el énfasis de las investigaciones sobre el control de mosca blanca en yuca en el Neotrópico fue hecho en la RPH y prácticas culturales. Más recientemente, los esfuerzos se han concentrado en la identificación y evaluación del uso de enemigos naturales en un contexto MIP.

### **6.1 Control por resistencia varietal**

Ofrece una opción estable, de bajo costo y una solución a largo plazo para mantener controladas las poblaciones de mosca blanca. La resistencia de mosca blanca en cultivos es rara aunque han sido identificadas buenas fuentes de resistencia y se están desarrollando híbridos resistentes altamente productivos. Estudios sobre RPH iniciados en CIAT hace más de 15 años, están evaluando sistemáticamente más de 6000 variedades en el banco de germoplasma de yuca, la resistencia a la mosca blanca (CIAT, 1999), especialmente a *A. socialis*. En Brasil se han hecho algunas investigaciones con *A. aepim* (Farias, 1990a).

Se han identificado diversas fuentes de resistencia para *A. socialis*. El clon MEcu 72 ha expresado consistentemente un alto nivel de resistencia. Variedades adicionales presentaron una resistencia moderada a altos niveles incluida MEcu 64, MPer 335, MPer 415, MPer 317, MPer 216, MPer 221, MPer 265, MPer 266 y MPer 365. Basado en estos resultados, la resistencia a *A. socialis* parece estar concentrada en el germoplasma originario de Ecuador y Perú, pero estas observaciones requieren de otras investigaciones futuras. MEcu 72 y MBra 12 (clones agrónomicamente deseables y con tolerancia en campo a mosca blanca y otras plagas) fueron utilizados en un programa de mejoramiento para aumentar la producción y la resistencia de los clones que no mostraron

diferencia significativa en producción entre parcelas tratadas con insecticida y parcelas sin tratar (CIAT, 1992; Bellotti *et al.*, 1999). Estudios de invernadero y campo mostraron que *A. socialis*, se alimentó sobre variedades resistentes y tuvo menos oviposición, períodos de desarrollo más largos, tamaño reducido y mayor mortalidad que las que se alimentaron de clones susceptibles. Los instares ninfales de *A. socialis* que se alimentaron sobre MEcu 72 presentaron un 72.5% de mortalidad en los primeros instares (Figura 1) (CIAT, 1994; Arias 1995). Las progenies (CG489-34, CG489-41, CG489-31, CG489-23), seleccionadas de un cruce de MEcu 72 y MBra 12, han mostrado niveles moderados de resistencia a mosca blanca. Tres de estos híbridos están siendo evaluados para ser liberados a los productores Colombianos.

Evaluaciones de resistencia con poblaciones naturales de *A. socialis* realizada a nivel de campo en dos lugares en Colombia:

- Nataima, Tolima en cooperación con Corpoica, la Corporación Colombiana de Investigación Agrícola. Las poblaciones de *A. socialis* en Nataima han sido moderadas a altos niveles por cerca de 15 años, ofreciendo la oportunidad de realizar investigaciones durante un largo período.
- CIAT, Palmira, Valle del Cauca. Inicialmente las poblaciones de *A. socialis* fueron bajas; sin embargo, desde 1994, las poblaciones han incrementado y son actualmente más altas que en el Tolima. No se entiende la razón para este repentino incremento de la población de *A. socialis*, pero es evidente la dinámica de erupción de esta plaga en la yuca, soportando la severidad presente y potencial de mosca blanca como plaga de yuca.

También se están desarrollando investigaciones en CIAT, para identificar marcadores ligados a genes que confieren resistencia al ataque de *A. socialis*, con el objetivo de adelantar evaluaciones y entender la genética de la resistencia de la yuca a la mosca blanca.

Actualmente, se han obtenido progenies de yuca a partir de cruzamientos entre variedades resistentes (CG489-34) y susceptibles (MCol 2026) para con ellas realizar dichas investigaciones.

Técnicas para la determinación de polimorfismo tales como: amplificación de fragmentos de longitud polimórfica, AFLP, (Amplified fragment long polymorphism) y secuencias simples repetidas, SSR (Secuenses Simple Repit). Además de estas técnicas se han empleado otras para el análisis de grupos segregantes BSA (Bulk Segregan Analysis) para hallar ligamiento de marcadores con resistencia y asociarlos en el mapa genético de la yuca y posteriormente clonar genes de resistencia.



Se ha identificado co-segregamiento con los marcadores obtenidos por AFLP y la resistencia a *A. socialis* y se están utilizando para generar marcadores de secuencias repetidas caracterizadas (SCARs). Los marcadores basados en PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) pueden ser la base para la construcción del mapa genético molecular en yuca con marcadores ligados a la resistencia de la yuca a la mosca blanca *A. socialis*.

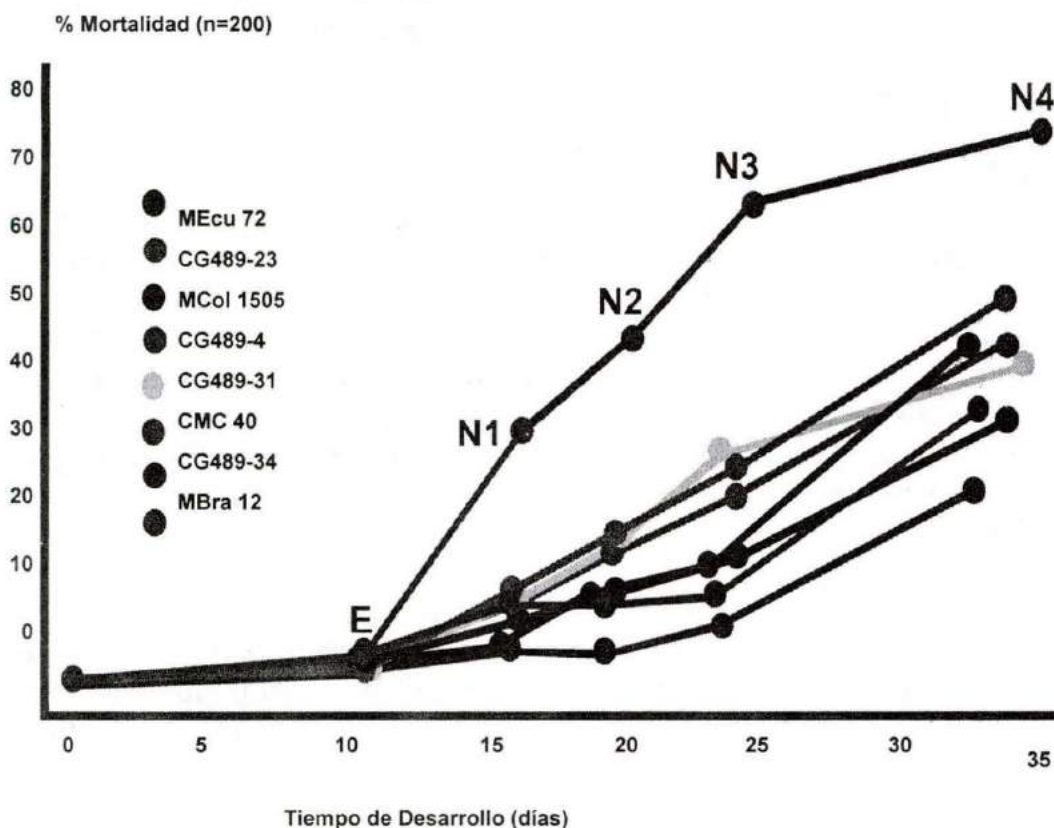


Figura 1. Desarrollo y mortalidad de *Aleurotrachelus socialis* sobre clones resistentes y susceptibles de yuca.

## 7. BARRENADOR DEL TALLO DE LA YUCA (*Chilomima clarkei*)

Varias especies de barrenadores se han encontrado alimentándose dentro del tallo de la yuca y éstas pertenecen a los ordenes; coleóptera y lepidóptera. De éstas la especie más importante es *Chilomima clarkei* (Lepidóptera: Pyralidae) ya que se ha incrementado sustancialmente en Colombia y Venezuela, ocasionando importantes pérdidas de material de siembra, hasta el punto de producir crisis en la disponibilidad de semilla vegetativa en algunas regiones especialmente de Colombia. Se ha encontrado control biológico en esta plaga pero hasta ahora no ha tenido importancia su regulación.

### 7.1 Control por RPH

Recientemente se ha trabajado con mayor énfasis para identificar resistencia en germoplasma. Aproximadamente 1000 clones han sido evaluados en la Costa Caribe de Colombia, donde las poblaciones de *C. clarkei* son muy altas. Las evaluaciones se han basado en el número de túneles y perforaciones en los tallos producidos por *C. clarkei* y el porcentaje de tallos partidos. Varios clones con 0 a 1 orificio por tallo han sido identificados, indicando el efecto de la variedad (CIAT, 1999); no obstante, evaluaciones de campo en germoplasma usando poblaciones naturales de plagas con una alta movilidad pueden frecuentemente dar resultados engañosos ocasionados por escape (la planta no presenta daño por casualidad). Por tal motivo, estos cultivares deben ser evaluados varios ciclos más.

CIAT en la actualidad está iniciando investigaciones con el propósito de lograr en el futuro la introducción de genes de resistencia a insectos con *B. thuringiensis* a través de *Agrobacterium* mediante la transformación de tejidos embrionicos en yuca para desarrollar cultivares resistentes a *C. clarkei*. Los resultados iniciales son promisorios (CIAT, 1999).

## 8. CHINCHE DE LA VIRUELA DE LA YUCA (*Cyrtomenus bergi* Froeschner)

*C. bergi* es una de los insectos plaga que se alimentan directamente de las raíces de la yuca, pero no es específica de este cultivo ya que se caracteriza por ser una plaga polífaga. Esto hace que sea difícil su manejo y control. El chinche de la viruela de la yuca se ha encontrado en la mayoría de las zonas yuqueras de Colombia.

Dentro de la gama de cultivos que puede atacar, algunos son fuertemente preferidos sobre otros. Ensayos de alimentación de libre escogencia de laboratorio indican que la yuca no es el hospedero óptimo. *C. bergi* crece mucho más rápidamente en maíz y en maní que en la yuca, y prefiere el maíz a la yuca (78 vs. 22%). La longevidad para adultos fue de 95 días en el maíz, 69 en cebolla, 66 y 64 días respectivamente en yuca dulce (CMC40) y amarga (MCol 1684) (Riis, 1990). La fecundidad óptima, supervivencia y tasa intrínseca



de incremento de la población ocurrió en maní y *Arachis*, no en maíz. La yuca dulce, el sorgo y la cebolla no son hospederos favorables; y *C. bergi* no puede completar su ciclo de vida en las variedades amargas (Riis, 1997).

### 8.1 Control por RPH

Las pruebas de campo y los estudios de laboratorio sugieren fuertemente que las preferencias de alimentación de *C. bergi* pueden relacionarse con los niveles de glucósidos cianogénicos en las raíces de yuca. Adultos y ninfas que se alimentan de una variedad con alto contenido de HCN (mayor a 100mg kg<sup>-1</sup> HCN) tienen un desarrollo ninfal más largo, se reduce su producción de huevos e incrementa la mortalidad. La oviposición sobre CMC40 (43mg kg<sup>-1</sup> HCN) fue de 51 huevos por hembra contra sólo 1.3 sobre la MCol 1684 (627 mg de HCN equivalente a kg<sup>-1</sup>). La longevidad de los adultos sobre CMC40 (235 días) fue más del doble que sobre MCol 1684 (112 días) (Bellotti & Riis, 1994). Riis (1997) demostró que la oviposición sobre clones con un CNP (potencial cianogénico) menor de 45ppm (peso fresco) fue significativamente mayor que clones con un CNP mayor a 150ppm, mientras la oviposición varió considerablemente sobre clones con CNP entre 45-150ppm.

Estudios de alimentación preferencial realizados en campos de yuca en Colombia dieron como resultado un daño considerablemente mayor en CMC40 (el clon de bajo contenido de HCN) que en MCol 1684. MMex 59, con un contenido intermedio de cianógeno (106mg kg<sup>-1</sup> de HCN) sufrió un daño moderado (Arias y Bellotti 1985). Estos datos indican que CNP puede actuar como un impedimento para el *C. bergi* y que los daños causados no deberían ser un problema cuando se cultivan clones con altos contenidos de CNP (ej.: Nordeste Brasil y Africa) (Bellotti & Riis, 1994). *C. bergi*. Sin embargo, en muchas regiones productoras de yuca, las variedades dulces o bajas en CNP son preferidas

Datos experimentales y observaciones de campo muestran que variedades con un alto contenido de CNP son resistentes al ataque y daño de *C. Bergi*. Sin embargo, en muchas regiones productoras de yuca las variedades dulces o bajas en CNP son preferidas para consumo fresco. Estudios recientes indican una resistencia/tolerancia potencial a *C. bergi* en 15 variedades bajas en CNP (Riis, 1997). El empleo potencial de esta resistencia varietal requiere investigaciones en comportamiento de la plaga, mecanismos de resistencia, bioquímica y genética.

## 9. LOS TRIPS *Frankliniella williamsi*

Plaga raspadora -chupadora. En Colombia la especie de mayor importancia económica es *F. williamsi* la cual ataca la yema terminal de las ramas de las plantas, produciendo deformaciones severas en variedades susceptibles.

## 9.1 Control por RPH

El uso de variedades resistentes las cuales se encuentran fácilmente disponibles es el mejor método de control. El banco de germoplasma de CIAT cuenta con altos niveles de resistencia a esta plaga. Actualmente mas del 30 % de las variedades e híbridos son altamente resistentes al ataque de trips, un alto porcentaje muestra síntomas de daño de poca importancia (CIAT, 1974 ; Schoonhoven ,1974).

La resistencia de la yuca a los trips, se basa en la vellosidad de las yemas foliares. Al aumentar la pubescencia de las hojas sin expandir se incrementa la resistencia a los trips (*F. williamsi*). La resistencia es de tipo mecánico (Schoonhoven, 1974).

## 10. LOS CHINCHES DE ENCAJE (*Vatiga manihoti*)

Estos insectos (Hemiptera: Tigidæ) son plaga del Neotrópico. Froeschner (1993) ha identificado varias especies y las más importantes en la yuca son: *Vatiga iludens*, *V. manihotæ* y *Amblistira machalana* .

### 10.1 Control

El control de los chinches de encaje parece ser difícil; se han encontrado muy pocos enemigos naturales (Bellotti *et al.*, 1999) y el uso continuo de insecticidas es costoso y se pueden destruir los enemigos naturales de las otras plagas. Estudios preliminares y evaluaciones del banco de germoplasma de yuca en el CIAT, indican que la resistencia varietal puede estar disponible, pero hace falta bastante investigación para implementar esta tecnología (CIAT, 1990). En Colombia, *V. iludens* y *V. manihotæ* se encuentra en la mayoría de las zonas yuqueras pero hasta ahora no se han encontrado a niveles de importancia económica o ejerciendo una presión que permita realizar evaluación de germoplasma en alguna zona del país. Observación personal de Arias; B.V.

### 10.2 Tendencias en el Manejo de Plagas

Un exitoso programa de manejo integrado de plagas (MIP) en yuca debería estar acorde con un medio ambiente seguro, tecnologías para el manejo de plagas disponibles a bajo costo para agricultores en países en desarrollo. Generalmente herramientas de biotecnología disponibles ofrecen el potencial para desarrollar variedades mejoradas resistentes a plagas y aumentar la efectividad de los controladores naturales, incluyendo parasitoides y entomopatógenos. La nueva generación de tecnologías genéticas para el manejo de plagas actualmente están siendo integradas con el tradicional MIP, ofreciendo tecnologías alternativas para el control del barrenador del tallo, hormigas cortadoras de hojas, langosta, chizas y otras plagas de difícil control. Actividades de investigación en



esta área están ya en marcha y podrán estar disponibles para los agricultores en un futuro cercano.

### 10.3 Control por RPH

El banco de germoplasma del CIAT ofrece a entomólogos y mejoradores más de 6000 variedades de yuca con un grupo potencial de genes de resistencia a plagas. Como previamente se mencionó, se han identificado niveles variables de resistencia para ácaros, mosca blanca, trips, chinche de la viruela, chinche de encaje y barrenadores del tallo. Las novedosas herramientas biotecnológicas que se encuentran disponibles, permiten el eficiente y fácil acceso a genes resistentes, más rápida manipulación de los niveles moleculares. Un considerable número del material del banco de germoplasma está continuamente sembrado en campo y está disponible para hacer evaluaciones sistemáticas de resistencia a plagas. Técnicas y metodologías están ahora disponibles para cría masiva de la mayoría de las principales plagas de yuca, se han descrito escalas de daño y de población para identificar germoplasmas susceptibles y resistentes. Se necesitan hacer evaluaciones seguras del germoplasma en el campo con infestaciones naturales o artificiales. Síntomas de daño de la mayoría de plagas de yuca no se expresan verdaderamente en evaluaciones hechas en plantas de casa de malla o invernaderos, resultando una falsa identificación de resistencia.

Se han identificado variedades que poseen múltiple resistencia (para más de una plaga). Por ejemplo, MEcu 72 contiene niveles altos de resistencia a mosca blanca y trips y moderado nivel para ácaros. Uno de los retos que confrontan los genetistas y mejoradores podría ser incluir resistencia a enfermedades y a artrópodos en una misma variedad.

La gran fuente de resistencia a plagas puede ser debida a las especies silvestres de *Manihot*. Más de 100 especies de *Manihot* han sido identificadas (Allem, 1994), y una pequeña colección existe en algunas localidades (incluyendo CIAT, EMBRAPA/Brasil, IITA). El mapa genético molecular de yuca se está desarrollando (Fregene *et al.*, 1997) y ésta podría ser una herramienta muy útil para desarrollar plantas transgénicas de yuca con resistencia a plagas (usando otras especies de *Manihot*).

Los proyectos MIP en yuca son pocos y la decisión de realizar guías y las estrategias requeridas para una apropiada implementación de opciones de control, no están disponibles para los pequeños agricultores, en un sistema de producción tradicional (Bellotti *et al.*, 1999). Esto es fuertemente sentido en sistemas de grandes extensiones de cultivos de yuca, donde la implementación de un efectivo sistema MIP, basado en el control biológico y variedades resistentes es decisivo para el sostenimiento de un alto rendimiento (especialmente en el Neotrópico donde existe un gran complejo de artrópodos plaga y enfermedades). Una propuesta efectiva para los productores de yuca y poder superar la lenta difusión de la tecnología, es a través, del uso de métodos participativos

con agricultores, incluyendo al sector privado en la planeación de la investigación y objetivos. La implementación exitosa de un cultivo integrado y un proyecto piloto de manejo de plagas con agricultores tradicionales en el Nordeste de Brasil, es un ejemplo real de como esto puede ser posible (Bellotti *et al.*, 1999; Ospina *et al.*, 1999).

## 11. BIBLIOGRAFIA

- ALLEM, A.C. 1994. The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Genetic Resources and Crop Evaluation. 41:133-150.
- ARIAS, B.V. 1995. Estudio sobre el comportamiento de la "mosca blanca" *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) en diferentes genotipos de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. MS tesis. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 181pp.
- ARIAS, B. & BELLOTTI, A.C. 1985. Aspectos ecológicos y de manejo de *Cyrtomenus bergi* Froeschner, chinche de la viruela en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Colombiana de Entomología. 11(2): 42-46.
- BARBERENA, M.F. & BELLOTTI, A.C. 1998. Parasitismo de dos razas del nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la chinche *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae) en el laboratorio. Revista Colombiana de Entomología. 24(1/2): 7-11.
- BELLOTTI, A.C. 1983. Control integrado de plagas de la yuca. In Reyes, J.A.(ed) Yuca:Control Integrado de Plagas. Centro internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp 249-264.
- BELLOTTI, A.C. & KAWANO, K. 1980. Breeding approaches in cassava. In: Maxwell, F.G. & Jennings, P.R. (eds) Breeding Plants Resistant to Insects. Wiley, New York, pp. 314-335.
- BELLOTTI, A.C. & VAN SCHOONHOVEN, A. 1978a. Cassava pests and their control. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 71pp.
- BELLOTTI, A.C. & VAN SCHOONHOVEN, A. 1978b. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology. 23(1): 39-67.
- BELLOTTI, A.C & KAWANO, K. 1983. Mejoramiento para resistencia varietal en el cultivo de la yuca. In Reyes, J.A.(ed) yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp171-194.
- BELLOTTI, A.C.; ARIAS, B. & GUZMÁN, O.L. 1992. Biological control of the cassava hornworm *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae). Florida Entomology. 75: 506-515.
- BELLOTTI, A.C. & Riiss, L. 1994. Cassava cyanogenic potential and resistance to pests and diseases. Acta Horticulturae. 375: 141-151.
- BELLOTTI, A.C; REYES, J; ARIAS, B.V. & VARGAS, O.H. 1983. Insectos y ácaros de la yuca y su control. In Reyes, J.A. (ed) Yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp 69-93.



- BELLOTTI, A.C.; REYES, J.A. & VARELA, A.M. 1983a. Observaciones de los piojos harinosos de la yuca en las Américas; su biología, ecología y enemigos naturales. In: Reyes, J.A. (ed.) yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 313-339.
- BELLOTTI, A.C.; MESA, N.; SERRANO, M.; GUERRERO, J.M. & HERRERA, C.J. 1987. Taxonomic inventory and survey activities for natural enemies of cassava green mites in the Americas. *Insect Science Application*. 8(4/5/6): 845-849.
- BELLOTTI, A.C.; BRAUN, A.R.; ARIAS, B.; CASTILLO, J.A. & GUERRERO, J.M. 1994. Origin and management of Neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*. 2(4): 407-417.
- BELLOTTI A.C.; SMITH, L. & LAPOINTE, S.L. 1999. Recent advances in cassava pest management. *Annual Review of Entomology*. 44:343-370.
- BENTO, J.M.S.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A.; DE MORAES, G.J.; LAPOINTE, S.L. & WARUMBY, J.F. 1999. Introduction of parasitoids for control of cassava mealybugs in northeastern Brazil. *Bulletin of Entomological Research*. 89(5): Copyright CAB International.
- BRAUN, A.R.; BELLOTTI, A.C.; GUERRERO, J.M. & WILSON, L.T. 1989. Effect of predator exclusion on cassava infested with tetranychid mites (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology*. 18(4): 711-714.
- BRAUN, A.R.; BELLOTTI, A.C. & LOZANO, J.C. 1993. Implementation of IPM for small-scale cassava farmers. In: Altieri, M.A. (ed.). *Crop protection strategies for subsistence farmers*. Westview, Boulder, CO, pp. 103-115.
- BYRNE, D.H.; GUERRERO, J.M.; BELLOTTI, A.C. & GRACEN, V.E. 1982. Yield and plant growth responses of *Mononychellus* mite resistant and susceptible cassava cultivars under protected vs. infested conditions. *Crop Science*. 22(5-6): 486-550.
- BYRNE, D.H.; BELLOTTI, A.C. & GUERRERO, J.M. 1983. The cassava mites. *Tropical Pest Management*. 29(4): 378-394.
- CAICEDO, A.M. & BELLOTTI, A.C. 1994. Evaluación del potencial del nemátodo entomógeno *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) para el control de *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*. 20(4): 241-246.
- CALVACANTE, M.L.S. & CIOCIOLA, A.I. 1993. Variabilidade quanto au grau de resistência de cultivares de mandioca ao percevejo de renda em Pacajus - CE. In: *Relato Annual de Pesquisas, 1980/92*. Empresa de Pesquisa Agropecuária Ceará, Fortaleza, Brazil.
- CASTILLO, J. 1996. Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus enemigos naturales sobre cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. MS thesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia, 173pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1974. Annual Report Cassava program 1973. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 284p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1990. Annual Report Cassava Program, 1989. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 385pp.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1992. Annual Report Cassava Program, 1987-1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 475pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1994. Annual Report Cassava Program, 1993. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 325pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL 1999. Annual Report: Integrated Pest and Disease Management in Major Agroecosystems. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 136pp.
- FALCON, L.A Y SMITH, R.F. 1983. El concepto de Control Integrado de Plagas. In: Reyes, J.A. (Ed) Yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp 15-32.
- FARIAS, A.R.N. 1985. *Hyaliodes vitreus* (Hemiptera: Miridae), un predador de *Vatiga illudens* (Drake, 1773) (Hemiptera: Tingidae) em mandioca, na Bahia. Revista Brasileira de Mandioca 4(1): 123-124.
- FARIAS, A.R.N. 1990a. Especies de "Mosca Blanca": Situação Atual e Perspectiva de Controle. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brazil, 9pp.
- FREGENE, M. *et al.* 1997. A molecular genetic map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Theoretical Applied Genetics. 95: 431-441.
- FROESCHNER, R.C. 1993. The Neotropical lace bugs of the genus *Vatiga* (Heteroptera: Tingidae), pests of cassava: New synonymies and key to species. In: Proceedings Entomological Society of Washington 95(3): 457-462.
- GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A. & BELLOTTI, A.C. 1990. Effects of intercropping and varietal mixtures on the cassava hornworm, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), and the stemborer, *Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Pyralidae), in Colombia. Tropical Pest Management 36(4): 362-367.
- HERREN, H.R. Y NEUENSCHWANDER, P. 1991. Biological control of cassava pest in Africa. Annual Review of Entomology 36: 257-283.
- HERSHEY, C.H. 1987. Cassava germplasm resources. In: Proceedings Cassava Breeding: A Multidisciplinary Review, Manila, (Philippines) March 4-7, 1985. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 1-24.
- KOGAN, M. 1983. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal en yuca. In Reyes, J.A. (ed) Yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp 33-44.
- LE RU, B. & CALATAYUD, P.A. 1994. Interactions between cassava and arthropod pests. African Crop Science Journal. 2(4): 419-421.
- LOHR, B. 1983. Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkei* barrenador de la yuca. In: Reyes, J.A. (ed.) Yuca: control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 159-161.
- LOZANO, J.C. & BELLOTTI, A.C. 1980. Control Integrado de enfermedades y pestes de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), Fitopatología Colombiana. Vol. 2:97-104.



- LOZANO, J.C; BYRNE, D; & BELLOTTI, A.C. 1980. Cassava Ecosystem relationships and their influence on breeding strategy. *Tropical pest management*. 26(2): 180-187.
- NEUENSCHWANDER, P. 1994a. Control of cassava mealybug in Africa: Lessons from a biological control project. *African Crop Science Journal*. 2:369-383.
- OSPINA, B.; SMITH, L. & BELLOTTI, A.C. 1999. Adapting participatory research methods for developing integrated crop management for cassava-based systems, Northeast Brazil. In: Fujisaka, S. (ed.) *Systems and farmer participatory research*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 61-75.
- PORTER, R.I. 1988. Evaluation of germplasm (*Manihot esculenta* Crantz) for resistance to the mealybug (*Phenacoccus herreni* Cox and Williams). PhD thesis dissertation, Cornell University, Ithaca, NY, 117p.
- RIIS, L. 1990. The subterranean burrowing bug *Cyrtomenus bergi* Froeschner, an increasing pest in tropical Latin America: Behavioral studies, population fluctuations, botanical control, with special reference to cassava. MSc thesis, Institute of Ecological and Molecular Biology, Section of Zoology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 167pp.
- RIIS, L. 1997. Behaviour and population growth of the burrower bug, *Cyrtomenus bergi* Froeschner: Effects of host plants and abiotic factors. PhD thesis, Royal Veterinary Agricultural University, Copenhagen, 167pp.
- SCHMITT, A.T. 1988. Uso de *Baculovirus erinnyis* para el control biológico del gusano cachón de la yuca. *Yuca Boletín Informativo (Colombia)* 12:1-4.
- SCHOONHOVEN, A. Van. 1974. Resistant to thrips damage in cassava. *Journal of Economic Entomology* 67(6): 728-730.
- VAN DRIESCHE, R.G.; BELLOTTI, A.C.; CASTILLO, J.A. & HERRERA, C.J. 1990. Estimating total losses from parasitoids for a field population of a continuously breeding insect, cassava mealybug, *Phenacoccus herreni* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Colombia, S.A. *Florida Entomology*: 73:133-143.
- YANINEK, J.S.; MÉGEV, B.; DE MORAES, G.J.; BAKKER, F.; & BRAUN, A. 1991. Establishment of the Neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. *Biocontrol Science and Technology*. 1(4): 323-330.





## EL POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA PARA CONTRIBUIR AL MANEJO DE PLAGAS EN LA YUCA

Paul Chavarriaga<sup>1</sup>  
Roosevelt H. Escobar<sup>1</sup>  
Joe Tohme<sup>1</sup>

### LA TRANSFORMACIÓN GENÉTICA COMO HERRAMIENTA EN EL CONTROL DEL BARRENADOR (*Chilomina clarkei* Amsel) DE LA YUCA

La tecnología de transformación genética usando *Agrobacterium* o Biolística (introducción de secuencias de genes mediante el bombardeo de partículas recubiertas con ADN) ha permitido obtener variedades transgénicas de los cultivos más importantes en la alimentación mundial. Hoy las variedades de plantas transgénicas que se cultivan a gran escala contienen genes que confieren resistencia a herbicidas y plagas como virus e insectos principalmente (James C., 1998). Estos avances han sido posibles en cultivos masivos como soya, maíz y arroz donde existen sistemas eficientes y reproducibles de transformación y regeneración de plantas *in vitro*. En el caso de la yuca también existen sistemas de regeneración de plantas *in vitro* que son susceptibles de transformación genética. Dichos sistemas ya han producido las primeras plantas transgénicas de yuca con genes marcadores (de selección y transformación transiente; Schopke *et al.*, 1996; Li *et al.*, 1996; Raemakers *et al.*, 1996; González *et al.*, 1998), como también con genes de valor comercial (Sarria *et al.*, 2000).

Dentro de las características comerciales de mayor interés en el cultivo de la yuca está la resistencia a insectos. En el caso de Colombia específicamente, el barrenador del tallo (*Chilomina clarkei* Amsel, Lepidoptera) es una de las plagas que más afecta los cultivos en diferentes zonas del país. La mayor incidencia del barrenador se hallaba hasta hace poco localizada principalmente en los departamentos de la costa norte colombiana, a donde se cree que el insecto penetró proveniente de Venezuela. Debido a su ciclo de vida, el barrenador es una plaga que se extiende rápidamente entre cultivos. La mayor parte del ciclo de vida (aproximadamente 43 de 69 días) se desarrolla dentro del tallo, donde el insecto es poco visible, y por lo tanto fácilmente transmisible dentro de las estacas infectadas que se usan como semilla. Es así como hoy el barrenador del tallo se encuentra en los departamentos del Cesar, Bolívar, Atlántico, Meta, Caldas, Huila y Tolima (Bernardo Arias, CIAT, comunicación personal).

Desafortunadamente no se ha identificado resistencia genética (varietal) al barrenador del tallo. Los cultivadores de yuca --a través de la Asociación Nacional de Productores y

---

<sup>1</sup> Unidad de Biotecnología - Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. A.A. 6713, Cali, Colombia.

Procesadores de Yuca, ANPPY--, en su mayoría campesinos de bajos recursos que cultivan parcelas pequeñas, han solicitado ayuda para solucionar el problema. Como respuesta a esta petición, el Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT-, en colaboración con CORPOICA, se encuentran desarrollando un proyecto de transformación genética de yuca con la variedad Venezolana (MCol2215) seleccionada por los cultivadores. El proyecto pretende introducir un gen (*cry1Ab*) proveniente del *Bacillus thuringiensis* (Bt), una bacteria del suelo que se utiliza como insecticida biológico para el control de insectos, especialmente Lepidopteros. El gen original fue modificado para mejorar su expresión en plantas, y actualmente se encuentra clonado en un vector (plásmido) junto a otros genes de selección y monitoreo (*gus-int*, *nptII*, *man*) de la transformación. En los experimentos de transformación se utilizan tanto el *Agrobacterium tumefaciens* como la biolística para introducir el gen. Los resultados más recientes han mostrado que es posible introducir el vector con ambos sistemas. Los genes en el vector pueden ser expresados en las células de yuca, juzgando por la expresión de genes marcadores que acompañan al *cry1Ab*.

### **MEJORANDO LOS SISTEMAS DE CULTIVO DE TEJIDOS *IN VITRO* PARA TRANSFORMACIÓN**

Aunque la eficiencia de los sistemas *in vitro* de regeneración y transformación de yuca no son aún comparables con aquellos desarrollados para cultivos como maíz, arroz y soya, los primeros han servido para establecer la tecnología básica de transformación. Hoy se cuenta básicamente con un par de tecnologías que tienen potencial para producir yuca transgénica. Una de ellas, la de mayor potencial, se conoce como el sistema de Callo Embriogénico Friable, CEF (Taylor *et al.*, 1996). En este sistema se produce un callo compuesto de múltiples células embriogénicas que, con los medios y hormonas adecuados, regeneran plantas. El callo embriogénico puede también mantenerse en un medio líquido, lo que lo convierte en una suspensión celular embriogénica. Ambos, el callo y la suspensión, son transformados usando *Agrobacterium* o biolística, y plantas transgénicas pueden ser regeneradas aplicando métodos de selección específicos.

La respuesta al cultivo de tejidos *in vitro*, y por ende el éxito en la transformación genética, es altamente dependiente de la variedad de yuca. Se hace necesario entonces seleccionar las variedades de interés que respondan adecuadamente a la producción de CEF. Esto permite estimar la probabilidad de obtener nuevas variedades comerciales transgénicas, que incluyan genes de resistencia a insectos. El CIAT, financiado por el Ministerio de Agricultura de Colombia, está desarrollando un proyecto que pretende estimar: 1) si las variedades de yuca de interés comercial en Colombia responden al cultivo de tejidos *in vitro*, 2) si éstas mismas variedades son susceptibles de transformar genéticamente, y 3) la probabilidad de éxito de obtención de variedades transgénicas de uso comercial potencial. Este proyecto permitirá seleccionar las variedades comerciales de yuca más susceptibles a transformar, para introducir genes de resistencia a insectos y a virus transmitidos por insectos.



## MARCADORES MOLECULARES Y LA RESISTENCIA AL MOSAICO AFRICANO DE LA YUCA (CMD) Y A LA MOSCA BLANCA (*Aleurotrachelus socialis*)

Entre los genes de interés más importantes en el control de plagas de yuca están los que confieren resistencia al Virus del Mosaico Africano de la Yuca (enfermedad conocida como CMD ó Cassava Mosaic Disease), y la resistencia a la “Mosca Blanca” (*Aleurotrachelus socialis*). El vector del CMD es *Bemisia tabacci*, y la plaga es especialmente importante en Africa, aunque el vector del virus (biotipo B de la mosca) existe, y se extiende rápidamente también en los continentes americano y asiático. *Aleurotrachelus socialis* es una plaga que produce entre el 70 al 80% de las pérdidas económicas del cultivo. Ya se han identificado genes de origen viral (C. Fauquet, comunicación personal) implicados en la resistencia al CMD. Utilizando marcadores moleculares se han identificado secuencias del genoma de la yuca, también involucrados en la resistencia al CMD (M. Fregene, en: Reporte Annual CIAT, 1999). Igualmente, con el uso de marcadores moleculares se está analizando el genoma de variedades susceptibles y resistentes a *Aleurotrachelus socialis* (A. Bellotti, en: Reporte Annual CIAT, 1999). Una vez se definan claramente las secuencias del genoma de la yuca responsables por la resistencia a CMD o a Mosca Blanca, dichas secuencias podrían ser clonadas e introducidas, mediante transformación genética, en las variedades de yuca de mayor importancia para pequeños agricultores y a escala comercial.

El éxito de un programa de mejoramiento que incluya la transformación genética como una herramienta para desarrollar variedades resistentes a insectos plaga, depende en buena parte, como se mencionó anteriormente, de la respuesta al cultivo *in vitro* de las variedades que se desea transformar.

## PROPAGACIÓN RÁPIDA DE SEMILLA CERTIFICADA

Como se mencionó anteriormente en el caso del barrenador del tallo, uno de los problemas que enfrentan los cultivadores de yuca es la disponibilidad de gran cantidad de semilla clonal certificada (libre de patógenos como insectos, virus, hongos, etc), lo cual evitaría la propagación de plagas. En la actualidad en el CIAT se desarrollan dos proyectos encaminados a establecer las condiciones básicas necesarias para la multiplicación masiva *in vitro*, de semilla certificada de variedades comerciales de yuca. Uno de los proyectos utiliza la tecnología de propagación mediante bioreactores, también conocida como Recipiente de Inmersión Temporal Automatizada, RITA<sup>®</sup>, por su sigla en Francés (Teisson y Alvard, 1995), el cual es altamente eficiente en la multiplicación, reduciendo aproximadamente en un 50% los costos unitarios de propagación. El éxito en la utilización de bioreactores con fines de propagación depende de la respuesta de la variedad a las condiciones de manejo en medios líquidos. Ya el CIAT ha desarrollado procedimientos eficientes para la multiplicación de yuca en RITA usando la variedad

Venezolana (Mcol2215; Reporte Anual CIAT, 1999). Parte del objetivo del proyecto es extender la metodología a otras variedades comerciales de yuca.

Los costos de desarrollo de la tecnología RITA podrían limitar su aplicación. Por esta razón el CIAT también estudia, en un segundo proyecto, la posibilidad de propagar masivamente semilla clonal certificada en sistemas *in vitro*, con insumos de bajo costo y de fácil consecución (Reporte Anual CIAT, 1999). El objetivo es hacer el sistema de multiplicación masiva fácilmente transferible a las comunidades campesinas interesadas en crear sus propios "bancos" de material libre de patógenos.

## REFERENCIAS

GONZÁLEZ, A.E.; SCHOPKE, C.; TAYLOR, N.J.; BEACHY, R.N. and FAUQUET, C.M. 1998. Regeneration of transgenic cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) through *Agrobacterium*- mediated transformation of embryogenic suspension cultures. *Plant Cell Rep.* 17:827-831.

JAMES, C. 1998. Global review of commercialized transgenic crops. ISAAA. Briefs No. 8 ISAAA: Ithaca, N.Y. USA.

LI, H.Q.; SAUTTER, C. POTRYKUS, K. and PUONTI KAERLAS, J. 1996. Genetic transformation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Nature Biotechnology.* 14:736-740.

RAEMAKERS, C.J.J.M.; SOFIARI, E.; TAYLOS, N.J.; HENSHAW, G.G.; JACOBSEN, E. and VISSER, R.G.F. 1996. Production of transgenic cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plants by particle bombardment using luciferase activity as selection marker. *Mol. Breeding.* 2:339-349.

REPORTE ANUAL CIAT. 1999. Annual Report 1999. Project SB-02. Assesing an utilizing agrobiodiversity through biotechnology. CIAT, Cali, Colombia. p.84-88 y p.34-36.

SARRIA, R.; TORRES, E.; ANGEL, F.; CHAVARRIAGA, P. and ROCA, W.M. 2000. Transgenic plants of cassava (*Manihot esculenta*) with resistance to Basta obtained through agrobacterium-mediated transformation. *Plant Cell Reports.* 19:339-344.

SCHOPKE, C. *et al.* 1996. Regeneration of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) from microbombarded embryogenic suspension cultures. *Nature Biotechnol.* 14:731-735.

TAYLOR, N.J. *et al.* 1996. Development of friable embryogenic callus and embryogenic suspension culture systems in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Nature Biotechnology.* 14: 726-730.



# LAS DEFENSAS NATURALES EN LA YUCA A LAS PLAGAS ARTROPODAS

Calatayud, P.A.<sup>1</sup>  
Múnera, D.F.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las plantas superiores desarrollan mecanismos físicos y químicos para su defensa contra las plagas. Según el caso, estas defensas pueden estar dentro del vegetal sano o pueden ser inducidas por el ataque del artrópodo. Estas defensas son variables y pueden ser modificadas por factores ecológicos.

Los mecanismos físicos están presentes más frecuentemente en el vegetal sano, pero en algunos casos, como la formación de callo, pueden ser inducidos por la plaga. Además, estos mecanismos afectan más el establecimiento del artrópodo sobre la planta e involucran los componentes de comportamiento, principalmente las que prevalecen durante la elección y el establecimiento sobre la planta hospedera.

La defensa química es el mecanismo más eficaz y frecuente en especies vegetales (Bell, 1974), en la cual, las sustancias del metabolismo secundario son las que ejercen mayor acción. Según Fraenkel (1969) estas sustancias son, principalmente, compuestos con una función de defensa y tienen tendencia a dar a la planta características repulsivas o tóxicas, afectando el crecimiento de los insectos. Se atribuye la calificación de secundario porque cada familia de estas sustancias está restringida a un grupo limitado de plantas, y porque parecen generalmente no intervenir en los procesos bioquímicos de base común en la mayoría de las plantas. Entre las sustancias secundarias se incluyen alcaloides, esteroides, terpenoides, compuestos fenólicos (flavonoides, taninos...), compuestos cianídricos o algunos derivados azufrados (linamarina, glucosinolatos...), y también otros compuestos orgánicos cuyas funciones metabólicas dentro de las plantas no están bien definidas (Robinson, 1974; Beck & Reese, 1976). Whittaker (1970) propone el término aleloquímico para algunas sustancias secundarias que se definen, en las interacciones plantas-insectos, como sustancias producidas por la planta y que afectan marcadamente el crecimiento, la sobrevivencia, el comportamiento o la biología del insecto. La producción de fitoalexinas –sustancias químicas sintetizadas por la planta e inducidas por la presencia de un cuerpo extraño a la planta, generalmente un microorganismo–, compuestos atractivos, repulsivos, fagorepulsivos, inhibidores y compuestos tóxicos son algunos ejemplos de interacciones aleloquímicas.

---

<sup>1</sup> Entomólogo, IRD/CIAT – Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, Proyecto Yuca, A.A. 6713 Cali, Colombia, [P.Calatayud@cgiar.org](mailto:P.Calatayud@cgiar.org)

<sup>2</sup> Asistente de Investigación - Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, Proyecto Yuca, A.A. 6713 Cali, Colombia, [difemusa@hotmail.com](mailto:difemusa@hotmail.com)

En la literatura se registra que la yuca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) presenta mecanismos físicos y químicos contra plagas artrópodas.

## I. MECANISMOS FÍSICOS

En la resistencia de la yuca contra especies de trips, se demostró claramente que la pilosidad de la hoja contribuye a la defensa de la planta contra estos insectos y que un incremento de la pubescencia foliar permite un incremento de la resistencia de la yuca a los trips (Schoonhoven, 1974; Bellotti & Schoonhoven, 1978).

En el estudio de las interacciones yuca/piojo harinoso *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae), se evidenció una reacción muy rápida y común en muchas especies vegetales, se trata de formación de callo (polímero de  $\beta(1,3)$ -D-glucopiranosas) al contacto de los estiletes del piojo (Figura 1, Calatayud *et al.*, 1996). Esta reacción constituye una cicatrización del floema y por ende molesta la alimentación sostenida de este insecto floemófago.

Otro mecanismo físico de la planta que molesta el comportamiento alimenticio de *P. manihoti*, es la pared vegetal. En efecto, un análisis de los compuestos secundarios presentes en los líquidos intercelulares de las hojas de yuca ha mostrado que los ácidos fenólicos están fuertemente implicados en el establecimiento del piojo harinoso sobre la planta (Calatayud *et al.*, 1994a). Este resultado corrobora el hecho que los ácidos fenólicos precursores de la síntesis de compuestos acoplados a pectinas podrían constituir factores mayores de interacciones con las enzimas salivares del insecto y por ende molestar su comportamiento alimenticio. Además, el nivel de estos ácidos fenólicos disminuye fuertemente durante épocas secas explicando en parte el aumento de la población natural de *P. manihoti* en el campo durante la sequía (Calatayud & Le Rü, 1994).

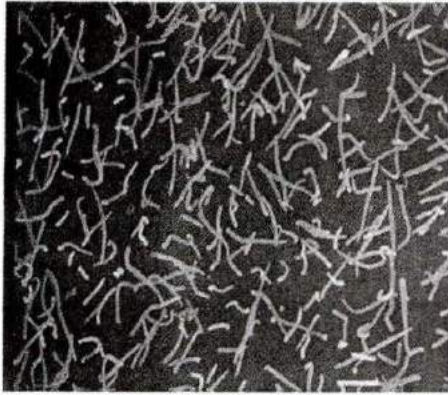
## II. MECANISMOS QUÍMICOS

Una característica importante de la bioquímica de la yuca es la presencia de compuestos cianogénicos en hojas, tallos y raíces. En los tejidos vegetales, el grupo -CN está ligado con la D-glucosa en forma de glucósidos cianogénicos (Conn, 1980): principalmente la linamarina (Figura 2a, Butler *et al.*, 1965). Durante una herida, los tejidos de yuca emiten el ácido cianídrico (HCN). Esta propiedad, llamada cianogénesis, resulta particularmente de la acción de una enzima endógena ( $\beta$ -glucosidasa): la linamarasa (Figura 2a, Conn, 1980). La cianogénesis, permitiendo la liberación de una molécula tóxica, constituye un sistema de protección de la yuca contra las plagas; sin embargo, tal protección no ha sido claramente demostrada (Hruska, 1988).

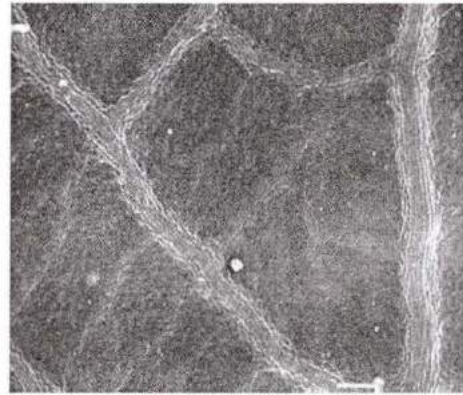


A

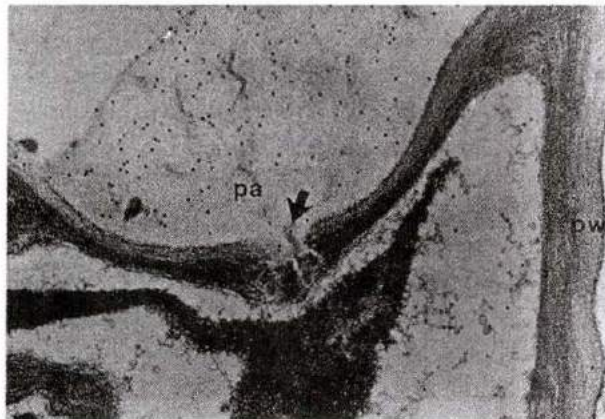
MEcu 72 (variedad resistente)



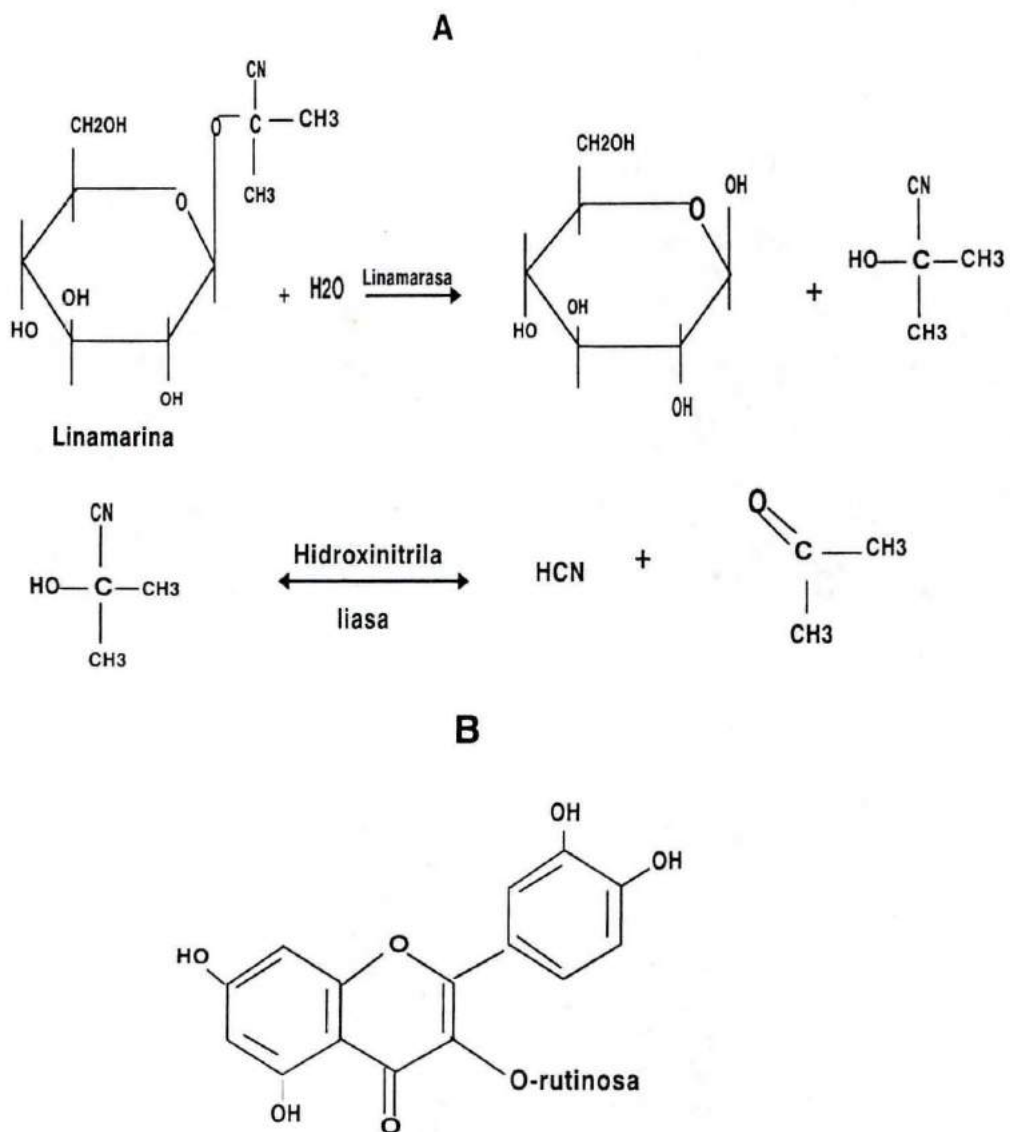
CMC 40 (variedad susceptible)



B



**Figura 1:** A: Pubescencia en dos variedades de yuca (superficie de hojas de MEcu 72 resistente a trips y de CMC 40 susceptible a trips)(fotos según Arias (1995), rayas=100  $\mu\text{m}$ ); B: Micrografía de tejido de hoja de yuca infestada por *P. manihoti*, la sección fue tratada por anti cuerpos policlonales anti  $\beta(1,3)$ -D-glucopiranososa (partículas de oro visibles sobre la foto). Una papila (flecha) esta tapando una área del plasmolema (pa) de una célula del floema en la zona de nutrición del insecto. (pw: pared primaria, raya= 0.4  $\mu\text{m}$ , según Calatayud *et al.* (1996)).



Rutina = quercetin (3,3',4',5,7-pentahidroxi flavona) + rutinosa  
 Rutinosa = ramnosa + glucosa

**Figura 2.** A: Fórmula química de la linamarina y esquema de la cianogénesis permitiendo la liberación de HCN por la linamarasa; B: Fórmula química de la rutina.



En las raíces, la cianogénesis puede constituir una defensa de la yuca contra el chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae). En efecto, se demostró que el HCN liberado por el ataque de este insecto en las raíces juega un papel repulsivo y que variedades con bajos niveles de HCN sufren un ataque más severo del insecto que las variedades con altos niveles de HCN (Castaño *et al.*, 1985; Bellotti & Riis, 1994; Riis, 1997; Bellotti *et al.*, 1999).

Sin embargo, la cianogénesis no constituye un mecanismo implicado dentro de la defensa de la yuca al piojo harinoso *P. manihoti* por varias razones. La linamarina misma no es tóxica a *P. manihoti* y parece ser más un fagostimulante (Calatayud *et al.*, 1994a; 1994b; Calatayud, 2000). En condiciones naturales, el insecto posee un complejo enzimático capaz de hidrolizar la linamarina (Calatayud *et al.*, 1995); sin embargo, la linamarasa de *P. manihoti* no parece provenir del insecto mismo sino de bacterias contenidas en su tracto digestivo (Calatayud, 2000). Los niveles de HCN que se pueden encontrar dentro su tracto digestivo no son tóxicos al insecto porque posee un sistema eficaz de excreción y/o de detoxificación (Calatayud *et al.*, 1994b). Además, la localización en los tejidos vegetales de la linamarasa difiere en su substrato, la linamarina (Pancoro & Hughes, 1992), y el hecho que los procesos de penetración de los estiletes de *P. manihoti* no inducen casi ninguna herida (Calatayud *et al.*, 1994a), hace poco probable la iniciación de la cianogénesis dentro de las interacciones yuca-piojo harinoso.

Aunque no se evidenciaron alcaloides en la yuca, algunos flavonoides glicosilados fueron detectados (Calatayud *et al.*, 1994b), dentro de ellos, la rutina, cuya ausencia en plantas es más significativa que su presencia (Figura 2b, Harborne & Williams, 1975), mostró afectar el crecimiento y desarrollo de *P. manihoti* (Calatayud *et al.*, 1994b; Calatayud, 2000). Además, se determinó que una de las repuestas de defensa de la yuca contra *P. manihoti* se manifiesta por un incremento del nivel en rutina. Este incremento varía según la estación y es menos fuerte durante épocas secas explicando en parte el aumento de la población natural de *P. manihoti* en el campo durante la sequía (Calatayud *et al.*, 1994c). Sin embargo, el efecto negativo de la rutina sobre el crecimiento y el desarrollo de *P. manihoti* no parece resultar de una acción tóxica al insecto sino más de una acción fagorepulsiva.

## CONCLUSIÓN

En *M. esculenta*, las defensas naturales a las plagas artrópodas descritas en la literatura parecen afectar particularmente el establecimiento o la alimentación sostenida (fagorepulsivo) de la plaga sobre la planta por mecanismos de defensa física (pilosidad, producción de callo) o química (HCN, rutina). Ningún ejemplo en la literatura ha mostrado claramente un efecto tóxico de una variedad de yuca contra sus plagas o ha indicado la presencia de una molécula tóxica sobre el desarrollo y crecimiento de ellas explicado en parte porque la resistencia varietal no ha sido tan desarrollada para controlar

varias plagas artrópodas de la yuca (Bellotti, & Schoonhoven, 1978; Bellotti *et al.*, 1999). La búsqueda de moléculas tóxicas a plagas de la yuca debe ser realizada a partir de especies silvestres o de otras especies vegetales y organismos vivos (*eg* bacterias) para ser utilizadas en un programa de ingeniería genética.

## REFERENCIAS

ARIAS, B. 1995. Estudio sobre el comportamiento de la "mosca blanca" *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) en diferentes genotipos de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Tesis M. Sc. en Producción vegetal, 166 pp.

BECK, S.D. & REESE, J.C. 1976. Insect-plant interactions: nutrition and metabolism. Plant apparency and chemical defense (biochemical interactions between plants and insects). Edited by J. Wallace & R. Mansell. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, p. 1-40.

BELL, E.A. 1974. Biochemical basis of resistance of plants to pathogens. Proceedings of the Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Disease. Edited by F.G. Maxwells & F.A. Harris, Cambridge, University Press, p. 453-462.

BELLOTTI, A.C. & SCHOONHOVEN, A. Van. 1978. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology 23: 39-67.

BELLOTTI, A.C. & RIIS, L. 1994. Cassava cyanogenic potential and resistance to pests and disease. Acta Horticulture 375: 141-151.

BELLOTTI, A.C., SMITH, L. & LAPOINTE, S.L. 1999. Recent advances in cassava pest management. Annual Review of Entomology 44: 343-370.

BUTLER, G.W; BAILEY, R.W. & KENNEDY, L.D. 1965. Studies on the glucosidase "Linamarase". Phytochemistry 4: 369-381.

CALATAYUD, P.A. & LE RÜ, B. 1994. Potential biochemical mechanisms accompanying cassava defence reaction to mealybug attack during the annual seasons in Congo. Proceedings of the Second International Scientific Meeting, Cassava Biotechnology Network, Bogor, Indonesia, 22-26 August 1994, p. 485-500.

CALATAYUD, P.A.; RAHBÉ, Y; TJALLINGII, W.F.; TERTULIANO, M. & LE RÜ, B. 1994a. Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. Entomologia Experimentalis et Applicata 72: 219-232.

CALATAYUD, P.A.; RAHBÉ, Y.; DELOBEL, B.; KHUONG-HUU, F.; TERTULIANO, M. & LE RÜ, B. 1994b. Influence of secondary compounds in the phloem sap of cassava on expression of antibiosis towards the mealybug, *Phenacoccus manihoti*. Entomologia Experimentalis et Applicata 72: 47-57.

CALATAYUD, P.A., TERTULIANO, M. & LE RÜ, B. 1994c Seasonal changes in secondary compounds in the phloem sap of cassava in relation to plant genotype and infestation by *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae). Bulletin of Entomological Research 84: 453-459.

CALATAYUD, P.A., ROULAND, C. & LE RÜ, B. 1995. Influence of linamarin in cassava-mealybug interactions. Acta Botanica Gallica 144(4): 427-432.



CALATAYUD, P.A.; BOHER, B.; NICOLE, M. & GEIGER, J.P. 1996. Interactions between cassava mealybug and cassava: cytochemical aspects of plant cell wall modifications. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80: 242-245.

CALATAYUD, P.A. 2000. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (In Press).

CASTAÑO, O.; BELLOTTI, A.C. & VARGAS, O. 1985. Efecto del HCN y de cultivos intercalados sobre daño causado por la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner al cultivo de la yuca. *Revista Colombiana de Entomología* 11(2): 24-26.

CONN, E.E. 1980. Cyanogenic compounds. *Annual Review of Plant Physiology* 31: 433-451.

FRAENKEL, G. 1969. Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 12: 473-486.

HARBORNE, J.B. & C.A. WILLIAMS, 1975. Flavone and flavonol glycosides. In: J.B. Harborne, T.L. Mabry & H. Mabry (eds), *The Flavonoids*. Academic Press, New York, p. 377-441.

HRUSKA, A.J. 1988. Cyanogenic glucosides as defence compounds: a review of the evidence. *Journal of Chemical Ecology* 14: 2213-2217.

PANCORO, A. & HUGHES, M.A. 1992. *In-Situ* localization of cyanogenic  $\beta$ -glucosidase (linamarase) gene expression in leaves of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) using non-isotopic riboprobes. *The Plant Journal* 2(5): 821-827.

ROBINSON, T. 1974. Metabolism and function of alkaloids in plants. *Science* 184: 430-435.

RIIS, L. 1997. Behaviour and population growth of the burrower bug, *Cyrtomenus bergi* Froeschner: effects of host plants and abiotic factors. PhD thesis, Research in Veterinary and Agriculture University, Copenhagen, 167 pp.

SCHOONHOVEN, A. Van 1974. Resistance to thrips damage in cassava. *Journal of Economic Entomology* 67: 728-730.

WHITTAKER, R.H. 1970. The biochemical ecology of higher plants. *Chemical Ecology*. Edited by E. Sondheimer & J.B. Simeone, New York, Academic Press, p. 43-70.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a Ana Milena Caicedo por su lectura crítica y sus sugerencias al manuscrito.





## MANEJO DE LAS PLAGAS DE LA YUCA EN PLANTACIONES GRANDES DE VENEZUELA

Rafael Laberry<sup>1</sup>

En Monagas, al Oriente de Venezuela, Agroindustrial Mandioca C.A. ha sembrado hasta 7.000 hectáreas de yuca, para la extracción industrial de almidón. Este agroecosistema de grandes sabanas con suelos pobres en nutrimento y ciclos de lluvias bimodales, modificado a gran escala favoreció el incremento de plagas, como: Gusano Cachudo (*Erinnyis ello*); Barrenador del Tallo (*Chilomima clarkei*); Piojo Harinoso (*Phenacoccus herreni*); ácaros: (*Mononychellus caribeanae* y *Tetranychus urticae*) y bachacos (*Atta sp.*).

Otras plagas de menor importancia económica como: escama negra (*Saissetia miranda*) Thrips (*Frankliniella williamsi*), vatiga (*Vatiga manihotae*) y mosca de agalla (*Jatrophobia brasiliensis*). Sólo ocurren ocasionalmente en clones susceptibles que fueron eliminados de la plantación.

Con el manejo de las plagas mediante las aplicaciones de un MIP se ha logrado que se mantengan en bajos niveles de infestación y reguladas naturalmente.

Manejo del gusano cachudo de la yuca (*Erinnyis ello*) El gusano cachudo de la yuca es la plaga más importante y persistente en el Oriente Venezolano, en el Estado Monagas ha ocasionado la defoliación total de la planta e incluso el consumo de yemas, con pérdidas de hasta del 14% en el porcentaje de materia seca y almidón de las raíces; disminución que es mayor cuando las plantas tienen menos de seis meses (6), ocasionando pérdidas económicamente importantes (Cuadro N° 1)

El adulto es una mariposa de hábito nocturno, de coloración grisácea, con bandas negras en el abdomen, con las alas anteriores grises y las posteriores de color ladrillo y una franja marrón en el margen externo, el macho presenta una banda negra longitudinal en las alas anteriores. La hembra coloca los huevos preferiblemente sobre la parte superior de la hoja, generalmente en forma individual; estos son redondos, con una coloración verde amarillenta.

Tres días después de la oviposición emergen las larvas, de coloración amarillo- verdosa, tornándose luego de un verde más intenso, pero pueden presentarse larvas amarillas, naranjas, marrones, negras con manchas rojas y blancas, etc.

<sup>1</sup> AGROINDUSTRIAL MANDIOCA, C.A. Apartado de Correos N° 394 Maturin, Monagas, Venezuela; Fax: 087 - 921112 y 087 - 921113; [mandioca@cantv.net](mailto:mandioca@cantv.net)

La característica principal de la larva es el cuerno caudal, el cual en cada cambio de instar o estado de la larva toma características propias que nos permiten diferenciar en el campo el estado de larva, así implementar las medidas de control. La larva pasa por cinco instares o estados larvales, con una duración de 2 a 3 días c/u hasta el 4to. instar siendo el 5to. el más largo (3-5 días) y el más voraz, por lo que en esta etapa causa mayor daño.

Después de completar el 5to. instar, la larva baja al suelo y se esconde debajo de las malezas de hoja ancha y hojas caídas, mediante movimientos bruscos forma una cámara donde pasa al estado de pre-pupa, durando aproximadamente 2 días hasta empupar. La pupa o crisálida es de color marrón oscuro y puede durar de 15 a 25 días hasta la emergencia del adulto. El ciclo completo de *E. ello* dura 35 a 50 días dependiendo de las condiciones ambientales.

## MANEJO INTEGRADO

Existen diversos métodos de control que permiten mantener a niveles bajos las poblaciones del gusano cachudo, que combinados armónicamente conforman el Manejo Integrado, el cual representa el control más efectivo.

## MONITOREO

El monitoreo de la plaga por evaluaciones semanales y su cuantificación mediante un programa computarizado ha permitido establecer el nivel de la plaga y tomar la decisión oportuna de su manejo. *E. ello*, además se cuantifica diariamente por la captura de mariposas (adultos) en trampas de luz negra.

Agroindustrial Mandioca, C.A., cuenta con 10 trampas de luz negra, para la captura de mariposas de *E. Ello*, la mariposa de hábitos nocturnos es atraída por la luz negra y al chocar con unas aspas metálicas, caen en una cesta de alambre. Al día siguiente se cuantifican hembras y machos y la información se transcribe a un programa computarizado.

La mayor incidencia ocurrió en octubre de 1977. En la gráfica N° 1, se observa que este mes se capturaron 580.000 mariposas en 10 trampas de luz distribuidas en 1.000 hectáreas. La mayor captura de mariposas ocurrió el 21 de Octubre de 1.997 ya que se capturaron alrededor de 98.000 mariposas en 10 trampas de luz distribuidas en 1000 hectáreas (gráfico N° 2).

El monitoreo de los huevos sanos (HS) y parasitados (HP), de larvas (I, II, III, IV, y V instar) sanas y con Baculovirus (BV), así como de pupas (P), se efectúa mediante el sistema de evaluación permanente (SEP). El sistema de evaluación permanente permite conocer la incidencia de la plaga en cada parcela de la plantación. Cada parcela de yuca



esta dividida en cuatro cuadrantes (I, II, III, IV). Cada cuadrante consta de 20 subparcelas.

Un evaluador o plaguero, personal capacitado en el reconocimiento de los distintos estados de la plaga y del comportamiento de la misma, inspecciona 50 plantas al azar y en zig-zag, por cada cuadrante (22,5 hectáreas) y lo registra en la planilla N° 1 y lo resume en la planilla N° 2. Diariamente se analiza esta información y se decide la medida de control adecuada.

## CONTROL BIOLÓGICO

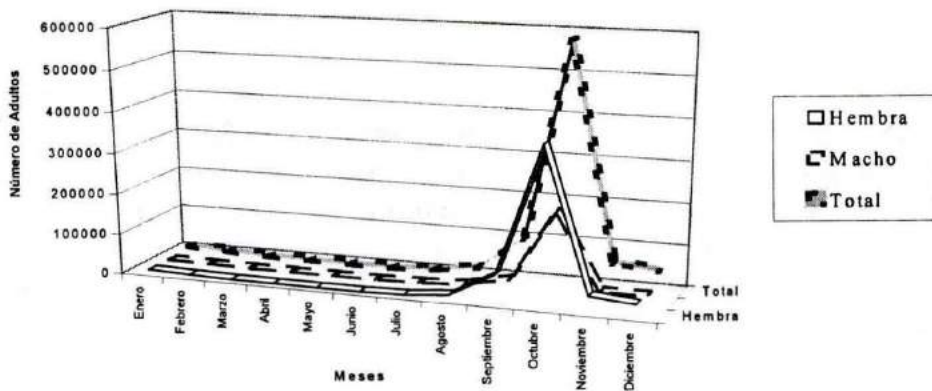
*E. ello* tiene controladores naturales que regulan sus poblaciones: entre los insectos parásitos se encuentran *Trichogramma exigua* parasita sólo el 9% de los huevos, mientras que *Telenomus sp* puede parasitar hasta el 23% de los huevos. En 1996, se liberó *Trichogramma exigua*, procedente de Colombia, (15 pulgadas / hectárea). Pero, el parasitismo sólo alcanzó el 20% de los huevos. Esto posiblemente se debe a los fuertes vientos presentes en la plantación durante los periodos de lluvia, que arrastran a la avispa parásita.

Las larvas son parasitadas por *Cotesia sp.* se recogen los cocones de este parásito y se depositan en frascos de vidrio y se tapan con tela negra de algodón. Al emerger el adulto, se libera en las parcelas donde no se presenta el parasitismo de este insecto. El parasitismo por *Cotesia sp.* puede alcanzar hasta 45% en los meses de Noviembre a Enero, en plantaciones de más de 8 meses de edad.

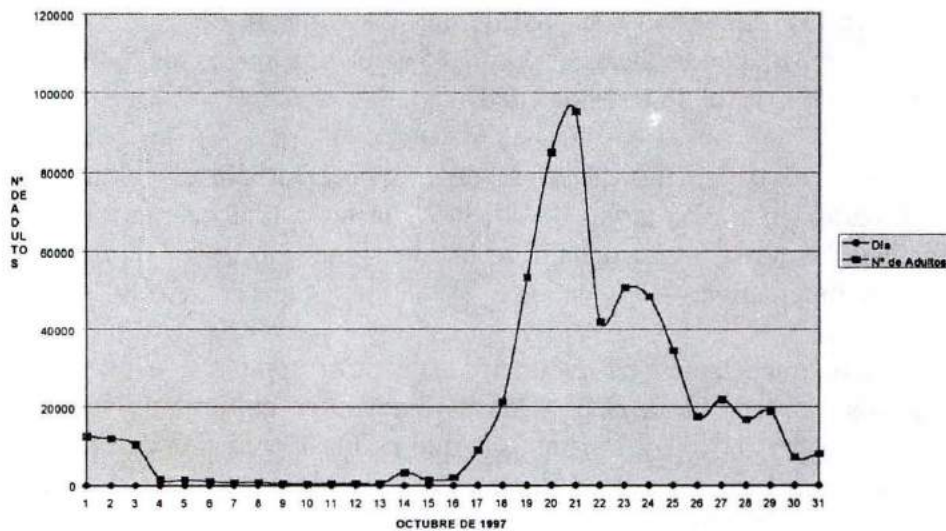
*Eremophyla sp.* es un activo parásito de larvas de *E. ello*. Durante el verano (Enero-Mayo) inyectan un paralizante a las larvas de 4<sup>o</sup>. y 5<sup>o</sup>. instar y la arrastran a su nido en el suelo, introduciéndolas hasta 8 cm. debajo de la superficie. No se ha reproducido en confinamiento por ser hiperactiva.

Los depredadores más importantes en el campo son: *Chrysopa sp.*, es un eficiente depredador de huevos, depreda hasta el 65% de los huevos en cultivos de yuca de 5 o más meses de edad (cuadro N° 1) y *Polistes sp.* que es un depredador de larvas, pero este depredador reduce su población en el verano por falta de agua como consecuencia sus larvas y pupas son parasitadas por una mosca y sus nidos son invadidos por otras avispas que las desplazan. Actualmente su población y nidos son escasos.

En Mandioca, C.A., el *Baculovirus erinnyis* es el más efectivo controlador biológico de *E. ello*, aplicado en el 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> instar controla el 100% de sus larvas. Existe Baculovirus, almacenado a 0 °C – 5 °C, para cubrir 45.000 hectáreas de yuca.



**Gráfico 1.** Captura de adultos de *Erinnyis ello* en trampas de luz (1997).



**Gráfico 2.** Captura de *Erinnyis ello* en trampas de luz negra en la Agropecuaria Mandioca, C.A.



En 1.994, se importó del Centro Internacional de Agricultura Tropical (C.I.A.T.) Colombia, 10 ml de una cepa de *Baculovirus erinnyis*. Se inicio su multiplicación por el método CIAT de cría de *E. ello*, en jaulas y aspersión del baculovirus (BV). A los 3 meses de inoculaciones sucesivas sólo se logró multiplicar 60 ml ya que las larvas de *E. ello*, se morían en el primer instar por contaminación con BV, de las jaulas y las plantas de yuca donde ovipositaban las mariposas. Para superar esta situación, se hizo una aspersión con 50 ml de BV en 0,5 hectáreas de yuca de dos meses de edad con larvas de cachudo del I, II y III instar por planta. A las 24 horas se inactivaron las larvas de I y II y murieron a las 48 horas, las larvas de III instar murieron a las 96 horas y quedaron colgando de los peciolos de la yuca totalmente flácidas, llenas de un liquido blanco que constituye el BV. Se recolectó 1.5 galones de gusanos afectados por el BV. Se licuaron y pasaron por un colador hasta obtener 4.5 litros de BV, Luego se almaceno a 5 °C en una nevera. Posteriormente se usó esta metodología para multiplicar el BV en parcelas de yuca con abundante follaje y con larvas de III y IV instar. Actualmente, se logra un control del 100% de larvas de I y II instar, asperjando 70 ml de BV/hectárea, con cañones nebulizadores con un alcance de 26 metros de cobertura. Las aspersiones se efectúan en días lluviosos y/o después de las 5:00 p.m. en días soleados con la finalidad de evitar se inactive el BV por altas temperaturas (más de 28°C) sobre las hojas de yuca. El BV es un patógeno específico de *E. ello* y *E. allope* y no afecta a los otros controladores biológicos de la plaga.

**Cuadro 1.** Porcentaje de huevos de *erinnyis ello* depredados por *chyysopa sp*, en monagas, venezuela en condiciones de campo.

CLON	HUEVOS DE <i>E. ello</i> SANOS		DEPREDADOS	
	No.	%	No.	%
Catumare	175	35	325	65
Chaguaramalera	205	41	295	59
TOTAL	380	38	620	62

Fuente: Agroindustrial Mandioca, C.A.

### CONTROL MECANICO:

El rastreo de las parcelas afectadas expone al sol las pupas de *E. ello*, ocasionando su muerte, y la iluminación de malezas rastreras preferidas por la plaga para empupar, disminuye la población de dicha plaga.

## CONTROL QUIMICO

Actualmente no se usa control químico. Pero en 1.944 a falta de BV, se controló *E.ello*, con aspersiones foliares de Thionil 35 E (Endosulfan) en dosis de 0.8 litro/hectárea. El control químico debe usarse solo en situaciones extremas y/o explosiones poblacionales de la plaga. Pero debe considerarse como parte de un control integrado de plagas.

## MANEJO DEL BARRENADOR DEL TALLO (*Chilomima clarkei*)

Este Lepidoptero perfora los tallos de yuca ocasionando pérdidas hasta de 38% en el material de siembra y la producción de raíces al quebrarse los tallos afectados por la plaga. El adulto es una mariposa de color café, de actividad nocturna, oviposita cerca de las yemas axilares. La larva es muy móvil y forma una tela protectora cerca de la yema axilar donde permanecen los primeros cuatro instares. Al V instar penetra al tallo, perforándolo y formando una cámara donde permanece hasta convertirse en pupa.

El mayor daño de *Ch. clarkei* se ubica a los bordes de la parcela de yuca. En el interior de las parcelas disminuye significativamente el número de tallos, perforados y el número de perforaciones por tallo. Igualmente prefiere ovipositar sobre los tallos de clones muy ramificados y las perforaciones son mayores del lado de los tallos contrarios a la dirección del viento y de la salida del sol.

La entrada de la perforación se reconoce por estar cubierta de aserrín y excremento del insecto.

## MANEJO INTEGRADO:

El monitoreo de los daños de *Ch. Clarkei*, se realiza por revisión de tallos en las parcelas y en la selección de estacas en el centro de la semilla. Los tallos y estacas con presencia de aserrín y/o perforaciones se colectan y queman, para eliminar las larvas y pupas de la plaga.

Sus huevos son parasitados por *Trichogramma exigua* naturalmente en condiciones de campo.

La siembra de clones no ramificados disminuye el número de perforaciones por tallo.

El tratamiento de las estacas por inmersión durante 5 minutos en una suspensión de 3 ml de malathion por litro de agua controla las larvas del insecto y corta su disminución a nuevas siembras.



La siembra de estacas horizontalmente y profunda a 8 ó 10 cm de profundidad del suelo, corta la salida de adultos y disminuye sus poblaciones.

### **MANEJO DEL PIOJO HARINOSO (*Phenacoccus herreni*)**

La hembra del piojo harinoso es de forma oval y de color crema, su cuerpo es blando y segmentado, translucido inicialmente y al cubrirse en secreciones cerosas toma un aspecto algodonoso. Posee un ovisaco algodonoso en la parte posterior del cuerpo. El macho es más pequeño que la hembra y su estado adulto es alado.

Los piojos se localizan en el envés de las hojas y principalmente en los cogollos y yemas de la planta ocasionando un efecto de rosete en las hojas apicales con aspecto arrellado. Detiene el crecimiento de la planta, produce necrosis y muerte descendente parcial y/o total.

### **MANEJO INTEGRADO**

Se le monitorea revisando las hojas y tallos y la presencia de hormigas negras asociadas con esta plaga. Los tallos afectados y/o cogollos se colectan y queman para reducir sus poblaciones. La hembra adulta es parasitada por *Aenasius sp* en condiciones naturales de campo. *Chrysopa sp.* y *Cicloneda sanguínea* son depredadores de esta plaga en condiciones de campo.

### **MANEJO DE ACAROS (*Mononychellus caribbeanae* y *Tetranychus urticae*).**

Los ácaros generalmente ocasionan pérdidas durante los períodos de baja precipitación (lluvia) y altas temperaturas. Los ácaros del género *Mononychellus* (especie que más predomina en esta zona) atacan las hojas superiores y el cogollo, mientras que el género *Tetranychus* prefiere alimentarse en las hojas maduras (parte baja de la planta). Como daños primarios en el caso de *Mononychellus*, se observan puntos amarillos en las hojas y estas pierden su color verde normal, debido a que el ácaro introduce su aparato chupador en la superficie de la hoja para sacar la savia. En ataques severos los cogollos pierden su color verde normal y hay gran reducción del área de las hojas y la planta puede llegar a defoliarse completamente si el ataque continúa. La aplicación de Urea permite una rápida recuperación de las plantas atacadas por este insecto.

### **MANEJO INTEGRADO**

El manejo integrado de los ácaros plaga incluye la siembra de clones resistentes (aquellos que poseen abundante pubescencia en las hojas y tallos); la siembra al inicio del período de lluvias (invierno); el riego frecuente del cultivo, cuando se dispone de pivotes; la aplicación foliar de extractos de la raíz de Timbó (*Thephrosia brassiana*) a razón de 0,7 lt/lt de agua; la liberación de ácaros depredadores (*Phytoseidos*); la presencia natural del

hongo *Neozygites sp.* el cual parasita los ácaros momificándolos; y en casos extremos la aplicación foliar de azufre (Kumulus, 3gr/lit de agua).

**Cuadro 2.** Mortalidad de *Mononychellus caribbeanae* según la dosis de extractos de raíces de timbó bajo condiciones de laboratorio.

ml de sol. de timbó/100 ml de agua	Individuos vivos	Individuos muertos	Total de individuos	% de Mortalidad
2	56	298	354	84,18
5	28	219	247	88,66
10	1	315	316	99,68
Agua destilada	210	40	250	16,00

Fuente: Agoindustrial Mandioca, C.A.

### MANEJO DE BACHACOS Y/O HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS (*Atta sp.*)

Los bachacos atacan la yuca principalmente en el primer mes de edad de la planta impidiendo el establecimiento del cultivo. El daño se inicia cortando pedazos semicirculares de las hojas, destruyendo brotes y yemas terminales que llevan a sus nidos. Los nidos de bachacos son abundantes en el Oriente Venezolano debido a que también son atraídos por el pino Caribe, el cual está sembrado en más de 500.000 ha.

La mayoría de los nidos se ubican al borde de las parcelas ya que con un laboreo intenso (rastreo) se destruyen dichos nidos por lo que emigran hacia las áreas sin laboreo. Se ha logrado un control efectivo con Attilan (Fenthión al 3%) en dosis de 15 kg por cada 100 hectáreas de cultivo, se aplica con un insulflador que espolvorea el insecticida a través de las galerías. No se ha observado defoliación por bachaco en plantas adultas de yuca.

El manejo integrado de las principales plagas de la yuca en el Oriente Venezolano, con énfasis en el control biológico, ha regulado sus poblaciones, existiendo actualmente un balance natural entre dichas plagas y sus controladores biológicos.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BELLOTTI, Anthony C. *et al.* 1989. Manejo Integrado de *Erinnyis ello* L. (gusano cachón de la yuca). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali - Colombia. Pp 1-62

LOZANO, J.C. *et al.* 1981. Field Problems in Cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali - Colombia. Pp 1 - 204



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA. 1977. Manual Agronómico de la Yuca. Caracas - Venezuela. Pp 1- 102

REYES, Jesús A. 1983. Yuca: Control Integrado de Plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali - Colombia.





**SIMPOSIO**

**NUEVOS APORTES A LA**

**INVESTIGACION SOBRE**

**ESCARABAJOS Y CHISAS**





# AVANCES EN EL ESTUDIO DE CHISAS RIZOFAGAS (COLEÓPTERA-MELOLONTHIDAE) EN COLOMBIA, OBSERVACIONES SOBRE LOS COMPLEJOS REGIONALES Y NUEVOS PATRONES MORFOLÓGICOS DE LARVAS <sup>1</sup>

Luis Carlos Pardo Locarno <sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los escarabajos de la familia Melolonthidae (Insecta, Coleoptera), conocidos en el campo con los nombres de chisa, mojoyoy o mojoyros, sobresalen entre los insectos plagas subterráneas por una serie de atributos como son su diversidad local (conforman complejos regionales), nacional (ampliamente distribuidos) y por sus hábitos alimenticios no específicos, que tienen un impacto económico de efecto estacional y de variada intensidad.

Afortunadamente, solo una pequeña fracción de los escarabajos de la familia Melolonthidae ha sido señalada como plaga subterránea o dañinas al follaje de plantas cultivadas, pues la mayoría son insectos inocuos que desempeñan una valiosa labor ecológica, expresada en la diversificación de las cadenas tróficas y participación activa en la economía natural de los ecosistemas forestales y regiones silvestres de Colombia.

El problema de los escarabajos Melolonthidae plagas ha venido emergiendo en el panorama fitosanitario nacional, actualmente se consideran limitantes en múltiples cultivos y pasturas en los diferentes pisos térmicos del país.

Existe consenso en cuanto a que parte importante del problema radica en que existen limitaciones en el registro taxonómico de adultos, muchos más problemas en la identificación de las larvas y que esto conlleva a serias limitaciones en el diagnóstico fitosanitario, en la evaluación del daño ocasionado y las posibles alternativas de manejo.

Entre otros temas prioritarios, se considera valioso profundizar en el estudio de los patrones morfológicos de las larvas, con miras a fortalecer el diagnóstico, optimizar el control y apoyar la investigación básica sobre bioecología y control natural.

---

<sup>1</sup> Aparte del proyecto de tesis " Aspectos sistemáticos y bioecológicos de algunas especies del complejo chisa (Coleoptera-Melolonthidae) de Caldone, Norte del Cauca, Colombia". Parcialmente coauspiciado por el Programa de Recursos Genéticos-CIAT-Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico ( M.M.A).

<sup>2</sup> I.A. MSc(C) UNIVALLE. Investigador Asociado al Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico-Jhon Von Newman- M.M.A. (Quibdo-Chocó). E-mail: pardo@telepalmira.com.co

Esta conferencia pretende visualizar, de manera sintética, los avances logrados en cuanto al estudio de Melolonthidae de importancia económica en Colombia, ejemplarizando patrones morfológicos nuevos o poco conocidos y ensamblajes de especies (complejos) observados en algunas regiones agrícolas de las cuales se tiene información o materiales recolectados. En cada caso se aportan inquietudes sobre prioridades en la investigación del tema. Al final se ilustra un caso de reconocimiento de biocontroladores con el ánimo de motivar este tipo de investigaciones.

Aunque la conferencia ilustrará nuevos patrones morfológicos de diferentes géneros de chisas, me permito excusar la ausencia de las descripciones larvales en este documento, a reserva de describir, discutir y graficar cada patrón morfológico posteriormente en el espacio y detalle que ameritan.

## **ANTECEDENTES**

Los resultados expuestos en esta conferencia provienen de varias rutas de investigación, parte corresponde al trabajo de tesis de maestría en UNIVALLE, actualmente co-auspiciado por CIAT (Programa Recursos Genéticos) en la región del Cauca. Parte de los materiales examinados y de la información anotada han sido aportados por entusiastas colegas y compañeros de investigación de varias regiones del país, quienes no han escatimado esfuerzo en aportes valiosos, algunos han sido mencionados en el documento. Los estudios de larvas de Melolonthidae se han realizado principalmente en el norte del Cauca, región en la cual el autor ha laborado desde 1991 y en la cual ha registrado serios problemas al respecto (en una sola plaza de estudio con hortalizas, café y yuca; se han reunido hasta 14 especies diferentes de chisas). En este departamento ha sido muy valiosa la coinvestigación de mi estudiante tesista Jorge Victoria (2000), quien ha aportado al tema del complejo chisas y sus enemigos naturales en el Norte del Cauca.

## **ESTUDIO DE LARVAS DE MELOLONTHIDAE**

Desde el punto de vista metodológico, el estudio de inmaduros de Melolonthidae, se ajusta a la búsqueda de insectos protegidos en el manto edáfico, las recolecciones implementadas durante estas investigaciones aplicaron el método del cuadrante (1 metro cuadrado) por 15 cm de profundidad, esto realizado varias veces en un lote y en la rizósfera del cultivo hasta lograr una representación del complejo local. En resumen las larvas recolectadas se individualizan en recipientes, de allí se pasan a la fase de laboratorio y luego al invernadero con suelo esterilizado y los cuidados del caso en cuanto a suministro de materia orgánica, raíces y agua.

Estos materiales se someten a estudio taxonómico observando los siguientes lineamientos. Aunque la larva de tercer estadio (L3), positivamente identificada, es la que expresa los caracteres más distintivos y confiables, se recomienda confrontarla con las larvitas de primero y segundo estadio (L1 y L2) para reconocer la estabilidad de los caracteres. Así



mismo resulta importante aprovechar las exuvias larvales y pupales las cuales, aunque afectadas por los procesos químicos de la metamorfosis, pueden conservar datos útiles para el estudio.

Las larvas de tercer estadio (L3), debidamente identificadas, se llevaron a microfotografía (CIAT). Allí se diseñaron instrumentos que permitieron la manipulación de estructuras morfológicas muy delicadas. Se priorizó la vista frontal de la cabeza, la epifaringe, los apéndices locomotores y el extremo de la región abdominal ventral que abarca el raster y la abertura anal.

En lo relativo a fuentes bibliográficas, la taxonomía de larvas de Melolonthidae ha sido un tema estudiado por varios autores, entre ellos sobresalen A. G. Boving (1942) y P.O. Ritche (1968), quienes aportaron el nombre de muchas estructuras e iniciaron el aporte de claves taxonómicas a ese nivel. El autor de estas líneas ha consultado tales estudios y los de Morón (1993, 1994, 1995), Morón y Pardo (1994) para identificar las larvas de Melolonthidae de diferentes regiones selváticas y cultivadas del Occidente del país.

Para el estudio de larvas de Melolonthidae se recomienda, entre otros, los siguientes caracteres básicos, los cuales pueden ser consultados en: Ritche (1968): Larva de tercer estadio, la cual en lo posible se confrontará con L1 y L2.

Cabeza: Anchura máxima, coloración y tipo de superficie; frente, clipeo, labro y resto del craneum, mapa de setas, cantidad, distribución, localización y caracteres cualitativos de las setas. En el caso del labrum la condición simétrica, presencia y tipo de quillas, forma de los márgenes; área ocular y su quetotaxia.

Parte ventral del labrum o epifaringe: presencia y composición de zygum, epizygum y proplegmata; forma, tamaño y estructuración del haptomerum, número de heli; presencia y conformación de la plegmatia. Forma y tamaño de la dexiophoba y la laeophoba, igual la laeotorma y la dexiotorma; composición del haptolachus y sus respectivas placas y microsensilas; presencia y forma del crepis; estructuración de la acanthoparia; desarrollo y conformación de la chaetoparia.

Mandíbulas: presencia o ausencia de área estriduladora (número de surcos) forma de los dientes apicales y presencia de surco escisorial; número y forma de los molares, presencia o no de las setas dorsomolares, forma del hacia, de la brustia (uni o multi setosa), en cada caso forma de los calx. Maxilas: en galea y lacinia número y forma de los unci, heli, etc.; número de dientes y forma de área estriduladora, presencia y forma del escleroma hypofaríngeo, forma del proceso.

Antenas: superficie dorsal del último segmento, presencia y forma de las fosetas sensoriales.

Tórax. Anchura, tamaño del espiráculo, anchura dorso ventral, distancia entre lóbulos y anchura, prominencia y color de la bulla. Máculas del pronoto, tamaño, coloración, etc. Quetotaxia de las setas dorsales del pro, meso y metatorax, idem en la parte ventral; forma y tamaño del tarsúgulo, aspecto de las espinas y tamaño relativo entre ellos.

Abdomen: comparación de los espiráculos abdominales 1 a 8 en cuanto a tamaño, lóbulos, bulla, etc., quetotaxia dorsal y ventral; conformación del raster, presencia de pallidia y su conformación, quetotaxia de los tejes, campus barbula; forma y quetotaxia del labio anal superior e inferior, forma de la abertura y tamaño relativo de sus partes.

Pupa: tamaño y dirección de la cabeza, aspecto de las antenas y partes bucales, el canthus ocular, etc. Tórax: forma del pronoto, las podotecas, pterotecas y su superficie. Abdomen: forma y tamaño relativo de los segmentos, forma de los órganos ioneiformes, lóbulos pleurales, espiráculos, (forma del peritrema), ampulla genital, urogomphi, etc.

Colateralmente a los adultos, las larvas ameritan colecciones especiales, en medio líquido, las cuales deben rotularse de manera convencional.

## **OBSERVACIONES SOBRE GRUPOS TAXONÓMICOS**

Las especies de Melolonthidae consideradas plagas de mayor importancia económica (y las más estudiadas), se encuentran en las subfamilias Dynastinae, Melolonthinae y Rutelinae; desafortunadamente muchas especies y grupos taxonómicos de importancia agrícola permanecen casi desconocidos.

A continuación se discuten algunos casos, parcialmente documentados en Pardo *et al* (1999a, 1999b), Pardo y Victoria (1999) y varios artículos en los resúmenes de este congreso) y en Victoria (2000a).

Dynastinae: Los escarabajos Cyclocephalini, una tribu que exhibe una gran diversidad en los ecosistemas tropandinos, con especies ampliamente distribuidas, ha sido señalados en la literatura nacional como plagas de diferentes cultivos (ICA-NNE 1972-1994, Posada 1989, Pardo 1994, Restrepo 1998,), sin embargo muy poca información se ha basado en el estudio específico de larvas. A la fecha, se tiene un modelo hipotético según el cual las especies conocidas presentan ciclo univoltino, las larvas son saprófagas y parcialmente rizófagas, presentan una gran similitud en el aspecto general, la pubescencia del raster y otras características fácilmente observables (razón por la cual no es sencillo estudiarlas) y los adultos, fototrópicos, a veces se comportan como melífagos.

Las larvas de *Cyclocephala amazonica* L, recientemente estudiadas, han sido colectadas en la rizósfera de café, espárragos y hortalizas en varios municipios del Norte del Cauca, los adultos fototrópicos, se colectan abundantemente por lo menos una vez al año en muchas localidades por debajo de los 1500 m.s.n.m.



Los adultos de *Cyclocephala fulgurata* Burm., se colectan con relativa abundancia entre los 1500-2500 m.s.n.m. en la región Andina, con periodos de aparición en los Farallones de Cali y otras regiones Andinas durante las lluvias de octubre y noviembre; poco se sabía de sus larvas las cuales fueron criadas en laboratorio y se identificaron en la rizósfera de hortalizas en Caldon, Cauca y Felidia, Valle asociadas a los cultivos de yuca, espárragos y hortalizas. Esta especie también predomina en ecosistemas silvestres poco intervenidos.

*Cyclocephala lunulata* Burmeister, es una de las especies del género con mayor distribución en las regiones tropicales de América, ha sido frecuentemente señalada en diferentes países como plaga de diversos cultivos; En Colombia, se le observa en distribución simpátrica con *Cyclocephala amazonica* L y periodos de aparición asociados a las dos épocas (lluviosas). Las larvas de esta especie univoltina presentaron mayor abundancia que cualquier otra en la rizósfera de yuca, pastos y hortalizas en el Norte del Cauca, son facultativas y pueden culminar su ciclo consumiendo fitomasa en degradación. A falta de datos alimenticios específicos, se presume que las larvas de esta especie podrían consumir tejido radicular en descomposición desprendido por otras especies rizófagas estrictas. Los adultos se comportan como melífagos en diferentes especies arbóreas, en el caso de algunos frutales (guayaba, banano, plátano, etc) la perforación de frutos se ha registrado como un hábito dañino.

*Cyclocephala stictica* Burmeister, aunque de mayor porte, presenta una gran similitud con *C. amazonica* L, con la cual comparte distribución, no se le ha señalado como plaga y es una especie poco conocida, comúnmente asociada a regiones forestales en donde los adultos se observan de noche en flores (Pardo in litt), recientemente larvas de esta especie se han colectado en la Vereda Páez, Municipio de Santander de Quilichao, Cauca en raíces de café. (Pardo y Victoria 1999).

Entre los escarabajos de la tribu Pentodontini sobresale el “cucarro”, cuyas larvas se presumen saprófagas y los adultos se sabe consumen raíces de pasturas y la base del tallo en cultivos de grano como el arroz, maíz, sorgo, etc, sin embargo, muy poco se ha investigado sobre otros escarabajos de la misma tribu, por ejemplo las especies de *Ligyris*: *L. maternus* Prell, *L. bituberculatus* Beauvois y *L. gyas*, cuyas larvas se asocian a la rizósfera de varios cultivos en Tierra Alta (Córdoba) y otros departamentos del llamado Caribe Seco (Sucre, Cesar), Llanos Orientales, etc. De los adultos se sabe son fototrópicos se colectan de noche atraídos por la luz, las larvas permanecen desconocidas.

Melolonthinae. Entre los escarabajos rizófagos, uno de los grupos menos conocido lo conforma la tribu Sericini (subfamilia Melolonthinae). Aunque son frecuentes los registros que varios entomólogos hemos realizado sobre *Serica* y *Symmela*, en lo que se conoce esta tribu se encuentra representada en Colombia por el género *Astaena* Er. Adultos de una especie no identificada han sido señalados por el ICA (NNE 1972-1994) como dañina en cultivares de clima frío. Larvas de *Astaena valida* Burmeister se han colectado consumiendo raíces de yuca, café y hortalizas, en Santa Bárbara y Palermo, Caldon. Los



adultos se han colectado con relativa frecuencia en la región cafetera de varios departamentos entre Cauca y Antioquia. (Pardo y Victoria 1999).

El género *Phyllophaga* Harris incluye especies rizófagas de gran importancia económica en Colombia, a pesar de ello su taxonomía y zoogeografía permanece poco conocida y la mayoría de sus larvas sin describir. A la fecha solo se conoce formalmente a *Phyllophaga obsoleta* Blanchar como registro específico de este género en Rio Negro, Antioquia, sus larvas fueron estudiadas por Vallejo *et al* (1996). Sin embargo en los municipios de Caldon, Buenos Aires y Páez (Cauca) y agroecosistemas cafeteros del Valle, Quindío y Tolima, se observa abundantemente a *P. menetriesi* Blanchard, cuyos adultos y sobre todo larvas son de gran porte, estas últimas son consumidoras de raíces de la mayoría de cultivos y pasturas para ganadería en Valle y Cauca. Los adultos presentan periodos de aparición en octubre y noviembre y se les ha colectado junto a otras cinco especies de *Phyllophaga* en proceso de identificación.

A diferencia de lo observado en Antioquia, *P. obsoleta* Blanchard no se registra como plaga sería en estos departamentos, durante los muestreos los adultos han sido escasos.

La tribu Macroductylini representa otro grupo de Melolonthinae de gran importancia económica, sobresalen los géneros *Isonychus*, *Macroductylus*, *Plectris*, *Barybas*, *Charioderma*, *Manopus* y *Ceraspis*. La mayoría de estos géneros permanecen poco representados y conocidos en la museología nacional.

El género *Macroductylus* se encuentra moderadamente diversificado en Colombia (15 especies de las cuales al menos cuatro han sido asociadas a plantas cultivadas), presenta limitaciones en cuanto a su identificación pues no ha sido revisado taxonómicamente y está pobremente identificado en colecciones nacionales. Los estudios realizados en el CIAT registraron a una especie de este género como plaga limitante en el cultivo de fríjol y realizaron su ciclo de vida. Particularmente, los adultos de *Macroductylus*, pos *M. ovaticollis* Bates, han sido señalados como plaga del fríjol en la cuenca del Río Cabuyal en el Cauca (Bueno *et al* 1998). Las desconocidas larvas de esta especie han sido colectadas recientemente asociadas a las raíces de yuca y café en Caldon, Cauca.

Gracias a dos ejemplares de larvas de tercer estadio prestadas por el Dr Cardona y el colega Juan M. Bueno se pudo confirmar el registro y comparar los materiales de Pescador y Caldon.

El caso de *Plectris* es muy interesante, solo sus adultos habían sido registrados como plagas del follaje en algunos cultivos (Pardo 1994), las larvas, prácticamente desconocidas, se han colectado entre las más abundantes y dañinas del complejo chisa de Caldon y posiblemente de otras regiones del país en donde se les ha colectado abundantemente. Específicamente las larvas de *P. pavida* Burm se consideran entre las más abundantes en la rizósfera de yuca,



plátano, hortalizas y pastizales en cuatro municipios del Cauca. También han sido abundantes las larvas de *P. fassli* Moser en muchos cultivos de esa región.

Debido a su abundancia, ubicuidad y notable demanda de raíces en su dieta, las larvas de estas dos especies se ubican entre las plagas rizófagas de mayor importancia en el Norte del Cauca y, por lo tanto, en prioridad fitosanitaria para la región.

Un caso similar al anterior se había presentado con *Ceraspis* Serville, género poco documentado en la literatura nacional, con el único registro: *C. quadrimaculata* Blanchard, señalado como plaga de follaje en algunos cultivos de clima frío, (Pardo 1994). Las larvas de esta especie, desconocidas para la ciencia, han sido descubiertas en la rizósfera de yuca, café, espárragos y otras hortalizas en Caldono y Cajibío (Cauca). Aparentemente prevalencia del género es en zonas frías, recientemente el colega Luis Miguel Romero me envió muestras de larvas de la Sabana de Bogotá, asociadas a cultivos de flores, entre las cuales se encontró larvas de *Ceraspis* sp refundidas con los estadios iniciales de *Clavipalpus ursinus* Blanchard.

En la tribu Clavipalpus, se reconoce con facilidad a *Clavipalpus ursinus* Blanchard, la famosa chisa del altiplano Cundiboyacense, que también prevalece en las regiones agrícolas frías de los Santanderes, desafortunadamente poco se sabe de las larvas, de las cuales se han publicado estudios que no han enfrentado la descripción de inmaduros. Actualmente se está culminando la fase descriptiva de estas larvas, las ilustraciones de esta conferencia forman parte de los estudios que hace algunos meses apoya la empresa privada. (Pardo y Romero, In litt).

En la misma tribu Clavipalpini se encuentra al género *Liogenys* Guerin, con al menos dos especies citadas para Colombia, entre ellas *L. quadridens* Fabr. especie univoltina, con adultos fototrópicos, de pequeño porte. Esta especie se distribuye en las tierras calientes de la Llanura del Caribe, se incluye entre las plagas del arroz de secano, sorgo y maíz, estudiadas por el entomólogo Cristo Pérez, quien la ha capturado en los departamentos de Sucre, Córdoba y Antioquia y a quien agradecemos el envío de materiales para estudio.

Rutelinae. La tribu Anomalini reúne varias especies muy interesantes desde el punto de vista económico. Particularmente el género *Anomala*, fraccionado por Machatske (1957) en *Anomala* Samouelle y *Callistethus* Blanchard, incluye al menos seis especies cuyas larvas consumen raíces de diversos cultivos.

*Anomala cincta* Say. Los adultos de esta especie, relativamente abundantes en el complejo chisa regional, se han colectado en los departamentos del Cauca y Valle del Cauca en las épocas lluviosas, atraídos por luz. No obstante poco se sabía de las larvas, las cuales se han identificado en la rizósfera de yuca, hortalizas y pastizales en Caldono, Buenos Aires y Santander de Quilichao.

Sobre *Anomala undulata* Melsheimer, especie frecuentemente capturada en las dos épocas lluviosas de Cauca, Valle y Antioquia y que registra una captura esporádica a lo largo del año, existen varios registros que consideran a sus larvas plagas rizófagas (Pardo *et al* 1993, Pardo y Franco 1997, Londoño y Rios 1997). Desde 1998 las larvas de esta especie se han colectado frecuentemente en la rizósfera de yuca y otros cultivos en Cascajero, Buenos Aires y El Cabuyal, Caldono. La amplia distribución de esta especie la convierten en elemento importante del complejo chisa de Colombia.

Las larvas de *A. inconstans* Burmeister ya habían sido señaladas como plagas rizófagas en el cultivo de yuca en Santander de Quilichao (Pardo *et al* 1993), en aquella ocasión se presumía sobre su carácter bivoltino, aspecto del cual ya existe mayor certeza. Recientemente se ha confirmado su hábito en otros cultivos, entre otros, tomate, fique, ornamentales, café y espárragos en varios municipios del Norte del Cauca. En los muestreos realizados en rizósfera de yuca esta especie ha presentado la mayor abundancia del género. De este último es válido comentar que se han colectado otras tres especies rizófagas en el Cauca que no han podido ser identificadas para esta ocasión y que presenta gran diversidad en los agroecosistemas colombianos pero con serias limitaciones taxonómicas que hacen lento el progreso en el grupo.

Es evidente que la mayoría de las especies de Rutelinae considerados plagas se encuentra en la tribu Anomalini, no obstante, otro grupo poco conocido lo conforma Geniatini que incluye al género *Leucothyreus* MacLeay, modestamente diversificado en Colombia (aproximadamente una decena de especies, Blackwelder, 1944). El problema con este generó es que no ha sido revisado y el material tipo se encuentra disperso en muchos museos, por lo tanto existen vacíos en la identificación de adultos en la museología nacional. Se ha recibido material de *Leucothyreus sp* desde las plantaciones de palma africana de los Santanderes, en donde se les considera plagas del follaje. Las larvas de *Leucothyreus* posiblemente *L. femoralis* Burmeister, han sido colectadas en San Miguel (Buenos Aires), El Cairo (Cajibío) y Pescador (Caldono) en el Norte del Cauca consumiendo raíces de yuca y hortalizas. (Pardo y Victoria 1999, Victoria 2000).

#### **VISTAZO GENERAL A ALGUNOS COMPLEJOS DE CHISAS (ENSAMBLAJES DE ESPECIES) MELOLONTHIDAE EN ALGUNAS REGIONES AGRÍCOLAS.**

La literatura entomológica nacional frecuentemente registra casos aislados de especies cuyos adultos causan daños en algún cultivo, pero en lo relativo al ensamblaje o complejo de especies de Melolonthidae rizófagos de las diferentes regiones de Colombia se consigue muy poca información. Los avances en este sentido han sido pocos comparados con la diversidad del gremio y su complejidad en las regiones agroecológicas que presenta Colombia. Esto a pesar del incremento de los casos de especies de Melolonthidae señaladas como plagas o de la intensificación del daño en las conocidas.



Conviene llamar la atención sobre este problema al cual se aportan algunas sugerencias metodológicas. En primer lugar que el estudio de larvas podría tener como antecedente investigativo y/o complemento del estudio al reconocimiento de adultos. Esta actividad dilucida la expectativa de especies a recolectar en la región (la estructura del gremio), expone las épocas de aparición de los adultos, de lo cual se deduce, aproximadamente, el ciclo biológico en campo y, según las abundancias observadas en las diferentes especies, se tiene una aproximación a su importancia relativa dentro del complejo local de chisas.

Las trampas de luz pueden reunir más del 95% de las especies de Melolonthidae, involucradas en el complejo local, en períodos de 2 o 3 meses durante las época lluviasas. No obstante, se conocen especies no fototrópicas, por ejemplo Rutelinae-Anomalini, Melolonthinae-Macrodactylini, Clavipalpini, etc, que escasamente son colectadas por este método, razón por la cual se debe complementar el muestreo con inspecciones al follaje de las plantas, jameos u otras capturas diurnas que hagan factible la representación de estas especies.

Los adultos recolectados deben ser cuidadosamente estudiados para lograr una identificación positiva y conteos precisos. Por lo tanto, luego de estas actividades se recomienda la preservación de todas aquellas muestras representativas del "complejo chisa" de la región.

A veces, el material ha sido desechado al final del conteo, cancelando así cualquier posibilidad futura de re-examen taxonómico y corrección de los resultados. Tales materiales o, una muestra considerada representativa, pueden almacenarse a bajos costos, en planchas de algodón, protegidas en estuches o sobres de cartulina, debidamente etiquetados con sus fechas y adicionada con alcanforina como único preservativo.

El bosquejo de algunos complejos regionales de Melolonthidae se ha organizado de acuerdo a las regiones fisiográficas reconocidas y en ellas se ha separado la información de acuerdo a altitudes.

El objetivo es aportar un vistazo general al respecto y el marco hipotético de futuros proyectos de investigación.

Regiones agrícolas frías de los Altiplanos Andinos (2500-3000 m.s.n.m).

Los estudios sobre plagas rizófagas en la Sabana de Bogotá, iniciaron con las tempranas publicaciones de Apolinar Maria (1927) quien registró a *Ancognatha scarabaeoides* Er., *Clavipalpus ursinus* Blanchard, *Heterogomphus dilaticollis* Burm., entre otras especies, como los principales insectos plagas de los pastizales de la Sabana. Investigaciones posteriores confirmaron estos registros y adicionaron a *Ancognatha ustulata* Burm., *A. vulgaris* Arrow, *Manopus biguttatus* La Porte, *Plectris pavidata* Burm y *Astaena sp* entre las especies de mayor importancia (Posada, 1989; Álvarez *et al*, 1992; López, 1992; Pardo, 1994; Rodríguez *et al*, 1996; Restrepo, 1998). Los estudios en esta región han avanzado



significativamente en cuanto a manejo y biocontrol, sin embargo sería importante realizar un reconocimiento más amplio de adultos (monitoreo) y otro estudio detallado de la riqueza del “gremio rizófago” para precisar la estructura del complejo chisa de la Sabana de Bogotá. Como se comentó a lo anterior debe sumarse las chisas *Ceraspis* sp pos *C. quadrimaculata* Blanchard, colectadas en cementeras de una empresa de flores.

Al sur del país las tierras frías de Nariño (Pasto, Túquerrez) comparten especies de Melolonthidae rizófagas de la Sabana de Bogotá: *Ancognatha scarabaeoides* Er, *Ancognatha vulgaris* Arrow, *Ancognatha ustulata* Burm y *Cyclocephala* sp, (Posada, 1989; Ruiz y Punalpa, 1990 y Pardo, 1994); desafortunadamente poco se conoce del complejo chisa de esta región al cual debe adicionarse *Ancognatha atacazo* Kirsch, *Heterogomphus dilaticollis* Burm y *H. chevrolati* Burm, especies confirmadas desde material cordialmente cedido por el colega Guillermo Castillo.

### **Regiones agrícolas frías a 1800-2200 m.s.n.m.**

Las larvas rizófagas de la familia Melolonthidae también son consideradas limitantes en las regiones frías de Antioquia. En el municipio de Río Negro (2100 m.s.n.m., 78% HR y 17°C) se realizaron levantamientos fitosanitarios para conocer el complejo de chisas de la región el cual se compone de más de 50 especies entre las cuales sobresale *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Vallejo y Orduz, 1996 y Guarín *et al*, 1997); otros autores señalan a *Anomala undulata* Melsheimer como la segunda especie mas dañina asociada a pastos y algunos frutales de clima frío (Londoño y Ríos, 1997). El autor de estas líneas tuvo la oportunidad de estudiar materiales gentilmente ofrecidos por la Dra. Marta Londoño, entre los cuales se observó el siguiente grupo de especies: *Phyllophaga obsoleta* Blanchard y otras dos especies del género, una de ellas un ejemplar macho de *P. menetriesi* Blanchard; al menos tres especies de *Plectris* entre las que sé identificó a *P. fassli* Moser, varios ejemplares muy cercanos a *P. sericea* Moser y otra de cuerpo mas delgado, ovalado, pendiente de identificación; dos especies de *Macrodactylus*, una de ellas posiblemente *M. pulchripes* Blanchard. Entre los Dynastinae se examinaron ejemplares de *Ancognatha ustulata* Burmeister y *A. humeralis* Burmeister, varias especies de *Cyclocephala* incluida *C. signata* Fabr., *C. weidmeri* Endrodi, *C. lunulata* Burmeister, *C. gregaria* Heine et Thaschen (considerada de no importancia económica) con varios fenotipos incluida la variedad clara conocida como *C. gregaria ab. pallida* Arrow y la *C. sexpunctata* Castelnau. El género *Aspidolea* presenta al menos dos especies una de ellas *A. singularis* Bates; otros Dynastinae de no importancia económica entre ellos *Lycomedes hirtipes* Arrow, *Megaceras*, *Ligyris bituberculatus* Beauvois (en su mayor altitud?) y *Phileurus valgus valgus* (Oliver). El grupo de Rutelinae examinado abarca al menos seis especies como *Anomala inconstans* Burm, *A. undulata* Melsh, *A. cupricollis* Chev y otras dos *Anomala* no identificadas. Como una curiosidad, se observó a varios ejemplares de *Acrobolbia*, una especie de Rutelinae que se distribuye en enclaves de selva nublada.



Este "mosaico" de chisas coincide mucho con la condición montañosa de la región, la alta humedad relativa y el paisaje de parches silvestres en una matriz de cultivos. Sin embargo parece oportuno reexaminar el complejo de larvas para corroborar las mas asociadas a los agroecosistemas y en especial con hábitos alimenticios rizófagos, pues la diversidad de *Plectris* y *Anomala* amerita un estudio de abundancia y análisis de la estacionalidad de tales especies.

Los investigadores locales han avanzado admirablemente en el biocontrol de estas plagas subterráneas, han detectado y multiplicado entomopatógenos nativos, útiles en el control de los mismos. (loc cit)

La composición de escarabajos Melolonthidae observada en Rio Negro (Antioquia) es similar a la investigada por el colega Francisco Yepes en el municipio de Santuario, vereda Lourdes a 2100 m.s.n.m. El profesor Yepes y sus colaboradores utilizaron trampas de luz en una finca cultivada con zanahoria, remolacha, repollo, frijol, habichuela y papa. Las cinco trampas de luz instaladas entre diciembre de 1997 y marzo de 1998 reunieron poco mas de 20 especies entre ellas se destacó la presencia de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard y otros Melolonthinae como *Plectris aff pavidata* Burm, dos especies de *Astaena* una de ellas *A. valida*, dos especies de *Isonychus* una *Macrodactylus* posiblemente *M. Pulchripes* Blanchard. En el caso de los Dynastinae recolectó una representación de *Cyclocephalini*, entre ellos *Ancognatha vulgaris* Arrow, *A. scarabaeoides* Erichson, *Aspidolea singularis* Bates, *Cyclocephala sexpunctata* Castelnau, *C. aff tutilina* Burm y otras de importancia forestal como *Golofa eacus* Burm, *Heterogomphus rugicollis*, *H. dilaticollis* Burm y *Pucaya pulcra* Arrow.

El grupo de los Rutelinae incluyó varios *Anomala* así: *A. cincta* Say , *A. undulata* Melsh y otras dos no identificadas. Agradecemos al profesor Yepes su colaboración al cedernos material para estudio y participarnos de sus investigaciones.

Los cultivos del piso térmico templado y frío de Antioquia deparan mucho trabajo y sorpresas en cuanto a plagas rizófagas y reconocimiento del gremio de los Melolonthidae. Los estudios de Jaramillo *et al* (1996) alertan en cuanto a la importancia de tales trabajos, pues al estudiar las plagas subterráneas de la papa, como son la polilla gigante *Tecia solanivora* Povolny, el gusano blanco *Premnotrypes vorax* Hustache y las chisas (Melolonthidae) concluyeron que las ultimas eran las más dañinas, que actúan en complejo y presentan la mayor incidencia en los 18 municipios evaluados, con un promedio de 11.6% de tubérculos dañados, ello representa perdidas de 58 mil toneladas, cotizadas a la fecha en 14 mil millones de pesos. Comparativamente las chisas fueron mucho mas dañinas que las otras plagas ya que el daño conjugado de estas últimas afectó 24 mil toneladas.

Las zonas agrícolas en torno a Ibagué (1285 m.s.n.m, 2217 mm y 21°C) exhiben una notable riqueza de escarabajos Melolonthidae. la cual se bosquejó parcialmente hace pocos años con un reconocimiento que abarcó 35 géneros. La subfamilia mas diversa fue



Dynastinae cuyas especies de mayor interés económico fueron *Ancognatha atacazo* Kirsh, *A. scarabaeoides* Er, *A. vulgaris* Arrow, varias especies de *Cyclocephala* entre ellas *C. fulgurata* Burm, y *C. sexpunctata* Castelnau, en las partes frías camino a Cajamarca y en las tierras bajas *C. carbonaria* Arrow, *C. melanocephala* Fabr., *C. mafaffa* Burm, *C. amazonica* L y otras cinco especies mas no identificadas debido al deterioro del material. En cuanto al género *Aspidolea* se observo *A. fuliginea* Burm y *Aspidolea singularis* Bates, ambas especies bien representadas. El complejo local incluye otros *Cyclocephalini* de los géneros *Stenocrates* y *Dyscinetus*.

Esta región es rica en Melolonthidae considerados de importancia económica como son *Phyllophaga*, *Plectris*, *Macroductylus*, *Schizochelus*, *Isonychus* y *Ceraspis*. De igual manera la subfamilia Rutelinae tiene representantes de interés agrícola entre otros los géneros *Anomala* y *Leucothyreus*. Los demás registros genéricos de no importancia económica se encuentran en Pardo *et al* (1995). Se puede anotar que semejante cuadro de diversidad, en parte explicado por la ubicación geográfica del municipio en la cuenca del río Magdalena y el hecho de abarcar diferentes zonas de vida, permite inferir una mayor diversidad del complejo chisa de la región y la necesidad de realizar estudios sobre sus especies, distribución detallada, estacionalidad y conocimiento de sus estados larvales. Por eso no es de extrañarse que esta vecina localidad de Cajamarca (1800 y 2500 m.s.n.m), se registren pérdidas de importancia en el cultivo de arracacha. Los estudios realizados apuntan a que larvas Melolonthidae de los géneros *Phyllophaga*, *Plectris* y otros consumen las raíces del cultivo razón por la cual se han hecho estudios de biocontrol con base en entomopatógenos (Sánchez y Vásquez, 1993; Lozano *et al*, 1996). Estos importantes trabajos y los materiales gentilmente enviados por los entomólogos Pedro Galeano y Guillermo Sánchez ponen en evidencia la necesidad de profundizar estudios sobre la composición del complejo chisa de Cajamarca y la caracterización morfológica de las larvas consideradas de mayor impacto económico.

### **Regiones Agrícolas de Piedemonte (1000-1500 m.sn.m).**

En el norte del Cauca se ha registrado una problemática de chisas bien compleja, tal vez representativa de lo que puede estar ocurriendo en otras regiones similares, pero poco estudiadas. Los últimos muestreos en los municipios de Caldon, Santander de Quilichao y Buenos Aires, Cauca (aprox. 1100 a 1500 m.s.n.m, 1200-1400 mm de precipitación, predominio de monocultivo de yuca) han reunido 21.739 ejemplares adultos pertenecientes a 44 especies de Melolonthidae (Pardo *et al*, 1999; Pardo y Victoria, 1999). Poco más de cinco mil larvas han sido examinados y agrupados en 20 patrones morfológicos de chisas rizófagas, cuyo estudio morfológico y taxonómico agrupó a los géneros *Cyclocephala* (4 spp), *Anomala* (4 spp), *Phyllophaga* (2 spp), *Plectris* (2 spp), *Leucothyreus* (2 spp), *Macroductylus*, *Ceraspis*, *Astaena* y *Podischnus*.

Se concluye que este complejo tiene elementos de gran importancia económica como son las especies de *Plectris* (*P. fassli* Burm y *P. pavida* Burm) las cuales presentan la mayor



abundancia entre las especies estrictamente rizófagas, el consumo de estas especies conjugado con el de otras de menor abundancia como *Phyllophaga menetriesi* Blanchard, *P. sp.*, *Anomala inconstans* Burm y *Anomala cincta* Say, constituyen el grueso del complejo de plagas subterráneas de mayor impacto económico en la región.

Otra especie importante fue *Cyclocephala lunulata* Burmeister, la cual presentó la mayor captura a nivel de larvas y cuya importancia económica permanece sin confirmar plenamente. Sus larvas, aunque localizadas en la rizósfera del cultivo de yuca y otras plantas, lograron culminar su ciclo en ausencia de raíces exhibiendo así un comportamiento facultativo que le permite obtener su alimento de la materia orgánica del suelo.

El daño aislado de cada especie de chisa no ha sido evaluado, tampoco se dispone de datos precisos sobre el daño conjugado el cual podría fluctuar entre 25-30% de área cultivada (Romero *et al* 1993). La incidencia del complejo chisa varía en el tiempo y en el espacio, de tal manera que dependiendo de la época (días julianos del complejo) y las especies involucradas estas pueden mostrar un daño temporal y conjugado. Este problema no ha sido enfrentado por ninguna investigación en la región.

El estudio de las chisas del Cauca depara mucho trabajo, desafortunadamente los trabajos realizados en la región han omitido la investigación detallada del complejo chisa (larvas) a lo largo del año y entre cultivos, tampoco se ha evaluado el verdadero impacto económico de las especies más importantes, asumiendo erróneamente a una como la más limitante, así las cosas los pocos ensayos de biocontrol u otras alternativas de manejo implementados carecen de una base sólida que augure una solución agroecológica o paquete MIP a los agricultores al mediano plazo.

### **Regiones Agrícolas Calientes de los Llanos Orientales.**

El “gremio” de los escarabajos Melolonthidae de los Llanos Orientales ha mostrado una gran diversidad. En un estudio realizado en Villavicencio, Meta (200-250 m.s.n.m aprox. y varias zonas de vida entre ellas bosque húmedo y muy húmedo tropical (bh, bmn-T), bosque pluvial montano (bp-MB), etc) y otras regiones de esta región (López y Pardo, 1997), se logró reunir poco más de 25 géneros de Melolonthidae. De acuerdo con las observaciones realizadas y los registros nacionales, las especies de mayor importancia económica pertenecen a los géneros *Cyclocephala*, *Dyscinetus*, *Ligyris*, *Euetheola*, *Strategus*, *Stenocrates* (Dynastinae), *Phyllophaga*, *Plectris* y *Macroductylus* (Melolonthinae) y *Anomala* y *Pelidnota* (Rutelinae). Entre las especies económicamente importantes se incluye *Cyclocephala amazonica* L., *Anomala* spp, varias especies de *Plectris* entre ellas *Plectris pavidata* Burm y *Phyllophaga* spp cuyas larvas se suman al daño ocasionado por el “cucarro”. *Euetheola bidentata* Burm.

En esta región el mayor impacto económico lo ocasiona el “cucarro”, cuyos adultos, relativamente longevos, consumen la base de tallos en maíz, arroz secano, sorgo y otros

cultivos (pasturas). Las larvas presumiblemente saprófagas no han sido estudiadas en detalle en cuanto a su morfología y hábitos alimenticios.

El “cucarro” es considerado una plaga rizófaga, de ciclo univoltino, señalada como limitante debido a la intensidad y tipo de consumo, por ejemplo en arroz consume solo la base del tallo, al pie de la raíz y ocasiona la muerte de la planta, (Cristo Pérez, Com. Per).

Aunque existen importantes avances en cuanto al “cucarro” en esta región, resulta oportuno reexaminar el complejo chisa de la región. En tal sentido conviene establecer los periodos de aparición y abundancia relativa de adultos de otras chisas, reconocer la riqueza y abundancia de las larvas de Melolonthidae presentes en los diferentes cultivos y pasturas.

Así mismo se hace necesario confirmar el habito rizófago y la intensidad del daño ocasionado por el resto del grupo que se presume de importancia económica (*Dyscinetus*, *Stenocrates*, *Ligyris*, etc) y cuantificar su daño conjugado.

### **Regiones Agrícolas Amazónicas.**

Las zonas agrícolas de baja altitud (80-150 m.s.n.m) ubicadas en la región amazónica, se incluyen entre las poco conocidas en cuanto a las larvas rizófagas de la familia Melolonthidae. Presumiblemente, podría presentar una gran similitud, en cuanto a especies y tipo de daño de Melolonthidae plagas, con lo anotado para el Meta y el Caquetá, en donde el “cucarro” se constituye en la plaga subterránea dominante.

Estudios realizados en Puerto Leguizamo (Putumayo), región ganadera, sembrada en pasturas y en menor grado cultivos de grano (maíz y sorgo), confirmaron esta suposición. La captura con trampas de luz negra implementada durante agosto 1-4/97 totalizo 286 ejemplares y de estos 156 (54.5%) correspondieron al cucarro, *Euetheola bidentata* Burm.

El predominio de captura de esta especie fue notable pero compartido, ya que se contaron 62 ejemplares (21.6%) de *Ligyris* y 94 (32.86%) de *Stenocrates difficilis* Endrodi. Entre las especies de interés agrícola observadas sobresalen *Dyscinetus* sp, varias especies de *Cyclocephala*, (*C. stictica* Burm, *C. amazonica* L, *C. amblyopsis* Bates), el cucarrón “torito” *Strategus aloeus* L., considerado barrenador de estipe en palmas comerciales, etc. Al igual que en los Cyclocephalini, las chisas Pentodontini se observaron bien diversificadas, pues además del “cucarro”, se registra un interesante cuadro de especies que incluye a *Ligyris bituberculatus maximus* Arrow, *Ligyris bituberculatus bituberculatus* (Beauvois), *Ligyris gyas ab. amazonicus* Arrow, *Oxiligyris aff nasutus* Burm y otras dos especies en proceso de identificación.

Entre las 18 especies de Melolonthidae colectados se incluyen, entre otros registros inocuos, cinco ejemplares de *Chalepides dytiscoides* (Arrow), especie muy poco representada en



coleccionales nacionales y un ejemplar de *Megasoma actaeon* L, escarabajo gigante apreciado por los indígenas quienes en lengua *Muruy* le llaman *Kuñoi* y en *Muinane Tisoyky*.

Este interesante recuento se logro gracias a una excursión de la Universidad del Valle y a la razonable actitud del Dr. Mauricio Villa (U.A.E.P.N.N) quien autorizó el permiso de caza científica.

### **Tierras Agrícolas del Caribe.**

De acuerdo a las observaciones realizadas y a los materiales reunidos, esta región se incluye en el grupo de las menos conocidas.

Gran parte de las extensiones desde hace muchas décadas son de vocación ganadera, por lo que predominan potreros y pasturas. Entre los cultivos más importantes se incluye el algodón y los granos como el sorgo, maíz y arroz. La familia Melolonthidae se encuentra prolíficamente representada en esta región, ello a pesar de la marcada simplificación ecológica y lo riguroso de las estaciones secas.

En Tierra Alta (Córdoba), Majagual (Sucre) y Caucasia (Antioquia), regiones donde se cultiva arroz secano, se han realizado recolecciones de Melolonthidae plagas y a la fecha se han listado aproximadamente 20 especies. De acuerdo con la información aportada por el entomólogo Cristo Rafael Pérez, quien lidera desde hace varios años estas investigaciones, el complejo de Melolonthidae rizófagos de esa región es encabezado por “el cucarro” *Euetheola bidentata* Burm, especie que presenta su periodo de aparición en los meses de abril-mayo. Gracias a los materiales colectados por este entomólogo, ahora se sabe que en esa región abundan otros Pentodontini, entre ellos, *Ligyris maternus* Prell, *L. bituberculatus* Beauvois, y *L. gyas* Er, todas ellas poco estudiadas.

El cuadro se hace extenso en la medida en que varias especies de Cyclocephalini se van sumando, sobresale *Cyclocephala amazonica* L, *C. melanocephala* Fab. y otras en proceso de identificación, *Dyscinetus dubius* (Oliv), *Stenocrates* sp y *Chalepides* sp, también han sido capturados en las trampas luminosas. Las subfamilia Rutelinae incluye varias especies de *Anomala* de pequeño porte y en cuanto a Melolonthinae se han colectado dos especies de *Phyllophaga* y una de *Liogenys* posiblemente *L. quadridens* Fab. Los materiales gentilmente cedidos por el Dr Pérez incluyen otras interesantes especies y estudios de larvas los cuales serán divulgados al corto plazo.

Controladores Biológicos. La búsqueda de enemigos naturales de las chisas rizófagas ha sido un tema de interés para la comunidad entomológica nacional, departamentos como Cundinamarca y Antioquia presentan la mayor concentración de registros e investigaciones al respecto (ICA-NNE 1972-1994; Londoño y Rios 1997; Guarín, 1997b; Posada, 1993).

Las investigaciones de Shannon (1994) en Centro América arrojaron interesantes resultados sobre el control microbiano de larvas de Melolonthidae rizófagas, conocidas localmente como jobotos o ronrones; los últimos trabajos realizados por este ilustre científico se enfocaron a la conformación y uso de un banco de cepas de bacterias formadoras de esporas, tipo *Bacillus popilliae* Dutky, sin embargo sus exploraciones y aportes, en Centro América, abarcaron una amplia lista de microbios. (Shannon 1994, 1996, Com. Per).

Shannon (1996), expresó que el aprovechamiento de microorganismos como controladores de plagas tiene gran atractivo en el caso de escarabajos plagas, debido a que “siendo plagas del suelo, viven en un medio con temperaturas relativamente estables, con alta humedad relativa (la mayoría de hongos y patógenos requieren más del 90% de humedad relativa para germinar, y sufren reducciones de su tasa de crecimiento por debajo de los 15°C y sobre los 34°C). En el suelo se protegen de la luz ultravioleta que puede matar las esporas de muchos hongos.”

El caso de los depredadores y parasitoides es diferente, su uso en el control de escarabajos plagas no presenta los resultados a veces espectaculares de microbios u otros métodos de control; según Hanson (1994), este tipo de biocontrol ha tenido un “éxito parcial” en el control de escarabajos plagas. Esta poca confianza se basa en la dificultad actual de su cría masiva para liberaciones periódicas y el poco esfuerzo investigativo realizado en cuanto a conservación de especies endémicas de parasitoides y depredadores.

Aunque ambos autores señalan grandes vacíos investigativos en el campo de los entomopatógenos y de los depredadores y parasitoides, éste último evidencia las mayores falencias. En los agroecosistemas colombianos este desconocimiento es preocupante, por lo que conviene modificar el rumbo de este problema a través de la intensificación de investigaciones regionales en el tema.

En la convicción de que los depredadores y parasitoides aportan significativamente al biocontrol de larvas de escarabajos plagas, desde hace varios años se ha valorado el hallazgo de chisas con evidencia de parasitismo o depredación en la región yuquera del Norte del Cauca. Recientemente se aprovechó la recolección de chisas en dos tipos de muestreo para recopilar datos sobre estos interesantes organismos. (Pardo *et al*, 1999b; Victoria, 2000 b).

En el primer muestreo, realizado en 18 veredas de tres municipios (Buenos Aires, Caldon y Santander de Quilichao), excavando en la rizósfera de varios cultivos por el método del cuadrante de 1 m<sup>2</sup> x 30 cm de profundidad, se logró reunir 1544 larvas de escarabajos Melolonthidae, de las cuales 47 presentaron la acción de enemigos naturales (3%). La gama de biocontroladores incluía varias especies de parasitoides, entre ellos endoparásitos de las familias Tachinidae, Bombyliidae y Asilidae (Diptera), pendientes de identificación, y ectoparásitos de los géneros *Campsomeris* y *Tiphia* (Hymenoptera); en cuanto a los microorganismos, se realizaron conteos, un poco limitados por la taxonomía de estos organismos, que incluyeron hongos como *Metarhizium anisopliae* (Metsschnikoff) Sorokin



y *Beauveria bassiana*, (Balsamo) Vuillemin, bacterias tipo *Bacillus popilliae* Dutky, Nemátodos y otros microorganismos pendientes de identificación.

Muy preliminarmente se puede anotar que este muestreo evidenció una incidencia de biocontroladores, especialmente riqueza de especies, muy interesante, pues en las 21 recolecciones realizadas en diferentes cultivos como yuca, hortalizas y ornamentales, se observó al menos un caso de depredadores o parasitoides por muestreo; fue motivante observar una media de al menos cuatro casos de diferentes especies de Hymenoptera y Diptera biocontrolando chisas.

Adicionalmente, algo que se apartó de los registros de los autores consultados, es el caso de los depredadores, representados por larvas de Elateridae (Coleoptera) de una especie de *Conoderus*. Varias especies de *Conoderus* han sido señaladas en la literatura nacional como dañinas en plantas cultivadas (ICA-NN 1972-1994), particularmente como masticadoras de semilla en maíz y soya (Posada, 1989).

Estos muestreos y observaciones de laboratorio pusieron en evidencia la condición dual de la especie, que además se comporta como biocontrolador que depreda los estados inmóviles de las chisas, particularmente prepupas y pupas, cuyas cámaras pupales localiza y vulnera para luego alimentarse de la presa, dado que la larva de *Conoderus* no aprovecha todo el ejemplar, el cual inicia descomposición, es posible que requiera más presas para completar su desarrollo.

Se notó que la influencia climática era notable, principalmente en los microorganismos patógenos como los hongos, ya que en condiciones de verano y sequía intensa su aparición disminuye. Los resultados por Municipios en cuanto a porcentaje de mortalidad continua se muestreó relativamente bajo (Buenos Aires: 2,5%; Cajibío: 4%; Caldon: 5% y Santander de Quilichao: 1,4%), presumiblemente debido a las condiciones climáticas expuestas con anterioridad y que predominaron en la zona durante el muestreo.

Un segundo muestreo de chisas localizado en Caldon, Cauca, reunió 2507 ejemplares de chisas rizófagas, de los cuales 81 presentaron acción de los enemigos naturales (3,2%). A pesar del elevado número de muestras y la cobertura localizada del muestreo, el porcentaje de mortalidad debido a biocontroladores se mantuvo relativamente bajo para esta localidad, pero se mantuvo la diversidad de enemigos naturales observados.

Los hospedantes encontrados corresponden a géneros de importancia económica: *Phyllophaga* presentó 45 larvas afectadas (35%); *Cyclocephala* 42 larvas (33%) y *Anomala* 28 larvas (22%). Otros géneros como *Plectris*, *Leucothyreus* y *Macroductylus*, presentaron 13 larvas afectadas (10%).

Aunque en las larvas de *Conoderus* no se observó predilección por alguna especie de chisa, solo por el estado de inmovilidad de la misma, los otros enemigos naturales tipo Diptera o Hymenoptera, si expresaron cierta afinidad por el hospedero, por ejemplo, las larvas de *Campsomeris*, aparentemente exitosas en la parasitación de *Cyclocephala lunulata* Burm, no observaron igual resultado en *Phyllophaga menetriesi* Blanchard, cuyas larvas de tercer estadio, aisladas para observar el desarrollo del parasitoide, desarrollaban una especie de callosidad melanizada que impedía el progreso del parasitoide, finalmente la larva de la chisa empupaba y emergía el adulto.

Se considera que los muestreos de chisas y sus enemigos naturales depara mucho trabajo y sorpresas, la clave del asunto, momentáneamente, es conservarlos a través de un manejo agrícola que le provea a los adultos alimento y circunstancias apropiadas, para que permanezcan en el agroecosistema ejerciendo su función ecológica, mientras se logra la implementación de proyectos de investigación que permitan un aprovechamiento masivo.

Epílogo. Tal cual lo expresado en anteriores documentos por este y otros autores, el tema de los escarabajos plagas en Colombia requiere de proyectos nacionales de investigación que enfrenten, entre otras, la riqueza, abundancia de los diferentes ensamblajes (complejos) de chisas regionales, su periodicidad, incidencia en los cultivos y otros interrogantes claves en el manejo integrado. Particularmente, la elaboración de guías para la identificación de larvas y adultos se constituye en una necesidad apremiante, esto junto a la intensificación de eventos y programas de entrenamiento de expertos en el tema.

El diagnóstico sobre estudio y control de Melolonthidae plagas, propuesto por Shannon y colaboradores (1994b, 1994c) para Centro América, originado en seminarios y talleres regionales, liderado por expertos de los diferentes países y la organización de diferentes comisiones académicas, expone interesantes tópicos de investigación, muy ajustado a los requerimientos nacionales.

El tema de los escarabajos plagas tiene otro aspecto preocupante, consistente en la pobre museología nacional, que solo incluye dos importantes colecciones en Santafé de Bogotá y Medellín, con poca dotación de literatura especializada y materiales entomológicos a veces identificados solo a nivel genérico o pendiente de identificación. Este aspecto merece llamar la atención de investigadores y administradores de las instituciones agrícolas, para que se apoyen proyectos en funcionamiento o se motiven nuevos proyectos conformados por equipos multidisciplinarios e interinstitucionales que resuelvan aspectos básicos de importancia en el manejo de estas plagas.

Tal vez sobre decir que este enfoque de investigación debería involucrar, en alguna medida, al menos el conocimiento taxonómico de otros Melolonthidae, posiblemente inocuos, que merecen evaluación como recurso natural o por su potencialidad económica, pues cuando se habla de insectos se abordan fenómenos dinámicos, en el que los complejos procesos



ecológicos y de adaptacionismo, en algunos casos puede, momentáneamente, inactivar unas especies o enriquecer el complejo chisa con nuevas, no registradas antes como plagas.

**AGRADECIMIENTOS.** El autor agradece a los colegas Francisco Yepes y Rodrigo Vergara (Universidad Nacional de Medellín) por el gentil apoyo ofrecido a esta ponencia y la paciente labor de edición; al CIAT ya que esta entidad a través del Dr Art Van Schonhoven Director (E) cofinanció salidas de campo, trabajo fotográfico y aportó valiosas sugerencias al estudio; la colaboración de mi estudiante tesista Jorge Andrés Victoria (U. Nacional Palmira) ha sido fundamental para el avance del tema, así mismo reitero mi agradecimiento sincero a los colegas de diferentes partes del país que han cedido valiosa información y materiales. Finalmente agradezco al profesor James Montoya su apoyo en U.V, y a mis padres su ayuda y compañía durante la elaboración de este documento.

#### LITERATURA CONSULTADA

ALVAREZ R, A.; POSADA, O, L; MARTINEZ W, O. 1992. Distribución espacial y vertical de la chisa *Clavipalpus* sp pos *ursinus* Blanchard (Coleóptera: Scarabaeidae-Melolonthidae). Agricultura Tropical. 29(3): 54-60.

APOLINAR, M. 1927. Insectos Nocivos en los Pastos de la Sabana de Bogotá. Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle. Bogotá. abril-mayo. (90): 51-57.

BLACKWELDER, R.E. 1944. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America the west indies, and south America. Part 2. Smithsonian Institutium United States National Museum. Washington. pp: 179-550.

BOVING, A.G. 1942. A classification of larvae and adults of the genus *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae). Momoirs of the Entomological Society of Washington. Numer 2. 96 pp.

BUENO, J.M; RAMIREZ, D. y CARDONA, C. 1998. Biología, hábitos y hospedantes de la chisa *Macrodactylus cerca ovaticollis* Bates (Coleóptera: Scarabaeidae). Revista Colombiana de Entomología 24(1-2): 20-24.

GUARIN M, J.H. 1997. evaluación de medios de cultivo para la producción *in vitro* de *Bacillus popilliae* Dutky y de algunas condiciones de almacenamiento a corto plazo. En Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 21-33.

GUARIN, J.H. 1997. Evaluación de la patogenicidad de *Bacillus popilliae* Dutky sobre *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleóptera: Melolonthidae). En: Aconteceres Entomológicos. Seminario. Medellín, octubre 30 y 31. Pp: 43-56.

HANSON, P. 1994. Control biológico de *Phyllophaga*: depredadores y parasitoides. En: Memorias Seminario Taller sobre la Biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe técnico No. 227. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp: 74-79.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1994. Boletín Notas y Noticias Entomológicas. Programa de Entomología.I.C.A. 1972- 1994

- JARAMILLO, J.A.; ARÉVALO, E. y ARIAS, J. H. 1996. Impacto económico de tres plagas del tubérculo de la papa en el departamento de Antioquia. En Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pp: 56.
- LONDOÑO, M. E. & RIOS, A. M. 1997. Efecto de diferentes agentes de control biológico sobre *Phyllophaga obsoleta* y *Anomala undulata* (Col: Melolonthidae). En Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 35-42
- LONDOÑO, M. y PEREZ, M. 1994. Reconocimiento de los enemigos naturales de la chisa o mojoyoy (Coleoptera:Scarabaeidae) en el Oriente Antioqueño. Revista Colombiana de Entomología. 20(3):199-206.
- LÓPEZ A, A. 1992. Plagas de las hortalizas y su manejo. Conferencias ICA, Bogotá, Colombia. Pp: 117-152.
- LOPEZ R, C. E. y PARDO LOCARNO, L.C. 1997. Estudio de los escarabajos (Coleóptera-Scarabaeoidea) de Villavicencio, Meta I. Avances en el estudio de Melolonthidae. En Resúmenes XXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira. Pp: 72.
- LOZANO, M.D.; RODRÍGUEZ, M.N.; VASQUEZ, N.C. y SÁNCHEZ, G. 1996. Evaluación del efecto del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, en larvas de los géneros *Plectris*, *Serica* y *Macrodactylus* (Coleoptera: Melolonthidae) presentes en el cultivo de la arracacha. En: Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pp: 91.
- MACHATSCHKE, J.W. 1957. Genera Insectorum de P. Wystemann. Fasc. 199-B. Coleóptera Lamellicornia, Scarabaeidae, Rutelinae, Anomali. Ed. Mercurius, Anvers, Belgique.
- MORON, M.A. 1993. Observaciones comparativas sobre la morfología pupal de los Coleoptera Melolonthidae neotropicales. G. it. Ent. 6: 249-255.
- MORON, M.A. 1993. Nueva subespecie mexicana de *Dynastes hercules* (L.) Coleoptera: Melolonthidae; Dynastinae). G. it. Ent. 6: 257-262.
- MORÓN, M.A. and PARDO-LOCARNO, L. C. 1994. Larvae and Pupae of two species of *Golofa* Hope (Coleoptera Melolonthidae, Dynastinae) from Colombia. The Coleopterist Bulletin 48(4):390-399.
- MORÓN, M.A. 1994 A. Experiencias en América en el Control de Scarabaeidae Fitófagos. Memorias XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 177-184.
- MORÓN, M.A. 1994 B. Aspectos biológicos Sobre Scarabaeidae (SensuLato) Insecta Coleoptera. Memorias XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 151-158.
- MORÓN, M.A. 1995. Clave para la identificación de los principales géneros con larvas edafícolas de Coleoptera Scarabaeidae (Pleurosticti) de Colombia, larvas y Pupas. En: II Curso Nacional Sobre Plagas Rizófagas, Taxonomía e Identificación de larvas y adultos de Coleoptera Scarabaeidae plagas en cultivos de importancia económica. CORPOICA COLCIENCIAS. Centro de Investigaciones Tibaitatá. Santafe de Bogotá nov 27 a dic 2. pp 7-31.
- PARDO-LOCARNO, L.C.; FRANCO CRUZ, P. y ALARCÓN, Y.A.A. 1993. Contribución al Conocimiento de las Chisas (Coleoptera-Scarabaeoidea) de San Antonio Cauca, Colombia. En: M.A. Morón (comp.) Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Publ. Esp. Soc. Mex. Entomol e Inst. de Ecología México. pp. 91-104.



- PARDO LOCARNO, L.C. 1994. I Curso Nacional de Plagas Rizófagas. En memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín (Colombia) , julio. Pp: 158-176.
- PARDO LOCARNO, L.C. 1994. Escarabajos (Coleóptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. En memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín (Colombia), julio. Pp: 159-176.
- PARDO LOCARNO, L.C.; GALEANO, P.E.; PRECIADO, V.H. y RUBIANO, M. 1995. Observaciones preliminares de los escarabajos Melolonthidae (Coleóptera:Scarabaeoidea) del Municipio de Ibagué, Tolima. En resúmenes XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santa fe de Bogotá (Colombia). julio. Pp: 27
- PARDO LOCARNO, L.C.; FRANCO, M.P 1997. Avances en el monitoreo de chisas rizófagas (Coleóptera-Melolonthidae), sipnosis de dos años de muestreo en cultivos de yuca en San Antonio, Cauca, Colombia. Seminario Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 165-179.
- PARDO LOCARNO, L.C.; VICTORIA, J.A. y ANGEL, D. 1999<sup>a</sup> Avances en el estudio de las chisas rizófagas (Coleoptera Melolonthidae) observadas en la rizósfera de yuca y otros cultivos en tres municipios del departamento del Cauca, Colombia. Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá Julio 28, 29, 30 de 1999. p 114.
- PARDO LOCARNO, L.C. y VICTORIA, J.A. 1999b. Aspectos Morfológicos de las chisas (Coleóptera Melolonthidae) claves en el diagnóstico y manejo agroecológico en el norte del Cauca. Resúmenes XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Santiago de Cali Octubre 27 al 30 de 1999. p 250.
- POSADA, L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario. (Boletín Técnico). No. 43. 662 pp.
- POSADA, F.J. 1993. Las "chisas" sus enemigos naturales y recomendaciones sobre su manejo. Rev. Agricultura Tropical (Colombia). 30(3): 71-79.
- RESTREPO G, H. 1997. Aproximación al conocimiento de los escarabajos fitófagos (Coleóptera: Melolonthidae) en Colombia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 144 pp.
- RESTREPO G, H. 1998. Revisión sobre especies Coleóptera: Melolonthidae, de importancia agrícola en Colombia. Resúmenes XXV. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali. Pp: 144.
- RITCHER, P.O. 1968. Biological of Scarabaeidae. Annual Review of Entomology. 3: 311-335.
- RODRÍGUEZ, D.A; RINCÓN, C. y MARTINEZ, D. 1996. Manejo de chisas en rosas. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 27.
- ROMERO G.; VELÁSQUEZ, J.G. y MUÑOZ, C.A. 1993. Cuantificación Preliminar del Daño Causado por Coleopteros del Suelo al Cultivo de la Yuca en el norte del Cauca. Seminario Agric. Sostenible. CIAT Proyecto manejo Integrado de Plagas para Pequeños Agricultores en el Norte del Cauca. CETEC. Pp 7-10.
- RUIZ, B.N. y PUMALPA, N. 1990. Observaciones sobre las chisas (Col:Scarabeidae). Rev. ICA (Colombia). 25(4). Pp: 275-282.

SÁNCHEZ G.G . y VÁSQUEZ N, N.C. 1993. El cucarro *Euethiola bidentata* Burm. (Col:Scarabeidae) plaga de la raíz de maíz y sorgo. En: Memorias del seminario internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz, sus principales plagas y enfermedades. C. I. Tibaitatá-ICA Pp: 25-30.

SHANNON, P. 1994. Control microbiano de *Phyllophaga* spp (Col: Melolonthidae). Memorias: Seminario taller sobre la Biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe técnico No. 227. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp: 80-92.

SHANNON, P. *et al.* 1994. Resultados de la comisión de trabajo sobre control biológico y control microbial. En Seminario/taller Centroamericano sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. 23-27 de mayo, Catie, Turrialba, Costa Rica.

SHANNON, P. *et al.* 1994. Seminario- taller Centroamericano sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. Boletín Informativo MIP. No. 32. Catie, Turrialba, Costa Rica.

VALLEJO, F.; MORO, M.A. y ORDUZ, S. 1996. Ciclo de vida de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Col:Scarabeidae, Melolonthidae) una especie plaga del complejo chisa de Colombia. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 66.

VALLEJO, F. y ORDUZ, S. 1996. Contribución al conocimiento de las plagas subterráneas (Col: Scarabeidae, Melolonthidae) del Oriente Antioqueño. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 125.

VICTORIA T, J. A. y PARDO LOCARNO, L. C. 2000 A. Reconocimiento de enemigos naturales de chisas rizofagas (col: melolonthidae) del cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Krantz) en tres municipios de la zona de ladera del norte del departamento del Cauca. 12 pp (Documento Interno Universidad Nacional, Palmira)

VICTORIA T, J.A. 2000 B. Reconocimiento e identificación de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en cultivos de yuca (*Manihot sculenta* krantz) de la Zona de Ladera del Norte del Departamento del Cauca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira



## AVANCES EN EL ESTUDIO MORFOLOGICO DEL COMPLEJO CHISA (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE COLOMBIA

Fernando Vallejo <sup>1</sup>  
Miguel Angel Morón<sup>2</sup>  
Sergio Orduz P.<sup>3</sup>

Las larvas de Coleópteros de la familia Melolonthidae *sensu* Endrödi (1966); Morón (1984), Morón y col. (1990, 1997), conocidas popularmente en Colombia con el nombre de “chisas” o “gusanos mojoyoy” han despertado en los últimos tiempos, el interés de las autoridades fitosanitarias de Colombia debido al daño que ocasionan en importantes áreas agrícolas del país y el mundo entero. El carácter subterráneo de estas larvas implica entre otros, hábitos alimenticios que incluyen raíces, tallos, bulbos o tubérculos de plantas, hojarasca, humus orgánico del suelo y troncos y tocones de árboles en descomposición, cuyas cavidades están llenas de detritus. Los adultos denominados por los agricultores como “cucarrones marceños” o “cuaresmeros” tienen también alguna importancia económica, debido a que se alimentan de las hojas y las flores de árboles frutales y cultivos ornamentales para proveerse de energía durante su vida adulta (Vallejo, 1995)

Para el control de especies plaga se ha recurrido preferencialmente a métodos químicos; utilizando insecticidas sintéticos. La era de estos insecticidas se inició en 1945 y ha pasado por varias generaciones, las cuales han incluido organoclorados, organofosforados y carbamatos, ocasionando lamentables consecuencias de resistencia y resurgencia de los insectos, acumulación de residuos en las redes alimenticias, disminución de las poblaciones de insectos benéficos y el incontrolable deterioro de los ecosistemas. Muchos de estos insecticidas han sido prohibidos en varios países del mundo, pero desafortunadamente, en Colombia, siguen teniendo vigencia. Al problema se le adiciona la falta de información, especialmente la diagnosis precisa de las especies involucradas como plaga. Sin estos recursos, los métodos de control pueden resultar infructuosos, entre otras razones por que en la mayoría de las situaciones se desconocen los hábitos de la plaga y la cantidad de especies que pueden estar interactuando en un cultivo cualquiera de cualquier región geográfica.

### GENERALIDADES SOBRE LA SUPERFAMILIA SCARABAEOIDEA

La superfamilia Scarabaeoidea o Lamellicornia, incluye cerca de 35.000 especies distribuidas en casi todas las regiones del planeta. Los grupos de Scarabaeoidea han estado conformados tradicionalmente por los Lucanidae, Passalidae y Scarabaeidae (Janssens, 1949; Comstock,

<sup>1</sup> Entomólogo, profesor Departamento de Fitotecnia, Universidad de Caldas. A.A. 275 Manizales-Caldas.  
E mail: Fitotec@emtelsa.multi.net.co

<sup>2</sup> Investigador del Instituto de Ecología de México.

<sup>3</sup> Jefe de la Unidad de Biotecnología y Control Biológico de la Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB Medellín.

1950; Peterson, 1951; Richter, 1966); sin embargo, los científicos contemporáneos están de acuerdo con el sistema de clasificación de Endrödi (1966, 1985) quien divide la superfamilia Scarabaeoidea en 5 familias: Lucanidae, Passalidae, Trogidae, Scarabaeidae y Melolonthidae, debido a que toma en cuenta los caracteres morfológicos de los adultos y las larvas, reflejados en sus hábitos alimenticios; de esta manera, el nivel familia Melolonthidae se compara con la "serie pleurosticti" (los estigmas respiratorios abdominales están localizados sobre la región lateral de los esternitos y en la mayoría de las especies son visibles cuando los élitros están cerrados) de los Scarabaeidae propuestos por Janssens (1949), que incluye especies de hábitos fitófagos o saprofitófagos.

La mayoría de los "Scarabaeidae laparosticti" (los estigmas respiratorios abdominales están localizados sobre la región pleural de los esternitos y en todas las especies no se observan cuando los élitros están cerrados), son agentes de gran valor ecológico en los procesos sucesionales de los bosques, debido a que actúan facilitando el reciclaje de gran cantidad de material en descomposición.

## ANTECEDENTES

Se tienen registros de daños ocasionados por larvas de Melolonthidae en praderas Suizas, en crónicas fechadas en 1478, con monitoreos de sus poblaciones por más de 200 años (Keller, 1984). La biología de diferentes grupos ha sido revisada por Hayes (1929), Richter (1958) y Morón (1986). Claves para la identificación de adultos han sido propuestas por Saylor (1938-1943), Arrow (1944), Luginbill & Painter (1953), Crowson (1954), Sanderson (1958-65), Britton (1970), Arnett (1973), Endrödi (1966, 1985) y Morón (1986, 1988, 1997).

Investigadores de varios continentes, han publicado valiosos estudios que incluyen claves para la separación de familias, subfamilias, géneros y especies de larvas; Böving (1942), Paulian (1956), Janssens (1947, 1949), Richter (1938-66) y Morón (1986) y han afianzado el desarrollo de investigaciones clásicas publicadas por Harris (1827), Hope (1837), Burmeister (1842), Erichson (1847-48), Le Conte (1854), Lacordaire (1856), Bates (1888-89), Perris (1877) y Horn (1878-94) logrando así unificar la concepción tradicional de la taxonomía y los avanzados conceptos de la sistemática moderna.

De acuerdo con los catálogos de Leng (1920) y Blackwelder (1944), actualizados con los aportes de Arnett (1973), Endrödi (1985) y Morón (1986, 1990, 1997), la familia Melolonthidae está compuesta por 8 subfamilias (Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae, Cetoniinae, Trichinae, Glaphyrinae, Valginae y Euchirinae). En América, los Melolonthidae están representados por 6 subfamilias 26 tribus, 321 géneros y 4415 especies descritas hasta 1990.

La literatura disponible sobre este tema permite establecer que la diversidad de este grupo de coleópteros ha sido subestimada considerablemente, sobre todo si se sabe que los catálogos donde se registran especies nuevas han aumentado notablemente en los últimos tiempos. Se



estima que aún faltan por describir muchas de las especies existentes, sobre todo de Centro y Suramérica, África tropical y el Sureste Asiático (Morón, 1991).

## **ESTUDIOS DE MELOLONTHIDAE REALIZADOS EN COLOMBIA**

En vista del daño que pueden ocasionar algunas especies de Coleoptera Melolonthidae, las referencias Colombianas incluyen sólo aquellos escarabajos de interés agrícola. Los escasos estudios realizados en los últimos 50 años generalmente no han tenido en cuenta la gran diversidad de especies que pueden estar presentes en cada tipo de cultivo o región geográfica. Usualmente se minimiza este aspecto y los resultados de los muestreos y el efecto de las medidas de control se refieren a las “chisas” como a algunas de las especies más frecuentes o conocidas, como *Ancognatha scarabaeoides* Erichson (Otoya 1945; Jiménez y Lobatón 1973; Ruiz y Posada 1985; Ruiz y Pumalpa 1989; Hernández y Rodríguez 1992; Nanclares y Ramírez 1992; Londoño 1993; 1995; Londoño y Pérez 1994; Pardo *et al*, 93; Pardo 1994; Montoya y Madrigal 1994).

En Colombia se han registrado 579 especies de Coleoptera Melolonthidae, de las cuales cuando menos 225 pueden ser consideradas como miembros del complejo “chisa” (Morón, 1995; Morón *et al*, 1998; Restrepo *et al*, 1998; Vallejo, 1998). Entre estas se destacan las especies de los géneros *Phyllophaga*, *Astaena*, *Macrodactylus*, *Isonychus*, *Plectris*, *Anomala*, *Calliethetus*, *Platycoelia*, *Strigoderma*, *Ancognatha*, *Cyclocephala*, *Dyscinetus*, *Lygirus* (Vallejo, 1997). En la actualidad la identificación precisa de los ejemplares adultos hasta el nivel específico es difícil, ya que con muy pocas excepciones, no se dispone de claves, revisiones o monografías para estos géneros o sus representantes en Suramérica. En cuanto a las larvas, la tarea de identificación es aún más difícil, ya que sólo se han estudiado los ciclos de vida de *Ancognatha scarabaeoides* y de *Phyllophaga obsoleta* (Ruiz y Posada, 1985; Vallejo *et al*, en prep.), y únicamente se han descrito la larva de esta última (Vallejo *et al*, 1998).

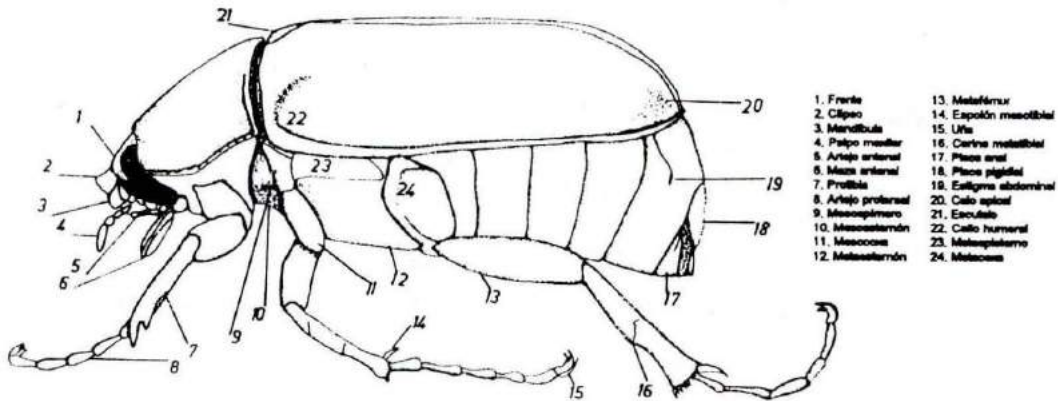
El presente documento presenta un análisis básico de lo que pueden ser las estructuras clave, que le han servido al autor para reconocer algunas de las especies involucradas en el daño ocasionado por este grupo de insectos en el Oriente del Departamento de Antioquia y que le han permitido corroborar la existencia de las mismas y de algunas otras especies en diferentes regiones del país.

## **ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA FAMILIA MELOLONTHIDAE**

**Morfología del imago** (Figura 1). El concepto morfológico involucra forma y estructura, de una pieza completa o de una sección de ella, de una planta o de un animal. El trabajo expuesto en este documento es una experiencia exploratoria de una familia grande, compleja y variada y por esta circunstancia las estructuras analizadas pueden tener un valor relativo que depende del interés del lector.

**Forma y tamaño.** En las especies de la familia Melolonthidae existe mucha variación con respecto a estas características, por lo que resultaría contradictorio hablar de una forma y un tamaño en particular. Las proporciones ovaladas son comunes dentro de la subfamilia Melolonthinae, observándose formas alargadas (géneros *Macroductylus*, *Ceraspis*), piriformes (géneros *Phyllophaga*, *Serica*, *Symmela*) y robustas (género *Isonychus*). El tamaño es igualmente variable en especial por la diferencia entre los géneros *Macroductylus* (desde 5 mm) y *Phyllophaga* (hasta 27 mm).

Los ejemplares de la subfamilia Dynastinae por su parte, exhiben forma ovalada, compacta, fuerte, y robusta, con el dorso muy convexo y tamaños variados, desde pequeños especímenes del género *Cyclocephala* (de 9 mm), hasta especies como *Golofa porteri*, cuya proporción largo-ancho (63 mm x 39 mm) y envergadura de sus patas anteriores extendidas (160 mm), corresponde a uno de los melolontinos de mayores dimensiones encontrados en el Departamento de Antioquia, la zona del Eje Cafetero, Valle del Cauca y la Sabana de Bogotá.



**Figura 1.** *Phyllophaga (Phytalus) trichodes* (Bates), vista lateral del adulto macho (tomado de Morón, 1986)

Los ejemplares de la subfamilia Rutelinae son de forma ovalada y robusta, algunas veces estilizada, con el dorso muy convexo y tamaños variables que van desde 4 mm para algunos pequeños ejemplares del género *Strigoderma*, hasta los del género *Platycoelia* y *Anatista*, que alcanzan a medir 30 mm.



Los escarabajos de la subfamilia Cetoniinae por su parte, son de forma ovalado alargada, estrechos hacia abajo, compactos, con frecuencia robustos y con el dorso bastante aplanado. En las diferentes localidades de Antioquia y el eje cafetero se encuentran especies de los géneros *Euphoria*, *Gymnetis*, y *Paragymnetis*, cuyos ejemplares miden respectivamente 14, 22 y 18 mm de longitud en promedio.

**Coloración.** Las diferentes especies de esta familia exhiben una gama de colores tan variables como sus formas. Se destacan principalmente los Rutelinae que incluyen especies de colores verdes, marrón, pardo oscuro y claro con tonos rojizos, amarillos y ocre, brillantes, iridiscentes y metálicos como en el caso de los géneros *Anómala*, *Strigoderma*, *Pelidnota*, *Leucothyreus* y *Platycoelia*. Otras especies con coloraciones oscuras incluyen el marrón oscuro hasta el negro, con patrones opacos, contrastantes. Pueden mostrar superficies rugosas y estriadas como especies de Dynastinae de los géneros *Ancognatha*, *Cyclocephala*, *Golofa*, *Strategus*, *Podischnus*, *Heterogomphus*, *Coelosis*, *Bothynus*, *Pucaya* y *Phileurus*. Algunas otras, de la subfamilia Cetoniinae, muestran tonalidades aterciopeladas e incluyen colores marrón que contrastan fuertemente con sus manchas negras, tal es el caso del género *Gymnetis*.

**Cabeza.** En términos generales, la cabeza de las diferentes especies de la familia corresponde al tipo prognata. Esta es un poco más ancha que larga y en algunas ocasiones está un poco deprimida y retraída parcialmente en el pronoto. Según Morón (1986), en todas las especies corresponde al tagma de menores dimensiones y volumen en razón de proporción con el pronoto, el tórax y el abdomen. En algunos machos, en especial los de la subfamilia Dynastinae, la cabeza presenta proyecciones en forma de “cuernos”, cuyas longitudes variables permite diferentes grados de recurvación hacia atrás. Estos terminan en ápices redondeados, planos o agudos.

Entre las estructuras de mayor valor taxonómico encontradas en la cabeza, sobresalen las siguientes:

**Antenas.** Su estructura es típica lamelada con variaciones entre las especies, los sexos y aún entre poblaciones de una misma especie. Consta de un escapo alargado que se va ensanchando en su extremo distal, un flagelo formado por tres a cinco artejos subcilíndricos, alargados o cortos y una maza antenal constituida por lamelas amplias y más largas en los machos.

**Clípeo.** Anterior a la frente, puede estar visiblemente separado de esta por una sutura. En general es más ancho que largo, las márgenes laterales varían en diferentes grados de elevación y reflexión lo que genera el efecto de concavidad o convexión en las diferentes especies. La margen anterior también muestra diferentes grados de variación que van desde redondeado, emarginado, entero, parabólico, semicircular, bilobulado o recto. La superficie del clípeo puede ser punteada, rugosa, setosa o glabra.

**Canto ocular.** Es una proyección del área ocular que penetra y divide la zona anterior del ojo. Debajo de la base del canto, se localiza la inserción antenal.

**Ojos.** Son compuestos, globulares y semiesféricos. Los omatídios son hexagonales y abundantes. En algunas especies se ha llegado a registrar hasta 380 unidades por  $\text{mm}^2$  (Morón, 1986).

**Labro-epifaringe.** Ubicado por debajo del clipeo, un poco más hacia afuera. De forma variada de acuerdo con la especie; tamaño reducido y con un área semitriangular cubierta de pequeñas y finas sedas que se dispersan más en las áreas laterales membranosas.

**Labio-hipofaringe.** Al remover la mandíbula y la maxila de un espécimen, se hace visible la hipofaringe como una corta lengua de forma hexagonal ubicada enfrente del labio y entre la maxila. Debido a la variabilidad morfológica, constituye una pieza importante para el diagnóstico de las especies.

**Maxilas.** Las maxilas ocupan la posición lateral de la cabeza detrás de las mandíbulas. Están constituidas por cinco escleritos. La zona proximal es denominada como *cardo* y se encuentra articulado en su porción basal con el *estipete*, este a su vez está fraccionado en dos escleritos, desde los cuales, se proyecta la *lacinia*, la cual junto con la *galea*, conforma la zona distal. La *galea* puede tener algunos procesos dentiformes (generalmente tres) que varían en forma y tamaño.

**Mandíbulas.** En la mayoría de las especies del orden Coleoptera, estas estructuras están fuertemente esclerosadas. Sus variaciones están relacionadas con los hábitos alimenticios en las larvas y en los adultos; las áreas incisivas están diseñadas para cortar mientras que las áreas mollares lo están para triturar.

**Tórax.** Al igual que en la mayoría de los insectos, en los Melolontidae los segmentos torácicos están acompañados cada uno de un par de patas, de acuerdo con las especies, divergen en forma y tamaño aunque generalmente son más largos que anchos. El tórax se encuentra dividido y da lugar a un área anterior denominada protórax. En los insectos alados los segmentos meso- y metatorácicos han sido denominados colectivamente como el pterotórax.

El tergo del segmento protorácico, conocido como pronoto, es muy característico en algunos machos ya que muestra singulares variaciones como quillas, depresiones, bifurcaciones, fosetas laterales, elevaciones, proyecciones y márgenes que varían considerablemente en cada especie. En la subfamilia Dynastinae, se encuentra la mayor expresión de este fenómeno morfológico, el cual, además de ayudar a la identificación sexual, facilita el acercamiento taxonómico.



**Patas.** En general muestran las coxas alargadas y en posición transversal. El fémur es robusto, deprimido y tan largo como la coxa. Las tibias son aplanadas, un poco más largas que el fémur y con procesos dentiformes (dos o tres) en el borde externo los cuales varían de acuerdo con las especies y los sexos. Cerca al ápice del borde interno nace la inserción del espolón tibial, este, también varía en longitud y grosor para los diferentes grupos. Todos los Melolonthidae son pentámeros, esto significa que poseen fórmula tarsal 5-5-5 (en los Scarabaeidae faltan los tarsos anteriores, probablemente este fenómeno tenga relación con sus hábitos cavadores), los segmentos de los tarsos o tarsómeros son semejantes en forma y tamaño con excepción del quinto o último que es más largo que el precedente. En casi todas las especies de Dynastinae por mencionar el caso de los géneros *Ancognatha*, *Cyclocephala*, *Bothynus*, *Pucaya*, *Phileurus*, los tarsos de los machos están fuertemente ensanchados, para permitir el acople con los callos humeral y apical de las hembras cuando se realiza la cópula. Generalmente estas estructuras muestran sedas ubicadas en sus regiones ventrales y pueden ser largas y finas, cortas y fuertes, escasas o abundantes de acuerdo con las especies de los grupos.

**Uñas.** Las uñas son estructuras de mucho valor para el diagnóstico de las especies y por ello merecen consideración especial. El patrón estructural es relativamente constante, generalmente bífidas en Melolonthinae y con diversos grados de variación de los procesos dentiformes, muchos de los cuales poseen bordes aserrados, pectinados o bipectinados. Este carácter es muy importante para el acercamiento taxonómico en especial para el género *Phyllophaga*. En especies de Rutelinae las uñas son hendidas y desiguales en longitud y grosor. En los Dynastinae en cambio, esta característica se encuentra sólo en los protarsos de algunos machos y en los Cetoniinae, las uñas son sencillas y gruesas.

**Alas.** Los élitros son estructuras de protección, especialmente de las alas membranosas y de los órganos de la región dorsal del abdomen. Son más largos que anchos, de superficie convexa y pueden presentar estriaciones, puntuaciones, manchas regulares o irregulares, pueden estar cubiertos de sedas o ser totalmente glabros. El grado de esclerosamiento y grosor va desde frágiles y delgados como el caso de algunas especies de los géneros *Isonychus*, *Macroductylus* y *Symmela* (Melolonthinae); hasta muy duros y gruesos para el caso de algunas especies de *Golofa*, *Heterogomphus*, *Strategus*, *Podischnus* y *Megaceras* (Dynastinae); *Platycoelia*, *Anatista* y *Pelidnota* (Rutelinae) y *Gymnetis* (Cetoniinae).

Las alas metatorácicas son membranosas, delgadas y hialinas o transparentes. Muestran el patrón de venación perfectamente desarrollado alcanzando a diferenciarse las venas costal, subcostal, radial, cubital, anal y yugal en una especie típica.

**Abdomen.** El abdomen de los Melolonthidae es del tipo escarabiforme, ocupa el mayor volumen y peso corporal. El carácter más sobresaliente de la familia Melolonthidae corresponde a la posición de los estigmas respiratorios abdominales, los cuales están ubicados sobre la región lateral de los esternitos (condición pleurosticti), los tres últimos segmentos están ubicados por debajo de la línea de los élitros y por ello pueden ser visibles. No tienen

apéndices terminales en el abdomen (cercos, urogomphi, ovipositores, sifones) y el pigidio o la placa pigidial corresponde al séptimo tergito (placa en posición ventral) que en el caso de los machos conforma la región genital (Morón, 1986).

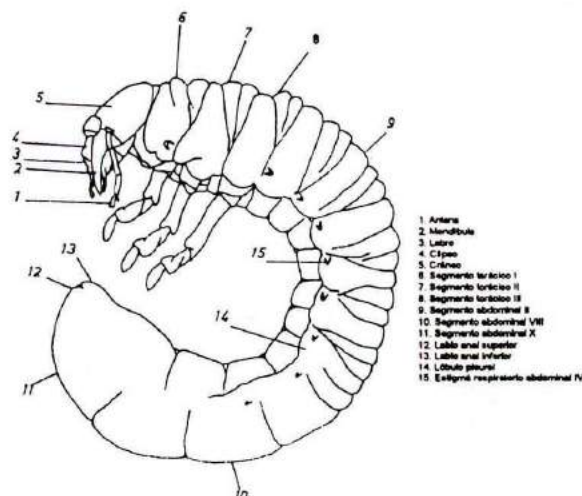
**Genitalia.** La estructura general de la genitalia masculina es bastante esclerosada y sigue un patrón tubular. En las especies ilustradas, la cápsula genital consta de una *pieza basal*, una *falobase*, dos *parámetros* y el *edeago* extensible, relacionado por diferentes membranas articulares. El *edeago* puede estar adornada de diversas estructuras como espinas, procesos en forma de dientes, placas, sedas, granos, escamas, ganchos y flagelos (Morón 1986). La mayoría de estas ornamentaciones son difíciles de describir y por ello es recomendable acompañarlas de ilustraciones. La complejidad de las estructuras que componen la genitalia probablemente permiten el mejor acercamiento taxonómico de las especies.

## MORFOLOGÍA DE LA LARVA

Las larvas de Melolonthidae son del tipo Scarabiforme (Figura 2). Presentan su cabeza muy esclerosada. Su cuerpo está parcialmente recurvado en forma de "C", son de color blanco cremoso o amarillento, el tamaño es relativo, puesto que depende del estadio de desarrollo y la especie en cuestión.

Aunque algunas de las larvas de la familia Melolonthidae están relacionadas como plagas causantes del deterioro de extensas zonas cultivadas en el Oriente Antioqueño, Sabana de Bogotá, Costa Atlántica, Llanos Orientales y Zona Suroccidental del país, se advierte el gran contraste entre la capacidad de daño y el poco o casi nulo conocimiento sobre ellas.

El siguiente análisis abarca aspectos generales y no está dirigido al diagnóstico específico. Para ampliar la información se recomienda consultar a Richter, 1966, Arnett (1973), Endrödi (1966, 1985) y Morón (1986, 1988, 1997).



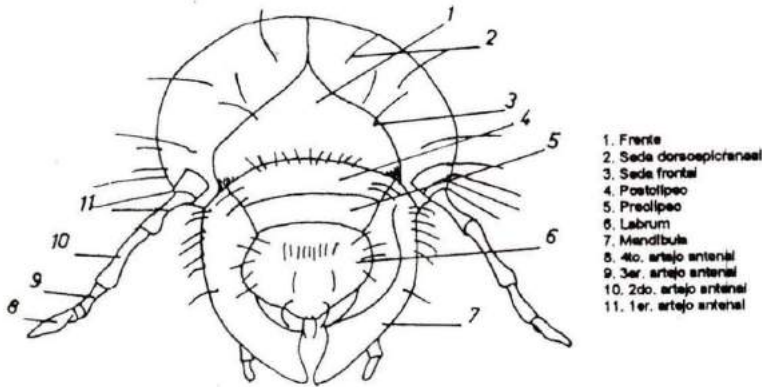
**Figura 2.** *Phyllophaga* sp. Vista lateral de la larva de tercer estadio. Escala en mm



**Cabeza.** Está bien definida, esclerosada, del tipo hipognata, de color marrón, rojizo o anaranjado, la superficie dorsal puede ser lisa, con puntos variables en densidad, diámetro y profundidad, provistos de sedas finas o sin ellas (Figura 3).

La quetotaxia de la frente se puede enmarcar por la presencia de sedas antero-frontales (SAF), sedas frontales externas (SEF) una a cada lado, y las sedas postero frontales (SPF) ubicadas atrás de las frontales externas. El aparato bucal es del tipo masticador y está muy desarrollado en la mayoría de las especies.

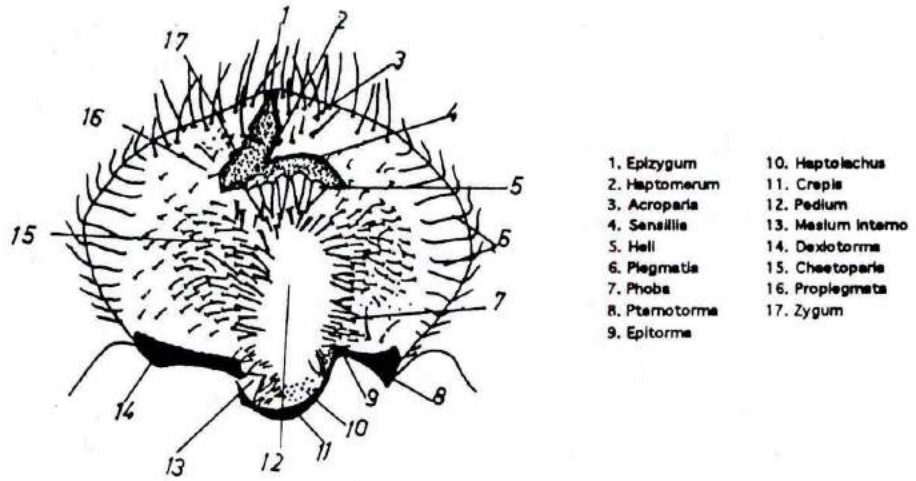
**Labro-epifaringe.** Es uno de los más complejos conocidos en larvas (Figura 4), la parte labral (externa) muestra muy pocas características para su taxonomía lo que contrariamente sucede con la parte interna en la que se puede apreciar el *epizygom* que aparece como una zona esclerosada y oscurecida del *haptomerum* en cuya superficie basal se encuentran los *heli*, pequeños diente-cillos o sedas espiniformes que varían en dimensión y cantidad de acuerdo con los grupos y las especies. La *clithra* corresponde a una serie de manchas placoides ubicadas a los lados del *haptomerum*. Las áreas laterales de la epifaringe, están cada una divididas por la *acroparia* en la parte superior y *chaetoparia* y *acanthoparia* en el centro.



**Figura 3.** *Phyllophaga* sp. Larva de tercer estadio. Vista frontal de la cabeza. Escala en mm

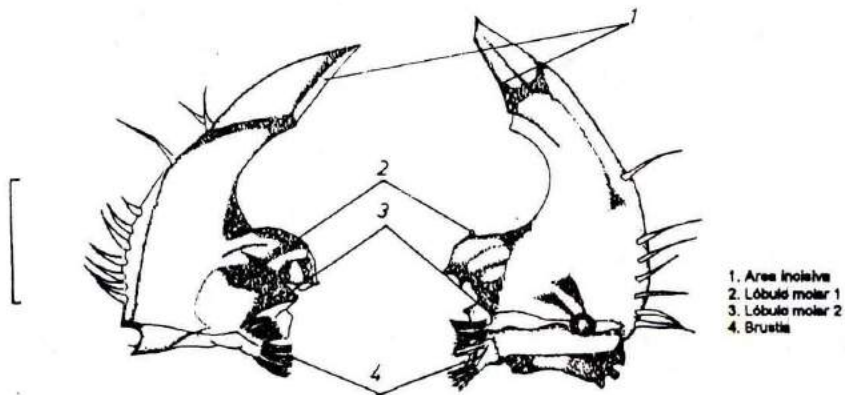
Estas áreas están comúnmente delimitadas por grupos de sedas espiniformes y macrosedas largas y finas. La zona membranosa lateral denominada *plegmaticum*, está dividida a su vez en *plegmata* y *proplegmata*. En el centro de la estructura se puede diferenciar, el *pedium*, una zona clara y rodeada de sedas espiniformes largas o cortas. En la zona basal de la pieza se diferencian algunas placas esclerosadas, penachos de sedas y grupos de sedas espiniformes,

el *dexiotorma*, *laeophoba*, *dexiophoba*, *crepis*, *haptolachus*, *pternotorma* y *epitorma*, están presentes en la mayoría de las especies.



**Figura 4.** *Phyllophaga* sp. Larva de tercer estadio. Vista ventral de epifaringe. Escala en mm

**Mandíbulas.** Son fuertes y poseen músculos muy desarrollados que facultan su actividad alimenticia (Figura 5).

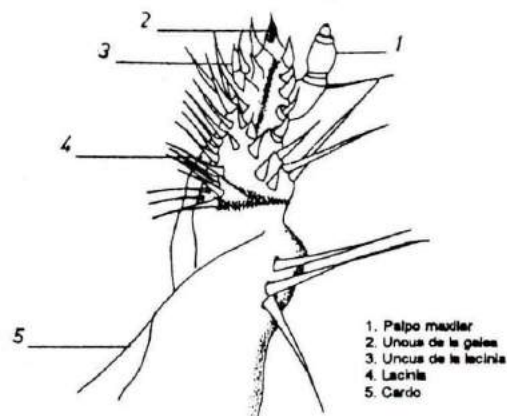


**Figura 5.** *Phyllophaga obsoleta*. Larva de tercer estadio. Vista interna y externa de la mandíbula derecha. Escala en mm



Cada pieza tiene una zona molar y una zona incisiva, que puede tener de 1 a 6 dientes. La superficie dorsal puede ser punteada o rugosa con hileras de sedas largas o cortas. El lado interno de la mandíbula puede o no tener un área llena de pequeñas estrías que hacen las veces de un pequeño raspador, esta es el área estriduladora mandibular-AEM, común en algunos Dynastinae y por ello, un importante caracter que permite la separación de esta subfamilia con las restantes subfamilias de Melolonthidae. En aquellas larvas de gran tamaño, el AEM puede inclusive ser fácilmente percibido a simple vista.

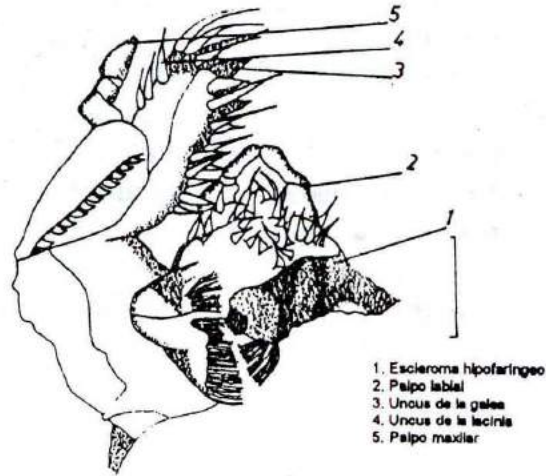
**Maxilas.** Los palpos maxilares están bien desarrollados, la galea y la lacinia están fusionadas (Figura 6).



**Figura 6.** *Phyllophaga obsoleta*. Larva de tercer estadio. Vista anterior de la maxila derecha. Escala en mm

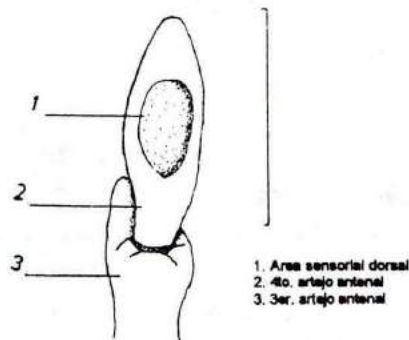
La *lacinia* presenta un diente y la *galea* dos. Si el *uncus* posee prominencias o varía en el tamaño, es un importante caracter que contribuye al diagnóstico. Los *unci* son igualmente valiosos cuando varían en número. Además de las anteriores estructuras, la maxila muestra en el borde longitudinal una hilera de dientecillos recurvados que varían en forma y número, estos conforman el Area Estriduladora de la Maxila-AEMA y constituyen un valioso caracter que facilita el diagnóstico a nivel específico.

**Labio hipofaringe.** Tiene palpos de tres artejos, acompañados de grupos de sedas largas y finas y cortas y gruesas en su zona inferior. Es común que la hipofaringe presente un “escleroma hipofaríngeo” (figura 7), cuyas concavidades, proyecciones y extensión superficial refleja las preferencias alimenticias de la mayoría de las especies.



**Figura 7.** *Phyllophaga obsoleta*. Larva de tercer estadio. Vista anterior de la hipofaringe con escleroma. Escala en mm

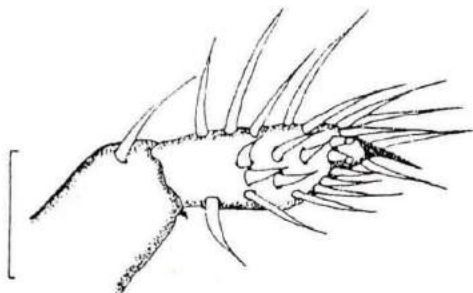
**Antenas.** Formadas por cuatro artejos (Figura 8). El último artejo antenal o distal muestra una o varias manchas ovaladas sensoriales en posición ventral, variables en número y proporciones en los diferentes grupos y una gran mancha ovalada en posición dorsal.



**Figura 8.** *Phyllophaga* sp. Larva de tercer estadio. Dorso del ápice antenal. Escala en mm



**Tórax.** El protórax tiene un par de estigmas respiratorios laterales y un par de áreas esclerosadas amarillentas y extensas en posición dorsolateral. El meso- y el metatórax no poseen estigmas respiratorios. Cada segmento torácico posee un par de patas esclerosadas, largas, formadas por cuatro segmentos cilíndricos con o sin sedas. El tarsúngulo (Figura 9), denominado por algunos autores como uña (Morón 1986), es delgado, afilado, largo, recurvado o angulado y muestra una seda basal interna y otra externa.



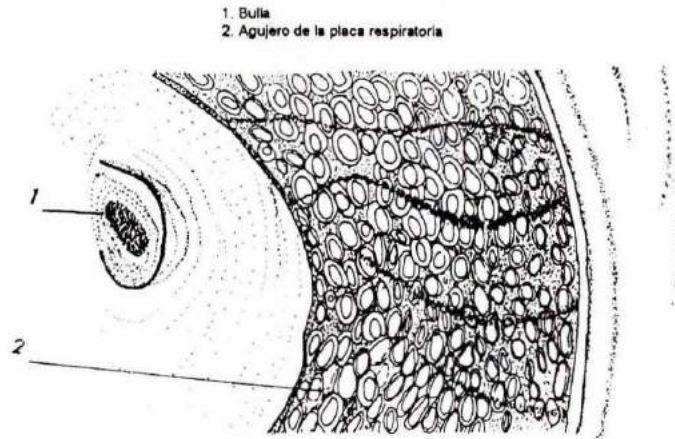
**Figura 9.** *Phyllophaga* sp. Larva de tercer estadio. Vista lateral del tarsúngulo anterior derecho. Escala en mm

**Abdomen.** Está formado por diez segmentos, de morfología compleja. Los ocho primeros tienen estigmas respiratorios tan característicos que se usan para el acercamiento taxonómico. Un estigma respiratorio típico de Melolonthidae es del tipo criboso (Figura 10), es decir que no tiene una abertura definida (a diferencia de este, un espiráculo está lleno de sensores químicos intercomunicados, usados especialmente para olfatear, estos son comunes en tiburones). El ingreso de aire se hace a través de la placa respiratoria, la cual está llena de pequeños orificios que sirven de filtro, vistas a grandes aumentos tiene formas, tamaños y cantidades diferentes que pueden dar evidencias para el reconocimiento de las especies, por esta razón son de gran valor taxonómico.

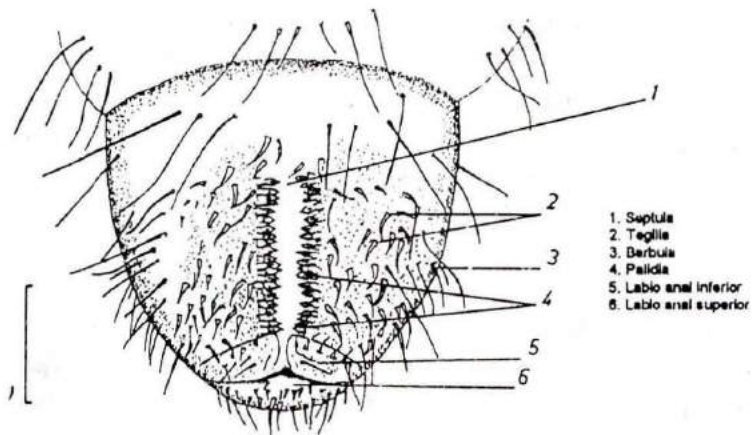
La estructura interna que delimita la placa respiratoria se conoce como la *bulla*, puede ser más ancha que larga o más larga que ancha, su forma puede ser aguzada, doblada o recurvada hacia adelante o hacia atrás, levantada, emarginada, apicada etc.; es una importante estructura de valor taxonómico.

El noveno segmento no tiene estructuras notables, el décimo es normalmente más grande y posee una abertura anal caracterizada por el *labio anal inferior*-LAI, y el *labio anal superior*-LAS, en algunas larvas, el LAI muestra una hendidura bastante abierta. En la región ventral

la quetotaxia es un poco más compleja que en los restantes segmentos abdominales debido a la presencia de numerosas sedas especializadas como las *barbula*, los *tegilla* y en especial los *palidia*, los cuales delimitan la *septula*, una zona larga y a veces amplia que bordea el *venter*. La definición y configuración de los *palidia* y la *septula* son las claves más usadas en taxonomía. Los Dynastinae generalmente no tienen *palidia*. Este conjunto de estructuras de la región ventral del último segmento abdominal es lo que se conoce como el *raster* (Figura 1) y es invaluable para la aproximación taxonómica.



**Figura 10.** *Phyllophaga brevidens*. Larva de tercer estadio. Detalle de la placa respiratoria x160 (adaptado de Morón, 1986)



**Figura 11.** *Phyllophaga* sp. Larva de tercer estadio. Vista ventral del último segmento abdominal. Escala en mm



## MORFOLOGÍA DE LA PUPA

**Prepupa.** La existencia de un instar o estadío entre el último estadío larval y el estado pupal no ha sido reconocida, pero existe una forma de desarrollo adicional en la metamorfosis de los insectos holometábolos como los escarabajos. Cuando la larva ha madurado, deja de alimentarse, vacía todo su contenido intestinal y empieza a volverse inactiva. El cuerpo se torna pálido y la cutícula se arruga un poco. Los apéndices empiezan a evertirse de su saco y empieza a formarse por primera vez la cutícula pupal mientras la vieja cutícula larval se desprende. Empiezan a suceder impresionantes cambios internos. En este estado, la larva construye una especie de cámara con tierra de su alrededor, que ella misma sella fuertemente con secreciones salivares y los productos de su tracto intestinal. Esta especie de cámara tiene como función la de proteger a la futura pupa de condiciones extremas de temperatura y humedad, de posibles depredadores y de patógenos. La prepupa responde tigmotácticamente, pero no se alimenta.

**Pupa.** Durante la transformación de la prepupa en pupa el insecto está inactivo y completamente indefenso. Las pupas han sido muy poco estudiadas y erróneamente se ha tenido la creencia de que son muy parecidas entre sí y por ende muestran muy pocas características, cuando en realidad permiten más rápidamente el acercamiento a nivel genérico que las larvas.

Las pupas se clasifican en exaratas si tienen los apéndices libremente expuestos (corresponde a esta categoría las pupas de las especies de Melolonthidae), en las pupas adécticas, los apéndices se pueden mover sobre la superficie del cuerpo, pero no están completamente libres y en las pupas décticas los apéndices están pegados a la superficie del cuerpo, lo que impide su libre movimiento. La pupa es el estado de desarrollo más parecido al estado adulto, excepto por que los élitros y las alas están plegados sobre la región latero ventral del cuerpo protegidas dentro de una estructura denominada *pteroteca*. Son comunes los colores amarillo, naranja y a veces tonos rojizos. En los apéndices bucales y antenales se observan muchos detalles de gran valor taxonómico. En el abdomen constituido por nueve segmentos, se encuentran siete pares de estigmas respiratorios aunque en algunas especies se presentan seis pares. En ocasiones, los estigmas respiratorios parecen tubérculos prominentes, especialmente en los segmentos dos al cuatro, mientras que los estigmas de los segmentos cinco a ocho son poco prominentes y están atrofiados, presentando el atrio ocluido, ausencia de peritrema y de pigmentación (Morón, 1986).

En la mayoría de los grupos, se desarrollan unas estructuras en forma de “diadema” sobre la región dorsal del abdomen; muchos investigadores las han denominado como “gin traps”; u “órganos dioneiformes”, la función de estas estructuras es aún desconocida y el número de estas varía entre 1 a 6 pares dependiendo de las especies.

El sexo de las pupas puede ser determinado fácilmente por algunos caracteres externos. Las diferencias sexuales se hacen más aparentes en la porción ventral del décimo segmento

abdominal en el cual se nota una especie de papila o “ámpula genital”, más pronunciada en las pupas macho que en las pupas hembra. En muchas especies los sexos pueden diferenciarse además por la maza antenal cuya región distal es más amplia en los machos que en las hembras y puede ser visible a través del integumento pupal.

Entre los Melolonthidae los “Urogomphi” pupales (proyecciones terminales no articuladas del abdomen), solo se han observado en algunos géneros de Melolonthini, mientras que las pupas de Dynastinae, Rutelinae, Cetoniinae y Trichinae carecen de tales estructuras (Morón 1986).

## COMENTARIOS

Considerando la impresionante variedad de zonas geográficas presentes en Colombia, así como los escasos datos relacionados con la distribución de las especies del “complejo chisa” aún no es posible establecer las preferencias ecológicas de éstas. No se tienen registros exactos de las regiones Sur Oriental y Sur Occidental, así como del Chocó Biogeográfico, Llanos Orientales y la Amazonía. Si se hicieran colectas confiables y representativas en estas latitudes del país, las cuales superan varias veces el territorio registrado, podría finalmente armarse una colección de referencia nacional la cual seguramente arrojaría resultados que permitirían la verificación de la existencia de una gran cantidad de especies y probablemente géneros nuevos para la ciencia. Hay que tener presente que en estos insectos, el valor ecológico es muy diferente tanto para los adultos como para las larvas, ya que éstas realizan otro tipo de actividades, además por que son éstos estados de desarrollo los que necesitan más especialistas. Siendo así, los análisis estadísticos servirían para establecer modelos predictivos que permitirían tomar decisiones en la planeación de estudios de diversidad, conservación y manejo de alternativas confiables para el establecimiento de cultivos.

Se necesitan más personas dedicadas al estudio de las ciencias básicas que puedan dar fé de la urgente necesidad de conservar nuestro máspreciado valor: el bosque tropical, allí finalmente, está la respuesta a todos nuestros interrogantes



## REFERENCIAS

- ARNETT, R. 1973. The beetles of the United States. A manual for identification. Hansing, Mich.: The American Entomological Institute. p. 395-433.
- ARROW, G. J. 1944. Systematic notes on melolonthine beetles belonging to *Holotrichia* and related genera. *En: Ann. Mag. Nat. Hist. Ser II, 9;* p. 631-648.
- BATES, H. W. 1888-89. *Biologia Centrali-Americana. Insecta: Coleoptera. S.l.: S.e., Vol. 2. Parte 2.* p. 161-416.
- BLACKWELDER, R. E. 1944. Checklist of the Coleopterous Insects of México, Central America the West Indies, and South America. 7ed. Washington D.C, Wash.: Smithsonian Institution, United States National Museum. Bulletin No.185. p. 1492.
- BÖVING, A. G. 1942. A classification of larvae and adults of the genus *Phyllophaga* (Coleoptera:Scarabaeidae). *En: Memories Entomological Society, Washington D.C. Wash.: 2, p. 96.*
- BRITON, E. B. 1970. Coleoptera. *En: Insects of Australia. Melbourne: University Press, 1970. p. 495-621.*
- BURMEISTER, H. C. 1842. *Handbuch der Entomologie (Coleoptera, Lamellicornia, Melithophila). S.l.: S.e. Vol. 3. p. 826*
- COMSTOCK, J. H. 1950. *An Introduction to Entomology. S.e. Comstock Publisching Co., Inc., Ithaca: N. Y. p. 1064.*
- CROWSON, R. A. 1954. *The Natural Classification of Families of Coleoptera. S.e. England, E. W. Glassey Ltd. p. 214.*
- ENDRÖDI, S. 1966. *Monographie der Dynastinae (Coleoptera: Lamellicornia) I Teil-Ent. Abh. Mus. Tierk. Dresden. 33: p. 457.*
- ENDRÖDI, S. 1985. *The Dynastinae of the World. S.e. Dordrecht: W. Junk Publ. p. 800.*
- ERICHSON, W. F. 1847-48. *Naturgeschichte der Insecten Deutschlands, Coleoptera. S.e. Berlin: Ist. Abtheilung. Vol. 3. Nicolaischen Buchhandung. p. 968.*
- HAYES, W. P. 1929. *Morphology, Taxonomy and Biology of larval Scarabaeoidea. En: Biol. Monog.12 Vol. 2. p. 1-119.*
- HARRIS, T. W. 1827. *Minutes towards a history of some American species of Melolonthinae particularly injurious to vegetation. Mass. En: Agronomical Journal. 10, Vol 1. p. 1-12.*
- HERNANDEZ, A. y RODRIGUEZ, R. 1992. *Evaluación del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, en el control de chisas (Coleoptera: Scarabaeidae). Medellín. p. 58: il. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia-Sede de Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.*
- HOPE, F. W. 1837. *The Coleopterists manual. Lamellicorn insects of Linneus and Fabricius. Part I. S.e. London: H.G. Bohn. p. 121.*

- HORN, G. H. 1878. Revision of the species of *Listrochelus* of the United States. *En: Trans. Amer. Entomol. Soc.* 7. p. 137-148.
- HORN, G. 1885. Descriptions of new North American Scarabaeidae. *En: Trans. Amer. Entomol. Soc.* 12. p. 117-128.
- HORN, G. H. 1887. Revision of the species of *Lachnosterna* of American north of Mexico. *En: Trans. Amer. Entomol. Soc.* 14. p. 209-296.
- HORN, G. H. 1894. The Coleoptera of Baja California. *En: Proc. Calif. Acad. Sci. Serie 2, Vol. 4.* p. 302-449.
- JANSSENS, A. 1947. Contribution ö l'étude des Coléoptères Lamellicornes de la faune Belge. I. Table de détermination generique des larves. *En: Bull. Mus. Royal d' Hist. Belg., 23 Vol. 6.* p. 1-16.
- JANSSENS, A. 1949. Contribution ö l'étude des Coléoptères Lamellicornes XII. Table sinoptique et essai de classification praqtique des Coléoptères Scarabaeidae. *En: Bulletin Institute Royal des Sciences Naturelles de Belgique.* 25, Vol. 15. p. 1-30.
- JIMENEZ, O. D. y LOBATON, V. 1973. El Cucarrón Negro de las Gramíneas. *En: ICA Informa, Colombia,* 3 No. 5. p. 13-16.
- KELLER, S. 1984. Das andere Gesicht des Maikäfers. *En: Tages Anzeiger Magazin.* Vol. 19. p. 27-34.
- LACORDAIRE, J. T. 1856. Histoire Naturelle des insectes. Genera des Coléoptères. Paris: Librairie Encyclopedique de Roret, Vol. 3. p. 594.
- LE CONTE, J. L. 1854. Description of some new Coleoptera from Texas, chiefly collected by the Mexican Boundary Comission. *En: Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* 6. p. 439-448.
- LENG, W. C. 1920. Catalogue of the Coleoptera of America, North of México. Mount Vernon, N. Y.: John. D. Sherman Jr. p. 470.
- LUGINBILL, P. y H. R. PAINTER. 1953. May beetles of the United States and Canada. *En: U.S. Dept. Agr. Tech. Bull.* 1060. p.102.
- LONDOÑO, M. E. 1993. Posibilidades de Control Biológico en el Manejo de la Chisa (Col: Scarabaeidae), para el Departamento de Antioquia. *En: Miscelánea, SOCOLEN, No. 28, (Julio);* p. 85-100.
- LONDOÑO, M. E. y PEREZ, M. 1994. Reconocimiento de los Enemigos Naturales de la Chisa o Mojojoy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Oriente Antioqueño. *En: Revista Colombiana de Entomología.* Vol. 20 No. 3. (Julio-Septiembre); p. 199-206.
- MONTOYA, G. y MADRIGAL, A. 1994. Evaluación de trampas de luz para el control de adultos de Scarabaeidae en cultivos de papa en La Unión (Antioquia). *En: Revista Colombiana de Entomología.* Vol. 20: No. 2. (Abril-Junio). p. 130-136.
- MORON, M. A. 1984. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Publ.14. México D.F. Méx.: Instituto de Ecología. p. 130.



- MORON, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). México D. F. Méx.: Instituto de Ecología, publicación 19. p. 341. Tesis (Ph. D.) Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- MORON, M. A. 1991. The beetles of the world. Part 10. Rutelini I-Sciences. Paris: Nat, Compiègne, France. p. 145.
- MORON, M. A. 1991. Los escarabajos fitófagos, un ejemplo de la riqueza biótica de Mesoamérica (Coleoptera: Scarabaeoidea). *En: Giornale Italiano di Entomologia*, Vol. 5. p. 209-218
- MORON, M. A. 1995. La diversidad de Coleópteros Scarabaeoidea o Lamellicornia en Colombia y su repercusión en el complejo de plagas subterráneas. *En: II Reunión Latinoamericana de Scarabaeoidología. Memorias: II Reunión Latinoamericana de Scarabaeoidología. Santafé de Bogotá, Dic 6-10 de 1995. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.*
- MORON, M. A.; RATCLIFFE, B. C. y DELOYA, C. 1997. Atlas de los Escarabajos de México (Coleoptera: Lamellicornia). Vol. I. Familia Melolonthidae. México D. F., Méx.: Comisión Nacional para el Desarrollo del Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. p. 280.
- MORON, M. A., F. VALLEJO y H. RESTREPO. 1998. El género *Phyllophaga* Harris (Coleoptera: Melolonthidae) en Colombia. Un análisis preliminar de su diversidad y distribución. *En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. M. A. Morón y A. Aragón (Eds.). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México, pp. 29-36.*
- NANCLARES, O., RAMIREZ, E. 1992. Reconocimiento de Chisas (Coleoptera: Scarabaeidae) en cuatro municipios del Oriente Antioqueño. Medellín. p. 89. il. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia-Sede de Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- OTOYA, F. J. 1945. Anotaciones sobre el Género *Ancognatha* y descripción de una nueva especie (Scarabaeidae). *En: Caldasia*, Colombia. Vol. 3 No.13. p. 272-292.
- PARDO, L., FRANCO, P. y ALARCON, A. 1993. Contribución al conocimiento de las "chisas" (Coleoptera-Scarabaeoidea) de San Antonio-Cauca, Colombia. *En: Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Xalapa, Veracruz.: Instituto de Ecología. p. 91-104.*
- PARDO, L. C. 1994. Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. *En: XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología-SOCOLEN. 1994: Medellín. Memorias del XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología-SOCOLEN. Medellín. p. 159-173.*
- PAULIAN, R. 1956. Atlas des larves d'insectes de France. Paris: Illus. Editions. N. Boubée et Cie. p. 222.
- PERRIS, E. 1877. Larves des Coléoptères: Lamellicornes et Pectinicornes. *En: Ann. Soc. Linn. de Lyon. Vol. 22. p. 91-122.*
- PETERSON, A. 1951. Larvae of Insects, Part II. Michigan: Edward Bros., Inc., Ann. Arbor;. p. 416.
- RESTREPO, H.; F. VALLEJO; M. A. MORON, A. LOPEZ y L.C. PARDO. 1998. Catálogo de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae Pleurosticti) en Colombia. *En: Deloya, C. (Ed.) Coleoptera Lamellicornia y Pectinicornia en América. Publicación especial Instituto de Ecología, Xalapa-México.*

- RITCHER, P. O. 1938. A field Key to Kentucky white grubs. *En: Journal of Kansas Entomology Society*. Vol. 11. p. 24-27.
- RITCHER, P. O. 1939. Observation on white grubs pupation. *En: Journal of Kansas Entomology Society*. Vol.12. p. 64-69.
- RITCHER, P. O. 1949. Larvae of Melolonthinae with keys to tribes, genera and species (Coleoptera: Scarabaeidae). *En: Ky. Agr. Exp. Sta. Bull.* Vol 537. p. 36.
- RITCHER, P. O. 1958. Biology of Scarabaeidae. *En: Annual Review of Entomology*. Vol. 3; p. 311-334.
- RITCHER, R. O. 1966. White grubs and their allies. Corvallis, Oregon: Oregon State University Press; p. 219.
- RUIZ, B. N. y POSADA, F. 1985. Aspectos biológicos de las chizas en la sabana de Bogotá. *En: Revista Colombiana de Entomología*. Vol. 11 No.1. p. 21-26.
- RUIZ, N. y PUMALPA, N. 1989. Conozca las chizas y su control. *En: Plegable de divulgación ICA* No. 217. Bogotá. p. 6.
- SANDERSON, M. W. 1958. Faunal affinities of Arizona *Phyllophaga*, with notes and descriptions of new species. *En: Journal of Kansas Entomology Society*. Vol. 31. p. 158-173.
- SANDERSON, M. W. 1965. *Phyllophaga sayloria*, n. sp. from Nuevo León, México (Coleoptera: Scarabaeidae). *En: Proc. Calif. Acad. Sci.* Vol. 31. p. 559-562.
- SAYLOR, L. W. 1938. New neotropical melolonthid scarab (Coleoptera). *En: Rev. Entomol. Rio de Janeiro*. Vol. 8. p. 340-348.
- SAYLOR, L. W. 1938. Seven new neotropical scarab beetles. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 51. p. 185-190.
- SAYLOR, L. W. 1939. Revision of the beetles of the melolonthine subgenus *Phytalus* of the United States. *En: Proc. U. S. Nat. Mus.* Vol. 86. No. 3048. p. 157-167.
- SAYLOR, L. W. 1940. Revision of the scarabeid beetles of the *Phyllophaga* subgenus *Listrochelus* of the U. S. with discussion of related subgenera. *En: Proc. U. S. Nat. Mus.* Vol. 89. No. 3095. p. 59-130.
- SAYLOR, L. W. 1940. Ten new neotropical beetles of the genus *Phyllophaga*. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 53. p. 109-117.
- SAYLOR, L. W. 1940. Ten new West Indian scarab beetles of the genus *Phyllophaga* with two new names. *En: J. Wash. Acad. Sci.* Vol. 30. p. 305-314.
- SAYLOR, L. W. 1941. Description of new beetles of the genus *Phyllophaga* from neotropical regions. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 54. p. 25-30.
- SAYLOR, L. W. 1941. A new Mexican scarab beetle. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 54. p. 67-68.
- SAYLOR, L. W. 1941. Five new Guatemalan scarab beetles of the genus *Phyllophaga*. *En: J. Wash. Acad. Sci.* Vol.31. p. 384-388.



- SAYLOR, L. W. 1941. Six new Costa Rican scarab beetles of the genus *Phyllophaga*. *En: Review Entomology of Rio de Janeiro*. Vol.12. p. 534-541.
- SAYLOR, L. W. 1942. Notes on beetles related to *Phyllophaga* Harris with description of new genera and subgenera. *En: Proc. U. S. Nat. mus.* Vol. 92. No. 3145. p. 157-165.
- SAYLOR, L. W. 1943. Eight new Mexican scarab beetles collected by the Hoogstral Expeditions. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 56. p. 21-28.
- SAYLOR, L. W. 1943. Revision of the Rorulenta Group of the scarab beetle genus *Phyllophaga*. *En: Proc. Biol. Soc. Wash.* Vol. 56. p. 129-142.
- SAYLOR, L. W. 1943. Six new lamellicorn Coleoptera of Mexico. *En: Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* Vol. 4. p. 25-31.
- SAYLOR, L. W. 1943. Sixteen new Mexican scarab beetles of genus *Phyllophaga*. *En: Review Entomology of Rio de Janeiro*. Vol. 14. p. 262-281.
- SAYLOR, L. W. 1943. Synoptic Revision of the testaceipennis group of the beetle genus *Phyllophaga*. *En: J. Wash. Acad. Sci.* Vol. 33. p. 106-10.
- VALLEJO, F. 1995. Las chisas en el Oriente Antioqueño, perspectivas biológicas para el establecimiento de un programa de control. *En: II Simposio Nacional del Crisantemo, Plagas y Enfermedades. Memorias del II Simposio Nacional del Crisantemo. Rionegro-Antioquia, Octubre 12-13.* p.69-76.
- VALLEJO, F. 1997. Contribución al conocimiento de las plagas subterráneas-chisas (Coleoptera: Melolonthidae) del Oriente de Antioquia, Colombia. Medellín, 1997. p. 235. il. Tesis (Magister en entomología). Universidad Nacional de Colombia-Sede de Medellín. Facultad de Ciencias.
- VALLEJO, F.; M. A. MORON & S. ORDUZ. 1998. First Report and description of immature stages of *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard) (Col: Melolonthidae) In Colombia. IN: The Coleopterists' Bulletin. Washington D.C. Vol. 52 (2): 109-117
- VALLEJO, F.; S. ORDUZ y A. MADRIGAL. 2000. Observaciones sobre la biología de *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard) (Coleoptera: Melolonthidae) en el Oriente de Antioquia-Colombia. *En: Acta Zoológica Mexicana*. Instituto de Ecología, Xalapa-México (en prensa)





# MORFOLOGÍA DE *Bacillus popilliae* DUTKY NATIVO PROVENIENTE DE CHISAS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO<sup>1</sup>

Juan Humberto Guarín Molina<sup>2</sup>

## RESUMEN

En el Oriente Antioqueño, las chisas se manifiestan como un complejo de 150 especies aproximadamente que afectan plantas cultivadas o silvestres. Se evidencia así mismo, la existencia de complejos de organismos que actúan como reguladores de poblaciones de chisas. Tal es el caso de las bacterias entomopatógenas de las cuales se reporta como el agente causal de la enfermedad lechosa y ha sido aislada de larvas de siete de los géneros del complejo Mediante la técnica de microscopía de barrido electrónico, se analizó la morfología de *B. popilliae* contenida en la hemolinfa de larvas de tercer instar de tres especies de Coleoptera (Melolonthidae): *Phyllophaga obsoleta* Blanchard, *Isonychus* sp. y *Symmela* sp. Los aislamientos bacteriales analizados presentan diferencias morfológicas y de tamaño tanto en las células vegetativas como reproductivas, lo que permite confirmar los reportes hechos a escala mundial sobre la especificidad una vez se manifieste la patogenicidad en los diferentes aislamientos. Así mismo, solo la hemolinfa de larvas de *Ph. obsoleta*, contenía tanto *Bacillus popilliae* como *Bacillus lentimorbus*. Estos elementos pueden ser utilizados como herramienta para el manejo integrado de estos insectos en el Oriente Antioqueño.

## ABSTRACT

In the Oriente Antioqueño there are 150 species approximately of white grubs like a complex. They produce some damage at the cultivate and native plants. It is clear there are too different groups of organisms that make control over white grubs populations. In this case, there are entomopathogenic bacteria like *Bacillus popilliae*; This is reported as causal agent of milked disease, isolated of the larvas of seven genus of the white grubs complex. With the help of electronic microscope it was possible to analyze the morphology of *B. popilliae* contained in the hemolinphe from infested larvas of three<sup>st</sup> instar over three species of Coleoptera (Melolonthidae): *Phyllophaga obsoleta* Blanchard, *Isonychus* sp. and *Symmela* sp. The bacterial isolated have morphologic and size differences as in the reproductive like in vegetative cells; those results are according to the world reports about specific and pathogenic action of the different isolations. Only the hemolinphe of larvas of *Ph. obsoleta* had *B. popilliae* and *B. lentimorbus*. These results can be used to integrated management pest of white grubs at the Oriente Antioqueño.

<sup>1</sup> Preparado con la colaboración de la Bacterióloga Margarita Monsalve - Colegio Mayor de Antioquia.

<sup>2</sup> M.Sc. Investigador Cooperante - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. A.A. 100, Rionegro - Antioquia - Colombia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace poco tiempo, en Colombia se tenía la idea de que la mayoría de las infestaciones registradas por chisas en los diferentes cultivos eran causadas por especies de los géneros *Ancognatha* y *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae).

En las últimas décadas se han adelantado algunos trabajos que apuntan a realizar un reconocimiento más detallado de este grupo de insectos. Los sucesivos resultados han permitido detectar de que se trataba de un complejo integrado por más de 30 especies (Londoño, 1992); para el caso del Oriente Antioqueño, Vallejo (1997), reporta aproximadamente 150 especies. Los trabajos de Pardo (1997), realizados en el Chocó Biogeográfico, fundamentalmente con adultos, han avanzado en el conocimiento de esta entomofauna. En la última década del pasado milenio, diferentes investigadores colombianos han realizado esfuerzos importantes que han profundizado en el conocimiento taxonómico de los complejos que conforman estas especies, así como en la búsqueda de factores de regulación de sus poblaciones. Para el último caso, se destacan los trabajos con entomopatógenos, tales como hongos, bacterias y nemátodos. En el caso de los hongos existen reportes técnicos de aislamientos de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Beauveria brogniartii* (Londoño, 1992; 1995; 1994) a partir de larvas y adultos de escarabajos. Con respecto a las bacterias ha sido detectada *Bacillus popilliae* Dutky agente causal de la enfermedad lechosa en larvas; con este microorganismo se han adelantado varios trabajos tanto de laboratorio como de invernadero y campo (Londoño y Pérez, 1992; Guarín, 1996, 1997)

Uno de los inconvenientes presentados con *B. popilliae* tanto en el Centro de Investigaciones "La Selva" de Corpoica como a escala mundial ha sido la imposibilidad de multiplicarlo industrialmente vía fermentación. De acuerdo con los trabajos realizados por Guarín en 1997, la multiplicación y masificación en campo de esta bacteria está sujeta a la manifestación de epizootias y/o al desarrollo de estrategias, que permitan diseminarla en las diferentes localidades donde se presente. En reconocimientos de larvas enfermas provenientes de campo, se detectó la presencia de *B. popilliae* no solo en el Oriente Antioqueño (Londoño, 1992, Guarín, 1996) sino también en la sabana de Bogotá (Maldonado *et al*, 1990) y en Cajamarca (Tolima) (Rodríguez, 1996). Con respecto a los diagnósticos anteriores, es necesario precisar si se trata del agente causal de la enfermedad lechosa desarrollada a partir de formas nativas o se trata del aumento en campo del microorganismo introducido y aplicado fundamentalmente en cultivos de flores a partir del material infectado proveniente de larvas del escarabajo japonés *Popillia japonica* (Newman).

Con referencia a las posibilidades planteadas en el párrafo anterior es conveniente considerar el trabajo adelantado por Guarín (1997). En dicha investigación se hizo un inventario de chisas con padecimiento de enfermedad lechosa del complejo presente en el Oriente Antioqueño,. Los resultados permitieron recomendar la realización de trabajos



con bacterias entomopatógenas aplicables a condiciones de pequeños productores que conduzcan a la utilización de esos microorganismos en la regulación de poblaciones de chisas.

Durante la realización del trabajo de reconocimiento del efecto de *B. popilliae* sobre *Phyllophaga obsoleta* (Guarín, 1996, 1997), la chisa que predomina dentro del complejo del Oriente Antioqueño, se diagnosticó la presencia y efecto de *B. popilliae* sobre la hemolinfa de larvas de diferentes géneros y especies.

Con el propósito de aportar nuevos elementos para el manejo sostenible de las chisas, en el presente trabajo se describen algunas diferencias morfológicas de aislamientos de *B. popilliae* provenientes de solo tres de las especies de chisas existentes en el gran complejo del Oriente Antioqueño. El trabajo experimental consiste en tomar larvas enfermas, sacar la hemolinfa y mediante microscopía electrónica de barrido, precisar la morfología de las estructuras obtenidas correspondientes a *B. popilliae*. El diagnóstico, aislamiento, pruebas de patogenicidad y evaluación de medios de cultivo *in vitro* fueron realizadas por Guarín (1996, 1997). Con los resultados obtenidos se tendría información para aproximarse a un manejo sostenible de poblaciones de chisas sin tener que importar cepas que podrían generar problemas de competencia por desplazamiento de las nativas causantes de las epizootias oportunamente diagnosticadas.

## **2. DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS DE CELULAS DE *B. popilliae* AISLADAS DE CHISAS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO**

A raíz del reconocimiento de entomopatógenos y enemigos naturales de chisas del Oriente Antioqueño efectuado en 1992 (Londoño y Pérez), se determinó que la enfermedad lechosa era causada por un entomopatógeno con gran impacto en los diferentes instares larvales de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae). La enfermedad lechosa es causada por *Bacillus popilliae* y ha sido diagnosticada en larvas de diferentes géneros integrantes del complejo de chisas del Oriente Antioqueño, afectando cultivos comerciales en los que actúan como plagas. Además se reportan como rizófagos y descomponedores de materia orgánica en áreas no comerciales (Guarín, 1996,1997). Para fines prácticos, el proceso de expresión de la enfermedad ha sido descrito en larvas de tercer instar de *P. obsoleta* (Guarín, 1997).

Si se consideran los planteamientos de diferentes autores es de suma importancia la especificidad de la patogenicidad de *B. popilliae*, dado que ésta está restringida a larvas de la misma especie de la que se aisló inicialmente (Tashiro y White, 1954; Klein, 1981) y en casos extremos se amplía hasta larvas del mismo genero (Boucias, 1986; Dunbar y Beard, 1975; Glare *et al*, 1993). Dado que el complejo de chisas del Oriente Antioqueño esta conformado por mas de 150 especies (Vallejo, 1997) y que la bacteria ha sido aislada de larvas de siete géneros distintos (Guarín, 1997), es claro que se cuenta en el medio con

un recurso valioso para ser usado como herramienta en la regulación de poblaciones de estos insectos en cultivos comerciales.

Con el propósito de verificar las diferencias morfológicas de aislamientos *B. popilliae* se tomaron muestras de la hemolinfa proveniente de tres especies de chisas: *Phyllophaga obsoleta* municipio de Marinilla vereda La Esperanza en cultivo de frijol, *Symmela* sp, municipio de Rionegro vereda El Tablazo e *Isonychus* sp municipio de Rionegro vereda Llanogrande.

La evaluación se realizó mediante la ayuda de microscopía electrónica de barrido lo cual permite determinar la morfología, tanto de células vegetativas como de células reproductivas; con lo cual se establecieron índices para relacionar las dimensiones del microorganismo. Estos resultados podrán ser usados en futuras investigaciones en la evaluación de este microorganismo, dado que no se han efectuado trabajos de esta naturaleza en el país.

### 3 MORFOLOGÍA DE LAS CÉLULAS

#### 3.1 *B. popilliae* en larvas de *Symmela* sp.

Bastones de aspecto liso, de sección circular de 2.57  $\mu\text{m}$  de longitud y 0.39  $\mu\text{m}$  de ancho; la relación largo - ancho del bastón es de 7.0 (Figura 1). En la espora totalmente formada, el esporangio es de aspecto rugoso; en éste se hace evidente la posición del cristal parasporal por una leve depresión en el esporangio; al extremo donde está el cristal parasporal tiene una terminación más aguda (Figura 2). Al extremo en el que se aprecia la espora es evidente una estructura con función presumiblemente de aprehensión. Realizadas varias mediciones de distintas esporas, las células reproductivas miden desde 2.79 hasta 3.46  $\mu\text{m}$  desde el extremo del cristal parasporal hasta el apéndice prensil; la longitud de la célula reproductiva, hasta el cuello que deja el órgano prensil va desde 2.55 hasta 3.0  $\mu\text{m}$ . La relación largo ancho de las células reproductivas medido hasta el cuello del órgano prensil va desde 2.68 a 3.41 y de 2.7 a 3.9 considerando la longitud total de la célula.

#### 3.2 *B. popilliae* en larvas de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard

Los bastones individuales miden en promedio 8.88  $\mu\text{m}$  de largo y 1.3  $\mu\text{m}$  de ancho, la relación largo ancho es de 6.8 (Figura 3). Los bastones tienen una longitud de 2.42  $\mu\text{m}$  y 0.81  $\mu\text{m}$  de ancho, la relación largo ancho es de 2.98 para bastones en cadena.

Las células de *B. popilliae* en proceso de esporogénesis mide 2.87  $\mu\text{m}$  de largo y 0.58  $\mu\text{m}$  de ancho, la relación largo - ancho es de 4.9 (Figura 4). La longitud de las esporas



de *B. popilliae* tiene gran variación, desde 3.1 hasta 8.38  $\mu\text{m}$ , variando también la relación largo - ancho desde 2.0 hasta 3.35. Las células de *B. popilliae* difieren marcadamente por la presencia de cristal parasporal, pues le confiere el aspecto de invaginación, cerca a la ubicación del cristal parasporal (Figura 5). Las esporas de *Bacillus* provenientes de *Ph. obsoleta*, no poseen órgano aprehensivo, ni el cuello en posición terminal respecto del cristal parasporal.

### 3.3 *Bacillus popilliae* en larvas de *Isonychus* sp.

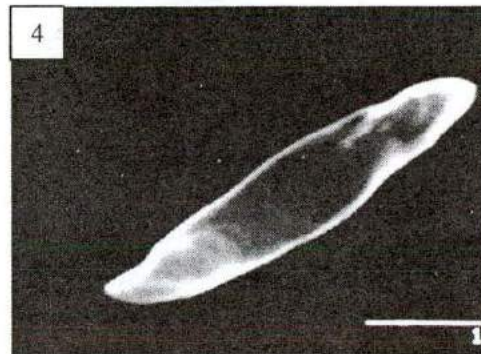
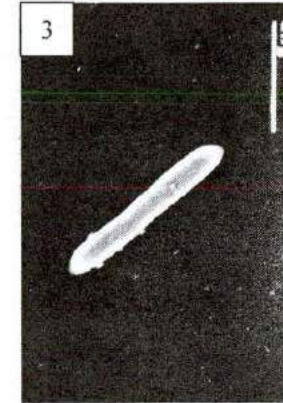
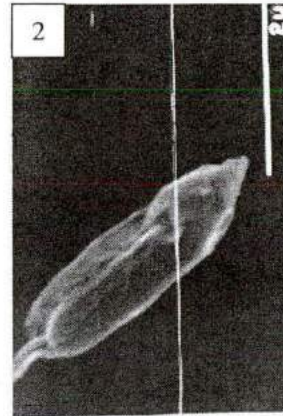
Los bastones de *B. popilliae* obtenidos de *Isonychus* sp. (Figura 6), al igual que los de la hemolinfa de *Symmela* sp, tienen una relación largo - ancho cercano a 7.0, con 2.09  $\mu\text{m}$  de longitud y 0.31  $\mu\text{m}$  de ancho, más pequeñas que las provenientes de *Symmela* sp.

En la célula reproductiva se aprecia, al extremo donde está ubicada la espora, una proyección menos aguda que la del *Bacillus* proveniente de *Symmela*, pero no tiene forma de órgano aprehensivo, aunque si se observa una depresión a modo de cuello, como puede apreciarse en la Figura 7.

Por la morfología de las células, así como por la evidencia de la espora y el cristal parasporal incluidas en el esporangio, se aprecia que corresponden a *B. popilliae*. Así mismo, se observa que la superficie de las células de *B. popilliae* proveniente de *Isonychus* sp. son de aspecto menos rugoso que el de las células provenientes de *Symmela* sp. y a su vez de *Ph. Obsoleta*. La longitud de células reproductivas de *B. popilliae*, provenientes de *Isonychus* sp es bastante variable, desde 3.44 hasta 8.63  $\mu\text{m}$ , y ancho de 0.98 hasta 2.79  $\mu\text{m}$ , con relación largo - ancho desde 2.8 a 3.5 en promedio.

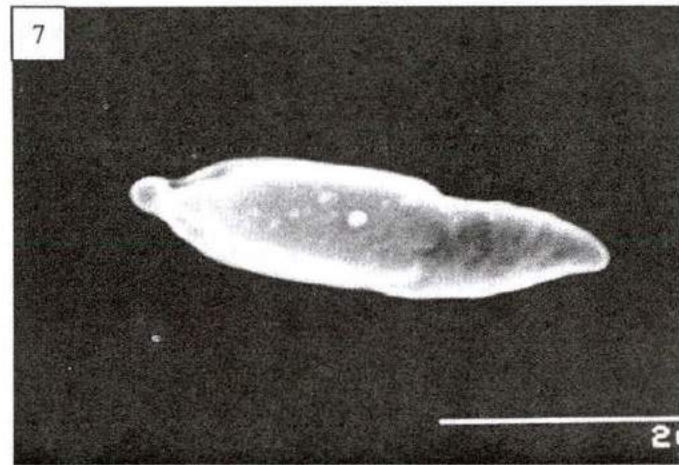
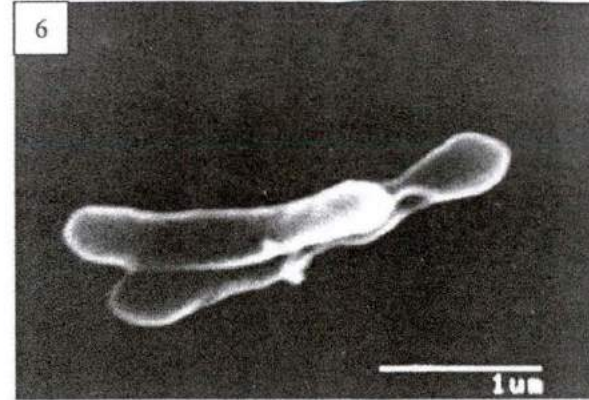
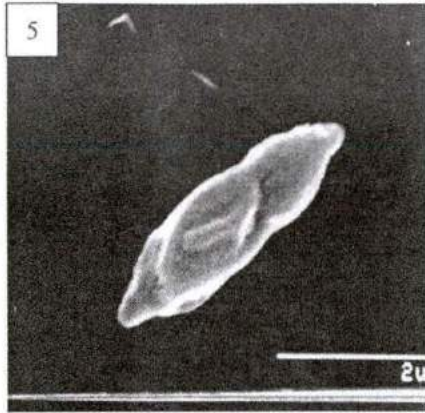
**Tabla 1.** Dimensión de estructuras de *Bacillus popilliae* de tres géneros de chisa.

Género	Dimensión de estructuras ( $\mu\text{m}$ )			
	Bastones		Esporas	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
<i>Isonychus</i> sp.	2.09	0.31	2.44 - 8.63	0.98 - 2.79
<i>Phyllophaga</i> sp.	8.88	1.30	3.10 - 8.38	1.55 - 2.50
<i>Symmela</i> sp.	2.57-	0.39	2.79 - 3.46	0.90 - 1.10



**Figura 1.** Célula vegetativa de *Bacillus popilliae* en hemolinfa de *Symmela* sp. (30.000X). **Figura 2.** Célula reproductiva de *B. popilliae* en hemolinfa de *Symmela* sp. Nótese la espora en la base (izquierda) y el cristal parasporal al extremo distal (30.000X). **Figura 3.** Célula vegetativa de *B. popilliae* en hemolinfa de *Phyllophaga obsoleta* (15.000X). **Figura 4.** Célula reproductiva de *B. popilliae* en proceso de esporogénesis en hemolinfa de *Phyllophaga obsoleta* (30.000X). Técnica de barrido electrónico.





**Figura 5.** Célula reproductiva formada de *B. popilliae* en hemolinfa de *Phyllophaga obsoleta* (20.000X). **Figura 6.** Células vegetativas de *B. popilliae* en hemolinfa de *Isonychus* sp. (30.000X). **Figura 7.** Célula reproductiva formada de *B. popilliae* en hemolinfa de *Isonychus* sp. (20.000X); nótese la espora en posición basal y cristal parasporal en posición distal. Técnica: Microscopía de barrido electrónico.

#### 4. DISCUSIÓN

Las células reproductivas de *Bacillus* spp., agente causal de la enfermedad lechosa en chisas, en el Oriente Antioqueño, difieren morfológicamente en función de la especie de chisa en la que causen la enfermedad. *B. popilliae*. La hemolinfa de *Symmela* sp, se caracteriza por poseer, además de la espora y el cristal parasporal, una proyección localizada al extremo distal de la posición de la espora; esta estructura tendría una función de adhesión al sustrato, aunque su modo de acción al igual que el de *B. popilliae* aún está por definirse (Tanada y Kaya, 1993).

La superficie de las células reproductivas de *B. popilliae* es bastante irregular. Este hallazgo permite confirmar la creencia de que en el Oriente Antioqueño hay un complejo de *Bacillus* estrechamente relacionado con el complejo de chisas de la región. En consecuencia, este es un recurso genético importante susceptible de ser utilizado en el manejo de poblaciones locales de chisas, dejando de lado las limitantes del comercio internacional de formulados con base en *B. popilliae* proveniente de *Popillia japonica* Newman. Además de que dicho formulado presenta ausencias permanentes en el mercado (Redmond y Potter, 1995).

De otro lado, se debe considerar que al existir un complejo de chisas, también es cierto que existe un complejo de organismos que pueden contribuir a la regulación de poblaciones de chisas. La enfermedad lechosa es causada por un conjunto de *Bacillus* en el que sobresalen *B. popilliae*. En los Estados Unidos, desde la tercer década del siglo XX se viene documentando la posibilidad del uso de este microorganismo como regulador de poblaciones de "white grubs" (*Popillia japonica*). En Colombia alrededor de los años 80 (siglo XX), se importó y se aplicó el microorganismo con resultados favorables especialmente en cultivos de flores.

El manejo que tradicionalmente se le ha dado a los insectos plaga y en particular a los insectos del suelo, ha estado soportado en buena proporción en el uso de insecticidas y prácticas de desinfestación con el uso de vapor de agua, que lo hace un proceso costoso y urgido de soluciones alternativas. En cualquier tipo de agroecosistema ya sea para el consumo doméstico o para la exportación, es imperativo ajustarse a la tendencia de una producción en condiciones de menor contaminación, menor cantidad de residuos tóxicos, tanto en el manejo previo al cultivo, durante el cultivo, así como en el manejo y disposición de residuos de cosecha.

Los reconocimientos de microorganismos reguladores de chisas en el país, han marchado lentamente, pero se ha detectado el gran potencial de *B. popilliae*, no tanto por la posibilidad de su comercialización como por su amplia distribución local y variabilidad resultante del complejo de entomopatógenos existentes; Por tal razón, no puede menos que plantearse, que así sea mediante la implementación de estrategias de regulación de



poblaciones de forma artesanal, esta es una opción importante con la que pueden comprometerse los técnicos al menos con pequeños productores sin temores que se pueden disipar. Con la continuidad del trabajo de campo se podrían obviar los temores existentes sobre la efectividad y uso de entomopatógenos en general para el manejo de plagas.

A partir de la década de los 80's, al país han ingresado insumos de origen biológico con *B. popilliae* como ingrediente activo de distintas marcas, formulados a partir de macerados de larvas enfermas del "escarabajo japonés" (*Popillia japonica* Newman). Estos productos han ejercido distinto grado de control sobre las chisas locales, tanto en la Sabana de Bogotá, el Cauca, algunas localidades del Tolima, así como en el Oriente Antioqueño.

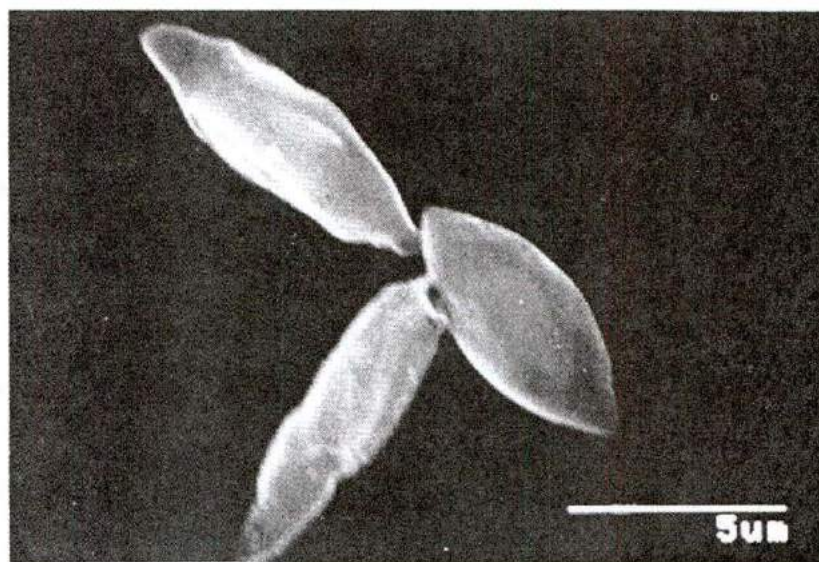
Por la diversidad de chisas de importancia económica, sus hábitos y comportamiento, así como por el amplio rango de hospederos, es grande el vacío existente de trabajos sobre estrategias de manejo, que involucren alternativas como el uso de enemigos naturales y en particular de cepas nativas de la bacteria *Bacillus popilliae*, a pesar de los esfuerzos adelantados en los últimos años.

De acuerdo con las observaciones de campo, donde se detectan chisas, también existe una amplia gama de agentes de control natural. Por ejemplo, en el Oriente Antioqueño se ha identificado la presencia de varias especies de *Bacillus*, destacándose *B. popilliae*, *B. lentimorbus* y *B. sphaericus* (Guarín, 1996), causando la enfermedad lechosa en varios de los géneros integrantes del complejo de chisas, entre los que se destacan, *Leucothyreus* sp, *Anomala* sp, *Ancognatha* sp, *Clavipalpus* sp, *Symmela* sp, *Isonychus* sp y *Phyllophaga obsoleta*. (Coleoptera: Melolonthidae).

En diferentes predios y cultivos de las localidades del Oriente Antioqueño es común encontrar gran cantidad de larvas enfermas de segundo y tercer instar de *Ph. obsoleta*. La frecuencia con la que se encuentran en los diferentes muestreos, permite pensar que se esté presentando el inicio del pico poblacional de la enfermedad que al parecer está asociado con el pico máximo poblacional del insecto plaga predominante. A pesar de esto, se ha encontrado que bajo condiciones del bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB), no hay dependencia de la densidad de larvas sobre la expresión de la enfermedad lechosa (Guarín, 1997).

Para los diferentes géneros de chisas existentes en la localidad, en los que se ha registrado la ocurrencia de la enfermedad lechosa, es evidente la presencia de diferencias tanto morfológicas para la bacteria, como del aspecto que poseen las larvas. Apoyados en los argumentos presentados por Tanada & Kaya, 1993, se plantea entonces la existencia de mecanismos bioquímicos y de distinta índole que se presentan en el campo y que relacionan estrechamente al microorganismo con el insecto susceptible o resistente, situación que es aplicable a *B. popilliae*.

Mediante la ayuda de microscopía de barrido electrónico sobre la misma muestra de hemolinfa proveniente de larvas de tercer instar de *Ph. obsoleta* con enfermedad lechosa, se aprecia la presencia de los microorganismos *B. popilliae* y *B. lentimorbus* (Figura 8). Las células vegetativas de ambos microorganismos no permiten diferenciación entre las dos especies; en tanto que las reproductivas presentan variaciones de tamaño, forma y contenido de estructuras así como el pardeamiento o no de la hemolinfa. Se puede plantear entonces, que la existencia de *B. popilliae* y *B. lentimorbus* en la hemolinfa de una chisa corresponde a dos especies diferentes del mismo género, en concordancia con los registros existentes a escala mundial, donde se plantea que *B. popilliae* es el microorganismo más típico causante de la enfermedad lechosa. Es de destacar que en las muestras analizadas al microscopio la hemolinfa de *Ph. obsoleta* no se pardeó a pesar de contener las dos especies de la bacteria en mención tal como lo relacionan Tanada y Kaya, 1993, quienes le atribuyen esta característica a la presencia de *B. lentimorbus*.



**Figura 8.** Esporas de *Bacillus popilliae* (izquierda), *Bacillus lentimorbus* (derecha) en hemolinfa de larvas de *Phyllophaga obsoleta*.

Para el caso de *B. lentimorbus* la longitud de células reproductivas varía grandemente desde 1.97 hasta 6.45  $\mu\text{m}$  y el ancho desde 1.13 hasta 2.9  $\mu\text{m}$ ; para una relación largo - ancho también estrecha de 2.2 a 1.7 respectivamente. Es claro que la relación largo/ancho no es criterio para separar los dos microorganismos causales de enfermedad lechosa en *Ph. obsoleta*. La morfología de estructuras puede ser un criterio consistente para discutir la diversidad de los organismos causantes de la enfermedad lechosa en el complejo de



chisas del Oriente Antioqueño. Tal es el caso de *B. lentimorbus*, donde la carencia de cristal parasporal la diferencia de las estructuras bacteriales de *B. popilliae* contenidas en la hemolinfa proveniente de *Symmela*. Así mismo, las esporas de *Bacillus* provenientes de *Ph. obsoleta*, no poseen órgano aprehensivo, ni el cuello en posición terminal respecto del cristal parasporal.

#### **4.2 Posibilidades de uso de *B. popilliae* en campo**

Las chisas existen en cantidad abundante, por lo que es factible obtenerlas en el campo o en invernadero. En esa medida la probabilidad de hallar larvas enfermas o atacadas por diferentes agentes de control, también es mayor. Por lo tanto, una metodología sencilla y efectiva es aplicar directamente al campo larvas enfermas maceradas y reservar otras almacenadas por menos de 30 días para posteriores aplicaciones (Guarín, 1997)

Para el caso de que de desee aplicar en campo larvas con enfermedad lechosa, es importante describir el gran potencial de este método para la producción *in vivo* de *B. popilliae*, dado que una larva de *Ph. obsoleta* de tercer instar, en fase III de la enfermedad lechosa, contiene alrededor de  $5.37 \times 10^{10}$  esporas/ml (Guarín, 1997).

El uso de *B. popilliae* como herramienta es una alternativa que no puede ser desechada para mejorar las condiciones de regulación de chisas por los productores del Oriente Antioqueño, quienes con frecuencia recurren a los técnicos para la asesoría de alternativas limpias en el control de chisas o morrongos y en general para el manejo de sus explotaciones. Ellos mismos son conscientes que deben producir sin contaminar fuentes de agua, suelos y los alimentos a producir. Se observa que cada vez gana mayor terreno, la necesidad de producir los cultivos con la menor cantidad de insecticidas de síntesis y que a la vez el producto contenga cero residuos de agroquímicos. Esta es una necesidad sentida tanto por productores como por consumidores; pero son pocos los que se atreven a hacerlo, la aversión al riesgo en el manejo de problemas fitosanitarios genera temores que son difíciles de remover.

Sin embargo, las características del mercado y las exigencias de los consumidores, hacen imperativo el manejo de alternativas diferentes al uso exclusivo de insecticidas para el manejo de los cultivos afectados por chisas en diferentes regiones.

#### **4.2 Diseminación de la enfermedad lechosa**

En condiciones de campo hay varias formas de diseminación de la enfermedad lechosa. En el caso de los depredadores, su dinámica poblacional no sigue el mismo patrón de comportamiento de las poblaciones de chisa; es por eso que cuando se hace la preparación de terrenos o camas para futuras siembras se aprecia una gran cantidad de aves como

"garrapateros", "caravanas" y aves de corral, consumen ávidamente las larvas de coleópteros que quedan expuestas. Las aves tienen gran capacidad de desplazamiento (algunas son migratorias), por lo que permanentemente están diseminando la fuente de inoculo de la enfermedad lechosa a más de 120 kilómetros del lugar inicial de alimentación, garantizando la diseminación y la dispersión y a su vez la inocuidad a formas de vida diferentes a los insectos y en particular a animales de sangre caliente. Se ha encontrado que *B. popilliae* pasa intacta a través del tracto digestivo de aves, roedores y otros insectos distantes filogenéticamente, como lo observaron White y Dutky en 1940.

## 5 CONCLUSIONES

1. Al existir en el país un complejo de chisas, también es cierto que existe un complejo de organismos que pueden contribuir a la regulación de sus poblaciones entre los que se encuentran *B. popilliae* y *B. lentimorbus*.
2. La microscopía de barrido electrónico es una herramienta que ha permitido confirmar que la enfermedad lechosa de las chisas que atacan diferentes cultivos en el Oriente Antioqueño a pesar de ser causada por la misma especie de *Bacillus*, las células presentan diferencias morfológicas que permiten inferir la especificidad en su patogenicidad, discutida ampliamente en trabajos anteriores en el ámbito mundial.
3. Los reconocimientos del complejo de microorganismos reguladores de chisa en el país han sido lentos. Pero se ha detectado el gran potencial de *B. popilliae* no tanto por la posibilidad de comercialización, sino por lo diseminado, variable y eficiente que puede resultar este complejo de bacterias. Por lo anterior, no puede menos que plantearse que así sea mediante la implementación de estrategias de regulación de poblaciones de tipo artesanal por parte de los productores, es esta una opción importante con la que pueden comprometerse los técnicos.
4. El conocimiento y explotación de este tipo de recursos naturales también tiene en los entomopatógenos un campo de acción promisorio e importante. La obtención, caracterización, evaluación y almacenamiento de cepas de la bacteria *B. popilliae* en el complejo de chisas del país es prioritario antes de que sea desplazado por las cepas importadas provenientes de *Popillia japónica*.

## 6 RECOMENDACIONES

1. Es conveniente realizar trabajos de investigación en campo y laboratorio que permitan establecer las diferencias morfológicas entre las cepas nativas de diferentes regiones y las importadas de *B. popilliae* y *B. lentimorbus*.



2. Es indispensable que los trabajos de investigación regional sobre control biológico sean publicados y difundidos entre los agricultores. Y lo que es más importante, que estos se constituyan en insumos para una producción agrícola sostenible.

## BIBLIOGRAFIA

- BOUCIAS, D. G.; R. H. CHERRY, and D. L. ANDERSON. Incidence of *Bacillus popilliae* in *Ligyris subtropicus* and *Cyclocephala* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Florida Sugarcane Fields. En: Environmental Entomology. Vol. 15, No. 3 (jun., 1986); p. 703-705.
- DUNBAR, D. M and R. L. BEARD. Present status of Milky Disease of Japanese and Oriental Beetles in Connecticut. En: Journal of Economic Entomology. Vol. 68, No. 4 (Aug., 1975); p. 453-457.
- GLARE, T. R.; T. JACKSON and G ZIMMERMAN. Occurrence of *Bacillus popilliae* and two nematodes Pathogens in populations of *Amphimallon solstitialis* (Col: Scarabaeidae) near Darmstadt Germany. En: Entomophaga. Vol. 38, No. 4 (sm, 1993); p. 441-450.
- GUARIN, J. H. *Bacillus popilliae* agente causal de la enfermedad lechosa en el complejo de "chisas" del Oriente Antioqueño. En: Actualidades CORPOICA. Vol. 10, No. 106 p 13 - 14 (Julio - septiembre 1996). Medellín.
- GUARIN, J. H. Uso de *Bacillus popilliae* Dutky en el manejo de poblaciones de "chisas". Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1996, 80 p.: il. Seminario (Maestría en Entomología). Facultad de Ciencias, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- GUARIN, J.H. Estudio de la patogenicidad de *Bacillus popilliae* Dutky sobre *Phyllophaga obsoleta* Blanchard y de medios nutritivos para su producción. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1997, 89 p.: il. Tesis (Maestría en Entomología). Facultad de Ciencias, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- JACKSON, T. and M O'CALLAGHAN, 1995. *Bacillus popilliae* Unavailable in USA. En: Scarab Biocontrol News, New Zeland. (June. 1995): p. 3-4.
- KLEIN, M. Advances in the Use of *Bacillus popilliae* for Pest Control 1970-1981. En: Microbiol Control of Pest and Plant Diseases. London: Academic Press, 1981. 949p. : il. ISBN 012-143360-9.
- LONDOÑO, M. Posibilidades de control biológico en el manejo de la chisa (Col: Scarabaeidae) para el departamento de Antioquia. En: Socolen Miscelánea no.28, Medellín, 1992, p. 85-100.
- LONDOÑO, M y M PEREZ. Reconocimiento de los enemigos naturales de chisa o mojoy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el oriente Antioqueño. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 20, No. 3 (Jul.-Sept, 1994); p. 199-206.
- REDMOND, C. T. and D. A. POTTER. Lack of Efficacy of *In Vivo* and Putatively *In Vitro*- Produced *Bacillus popilliae* Against Field Populations of Japanese Beetle (Coleoptera : Scarabaeidae) Grubs in Kentucky. En: Journal of Economic Entomology. Vol. 88, No. 4 (Aug, 1995); p. 846-854.
- RODRIGUEZ, Dora A. Biología y manejo de "chisas" en la Sabana de Bogotá. En: III Congreso ACOPAFLO. Plagas del suelo en Floricultura. Santafé de Bogotá, ACOPAFLO. 1996.

TANADA, Y. and H. K. KAYA. Bacterial Infections. p. 83-146, 554-594. *En: Insect Pathology*. 1a. ed. San Diego, California: Academic Press, Inc, 1993. 666 p: il. ISBN 0-12-683255-2.

TASHIRO, H. and R, WHITE. Milky Diseases of European Chafer Larvae. *En: Journal of Economic Entomology*. Vol. 47. No. 6 (Dec.,1954); p. 1087-1092.



**RECONOCIMIENTO DE ENEMIGOS NATURALES DE CHISAS RIZOFAGAS  
(Col: Melolonthidae) DEL CULTIVO DE YUCA (*Manihot sculenta* Krantz) EN TRES  
MUNICIPIOS DE LA ZONA DE LADERA DEL NORTE DEL DEPARTAMENTO  
DEL CAUCA<sup>1</sup>**

**Jorge Andrés Victoria Taborda<sup>2</sup>  
Luis Carlos Pardo L<sup>3</sup>**

## **COMPENDIO**

La agricultura demanda una serie de labores como la eliminación de malezas y la aplicación de productos químicos para el manejo de insectos; tales labores afectan el balance de un ecosistema ocasionando que algunos organismos se conviertan en plagas de cultivos. Esto ha sucedido en la zona del Norte del departamento del Cauca (Colombia) con las chisas (larvas de escarabajos), que se han constituido en una plaga rizófaga importante; este aspecto planteo la necesidad del presente estudio de reconocimiento de sus enemigos naturales. Se efectuaron muestreos en 18 veredas de tres municipios (Buenos Aires, Caldoño y Santander de Quilichao) excavando en la rizosfera de varios cultivos en un cuadrado de 1 m<sup>2</sup> x 30 cm de profundidad. Se encontró la presencia de depredadores (vertebrados y larvas de Elateridae), parasitoides (Diptera: Tachinidae y Asilidae e Hymenoptera) y microorganismos (hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*; bacterias *Bacillus popilliae* y nemátodos).

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Muestreo I. Se estudiaron 18 veredas (Tabla 1), con un total de 1544 larvas colectadas, de las cuales 47 presentaron la acción de enemigos naturales (3%). Estos resultados muestran que la presencia y acción de los enemigos naturales durante esta época del año, caracterizada por un verano intenso e influenciada por fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, es baja. La influencia climática es notable, principalmente en microorganismos como los hongos, ya que en condiciones de verano y sequía intensa su aparición disminuye. Si se analizan los resultados por Municipios el porcentaje de mortalidad continua manteniéndose bajo (Buenos Aires: 2,5%; Cajibío: 4%; Caldoño: 5% y Santander de Quilichao: 1,4%), presumiblemente debido a las condiciones climáticas expuestas con anterioridad y que predominaban en la zona durante el muestreo. Los detalles sobre veredas, Municipios, número de larvas enfermas y tipos de enemigos naturales encontrados se muestran en la Tabla 2.

<sup>1</sup> Problema especial, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

<sup>2</sup> Estudiante de pregrado. Ingeniería Agronómica.

<sup>3</sup> Director problema especial, Ingeniero Agrónomo MSc(C). E-mail:lpardo@telepalmira.com.co

Muestreo II. Se colectó un total de 2507 ejemplares, de los cuales 81 presentaron acción de los enemigos naturales (3,2%). A pesar del elevado número de muestras y la cobertura localizada del muestreo, el porcentaje de mortalidad es bajo para la vereda. Los detalles sobre número de larvas enfermas y tipos de enemigos naturales encontrados se muestran en la Tabla 3.

Los hospedantes encontrados corresponden a los tres grupos genéricos de mayor importancia económica:

*Phyllophaga* presentó 45 larvas afectadas (35%); *Cyclocephala* 42 larvas (33%) y *Anomala* 28 larvas (22%). Otros géneros como *Plectris*, *Leucothyreus* y *Macroductylus*, presentaron 13 larvas afectadas (10%).

**Tabla 1.** Calendario de visitas pertenecientes al muestreo I.

Fecha	Cultivo	Vereda	Municipio
I 19 / 1998	Yuca	La Independencia	Caldono
I 26 / 1998	Yuca, tomate, fique y geranios	El pital	Caldono
II 3 / 1998	Yuca	Santa Bárbara	Caldono
II 3 / 1998	Yuca	La Campiña	Caldono
II 11 / 1998	Yuca	El Cabuyal	Caldono
II 11 / 1998	Café	Palermo	Caldono
II 18 / 1998	Yuca y plátano	El Aguila	S. de Quilichao
II 26 / 1998	Café	Paez	S. de Quilichao
III 4 / 1998	Espárragos	El Cairo	Cajibío
III 4 / 1998	Espárragos	La Venta	Cajibío
III 4 / 1998	Espárragos	El cairo	Cajibío
III 8 / 1998	Yuca	Pueblo nuevo	Buenos Aires
III 13 / 1998	Yuca	San miguel	Buenos Aires
III 13 / 1998	Yuca	Cascajero	Buenos Aires
III 20 / 1998	Piña	San isidro	S. de Quilichao
III 20 / 1998	Yuca	El turco	S. de Quilichao
III 26 / 1998	Yuca	Alegrias	S. de Quilichao
III 26 / 1998	Yuca	El tajo	S. de Quilichao
IV 16 / 1998	Yuca	San gregorio	Buenos Aires
IV 22 / 1998	Yuca	La esmeralda	Buenos Aires
IV 22 / 1998	Yuca	Bello Horizonte	Buenos Aires



**Tabla 2.** Enemigos naturales encontrados en el muestreo I.

		RESULTADOS DEL MUESTREO I.							
VEREDA	MUNICIPIO	ENEMIGOS NATURALES							
		<i>M.a.</i>	Nem.	Tach	Hym.	<i>B.b</i>	<i>B.p</i>	Elat.	Asil.
La Independencia	Caldono	2	1	1				1	
El Pital	Caldono	2	1	1					
Santa Bárbara	Caldono	3							
La Campiña	Caldono								
El Cabuyal	Caldono	7		1					
Palermo	Caldono								
El Aguila	S. Quilichao								
Paez	S. Quilichao								
El Cairo	Cajibio	2							
La Venta	Cajibio		1	1			1		
El Cairo	Cajibio			1				1	1
Pueblo Nuevo	Buenos Aires		1	2					
San Miguel	Buenos Aires	1	1	1					
Cascajero	Buenos Aires		1	2				1	
San Isidro	S. Quilichao								
El Turco	S. Quilichao		1	2					
Alegrías	S. Quilichao								
El Tajo	S. Quilichao			1			1	1	
San Gregorio	Buenos Aires								
La Esmeralda	Buenos Aires				1				
Bello Horizonte	Buenos Aires				1				
TOTAL		18	7	13	2		2	4	1

*M.a.*: *Metarhizium anisopliae*; Nem.: Nematodos; Tach.: Diptera Tachinidae;  
Hym.: Hymenoptera; *B.b.*: *Beauveria bassiana*, *B.p.*: *Bacillus popilliae*;  
*Elat.*: *Elaterida conoderis*; Asil.: Diptera Asilidae

**Tabla 3.** Resultados del muestreo II.

---

VEREDA LA CAMPIÑA; MUNICIPIO DE CALDONO

---

ENEMIGOS NATURALES	NUMERO DE LARVAS AFECTADAS
<i>Metarhizium anisopliae</i>	20
Nematodos	18
Diptera: Tachinidae	3
Hymenopteros	14
<i>Beauveria bassiana</i>	13
<i>Bacillus popilliae</i>	7
<i>Elaterida conoderis</i>	2
Diptera: Asilidae	4
TOTAL	81

---

#### BBLIOGRAFIA

ALVAREZ R, A.; POSADA, O, L; MARTINEZ W, O. 1992. Distribución espacial y vertical de la chisa *Clavipalpus* sp pos *ursinus* Blanchard (Coleóptera: Scarabaeidae-Melolonthidae). Agricultura Tropical. 29(3): 54-60.

APOLINAR, M. 1927. Insectos Nocivos en los Pastos de la Sabana de Bogotá. Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle. Bogotá. abril-mayo. (90): 51-57.

BLACKWELDER, R.E. 1944. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America the west indies, and south America. Part 2. Smithsonian Institutium United States National Museum. Washington. pp: 179-550.

BOVING, A.G. 1942. A classification of larvae and adults of the genus *Phyllophaga* (Coleoptera:Scarabaeidae). Memoirs of The Entomological Society of Washington. Numer 2. 96 pp.

BUENO, J. M; RAMIREZ, D y CARDONA, C. 1998. Biología, hábitos y hospedantes de la chisa *Macroductylus cerca ovaticollis* Bates (Coleóptera: Scarabaeidae). Revista Colombiana de Entomología 24(1-2): 20-24.

GUARIN M, J.H. 1997. evaluación de medios de cultivo para la producción *in vitro* de *Bacillus popilliae* Dutky y de algunas condiciones de almacenamiento a corto plazo. En Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 21-33.

GUARIN, J.H. 1997. Evaluación de la patogenicidad de *Bacillus popilliae* Dutky sobre *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleóptera: Melolonthidae). En: Aconteceres Entomológicos. Seminario. Medellín, octubre 30 y 31. Pp: 43-56.



- HANSON, P. 1994. Control biológico de *Phyllophaga*: depredadores y parasitoides. En: Memorias Seminario Taller sobre la Biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe técnico No. 227. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp: 74-79.
- LONDOÑO, M & PEREZ, M. 1994. Reconocimiento de los enemigos naturales de la chisa o mojoyoy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Oriente Antioqueño. Revista Colombiana de Entomología. 20(3):199-206.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1994. Boletín Notas y Noticias Entomológicas. Programa de Entomología. I.C.A. 1972- 1994
- JARAMILLO, J.A.; ARÉVALO, E. y ARIAS, J. H. 1996. Impacto económico de tres plagas del tubérculo de la papa en el departamento de Antioquia. En Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pp: 56.
- LONDOÑO, M. E. y RIOS, A. M. 1997. Efecto de diferentes agentes de control biológico sobre *Phyllophaga obsoleta* y *Anomala undulata* (Col: Melolonthidae). En Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 35-42
- LONDOÑO, M y PEREZ, M. 1994. Reconocimiento de los enemigos naturales de la chisa o mojoyoy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el Oriente Antioqueño. Revista Colombiana de Entomología. 20(3):199-206.
- LÓPEZ A, A. 1992. Plagas de las hortalizas y su manejo. Conferencias ICA, Bogotá, Colombia. Pp: 117-152.
- LOPEZ R, C. E. y PARDO LOCARNO, L .C. 1997. Estudio de los escarabajos (Coleóptera-Scarabaeoidea) de Villavicencio, Meta I. Avances en el estudio de Melolonthidae. En: Resúmenes XXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira. Pp: 72.
- LOZANO, M.D.; RODRÍGUEZ, M.N.; VASQUEZ, N.C. y SÁNCHEZ, G. 1996. Evaluación del efecto del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, en larvas de los géneros *Plectris*, *Serica* y *Macroductylus* (Coleoptera: Melolonthidae) presentes en el cultivo de la arracacha. En Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pp: 91.
- MACHATSCHKE, J.W. 1957. Genera Insectorum de P. Wystmann. Fasc. 199-B. Coleóptera Lamellicornia, Scarabaeidae, Rutelinae, Anomali. Ed. Mercurius, Anvers, Belgique.
- MORON, M.A. 1993. Observaciones comparativas sobre la morfología pupal de los Coleoptera Melolonthidae neotropicales. G. it. Ent. 6: 249-255.
- MORON, M.A. 1993. Nueva subespecie mexicana de *Dynastes hercules* (L.) Coleoptera: Melolonthidae; Dynastinae). G. it. Ent. 6: 257-262.
- MORÓN, M.A. and PARDO-LOCARNO, L.C. 1994. Larvae and Pupae of two species of *Golofa* Hope (Coleoptera Melolonthidae, Dynastinae) from Colombia. The Coleopterist Bulletin 48(4):390-399.
- MORÓN, M.A. 1994 A. Experiencias en América en el Control de Scarabaeidae Fitófagos. Memorias XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 177-184.
- MORÓN, M.A. 1994 B. Aspectos biológicos Sobre Scarabaeidae (SensuLato) Insecta Coleoptera. Memorias XXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. p 151-158.

- MORÓN, M.A. 1995. Clave para la identificación de los principales géneros con larvas edáficas de Coleoptera Scarabaeidae (Pleurosticti) de Colombia, larvas y Pupas. *En: III Curso Nacional Sobre Plagas Rizófagas, Taxonomía e Identificación de larvas y adultos de Coleoptera Scarabaeidae plagas en cultivos de importancia económica.* CORPOICA COLCIENCIAS. Centro de Investigaciones Tibaitatá. Santafé de Bogotá nov 27 a dic 2. pp 7-31.
- PARDO-LOCARNO, L.C., P. FRANCO CRUZ y A.A. ALARCÓN. 1993. Contribución al Conocimiento de las Chisas (Coleoptera-Scarabaeoidea) de San Antonio Cauca, Colombia. *En: M.A. Morón (comp.) Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas.* Publ. Esp. Soc. Mex. Entomol e Inst. de Ecología México. pp. 91-104.
- PARDO LOCARNO, L.C. 1994. I Curso Nacional de Plagas Rizófagas. En memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín (Colombia) , julio. Pp: 158-176.
- PARDO LOCARNO, L.C. 1994. Escarabajos (Coleóptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. En memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín (Colombia), julio. Pp: 159-176.
- PARDO LOCARNO, L.C.; GALEANO, P.E.; PRECIADO, V. H y RUBIANO, M. 1995. Observaciones preliminares de los escarabajos Melolonthidae (Coleóptera:Scarabaeoidea) del Municipio de Ibagué, Tolima. En resúmenes XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santa fe de Bogotá (Colombia). julio. Pp: 27
- PARDO LOCARNO, L.C.; FRANCO, M.P. 1997. Avances en el monitoreo de chisas rizófagas (Coleóptera-Melolonthidae), sipnosis de dos años de muestreo en cultivos de yuca en San Antonio, Cauca, Colombia. Seminario Aconteceres Entomológicos. Medellín (Colombia), octubre. Pp: 165-179.
- PARDO LOCARNO, L.C.; J.A. Victoria & Angel, D. 1999<sup>a</sup> Avances en el estudio de las chisas rizófagas (Coleoptera Melolonthidae) observadas en la rizósfera de yuca y otros cultivos en tres municipios del departamento del Cauca, Colombia. Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá Julio 28, 29, 30 de 1999. p 114.
- PARDO LOCARNO, L.C. y VICTORIA, J.A. 1999<sup>b</sup>. Aspectos Morfológicos de las chisas (Coleóptera Melolonthidae) claves en el diagnóstico y manejo agroecológico en el norte del Cauca. Resúmenes XXXIV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Santiago de Cali Octubre 27 al 30 de 1999. p 250.
- POSADA, L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario. (Boletín Técnico). No. 43. 662 pp.
- POSADA, F.J. 1993. Las "chisas" sus enemigos naturales y recomendaciones sobre su manejo. *Rev. Agricultura Tropical (Colombia).* 30(3): 71-79.
- RESTREPO G, H. 1997. Aproximación al conocimiento de los escarabajos fitófagos (Coleóptera: Melolonthidae) en Colombia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 144 pp.
- RESTREPO G, H. 1998. Revisión sobre especies Coleóptera: Melolonthidae, de importancia agrícola en Colombia. Resúmenes XXV. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali. Pp: 144.
- RITCHER, P.O. 1968. Biological of Scarabaeidae. *Annual Review of Entomology.* 3: 311-335.
- RODRÍGUEZ, D. ; RINCÓN, C y MARTINEZ, D. 1996. Manejo de chisas en rosas. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 27.



ROMERO G.; VELÁSQUEZ J.G. y MUÑOZ, C.A. 1993. Cuantificación Preliminar del Daño Causado por Coleopteros del Suelo al Cultivo de la Yuca en el norte del Cauca. Seminario Agric. Sostenible. CIAT Proyecto manejo Integrado de Plagas para Pequeños Agricultores en el Norte del Cauca. CETEC. Pp 7-10.

RUIZ, B. N. y PUMALPA, N. 1990. Observaciones sobre las chisas (Col:Scarabeidae). Rev. ICA (Colombia). 25(4). Pp: 275-282.

SÁNCHEZ G.G. y VÁSQUEZ N, N.C. 1993. El cucarro *Euethola bidentata* Burm. (Col:Scarabeidae) plaga de la raíz de maíz y sorgo. En: Memorias del seminario internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz, sus principales plagas y enfermedades. C. I. Tibaitatá-ICA Pp: 25-30.

SHANNON, P. 1994. Control microbiano de *Phyllophaga* spp (Col: Melolonthidae). Memorias: Seminario taller sobre la Biología y control de *Phyllophaga* spp. Informe técnico No. 227. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp: 80-92.

SHANNON, P. y Colaboradores 1994. Resultados de la comisión de trabajo sobre control biológico y control microbiano. En Seminario/taller Centroamericano sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. 23-27 de mayo, Catie, Turrialba, Costa Rica.

SHANNON, P. y Colaboradores. 1994. Seminario- taller Centroamericano sobre la biología y control de *Phyllophaga* spp. Boletín Informativo MIP. No. 32. Catie, Turrialba, Costa Rica.

VALLEJO, F.; MORO, M.A y ORDUZ, S. 1996. Ciclo de vida de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Col:Scarabeidae, Melolonthidae) una especie plaga del complejo chisa de Colombia. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 66.

VALLEJO, F. y ORDUZ, S. 1996. Contribución al conocimiento de las plagas subterráneas (Col: Scarabeidae, Melolonthidae) del Oriente Antioqueño. Resúmenes XXIII. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. P 125.

VICTORIA T, J. A. & PARDO LOCARNO, L. C. 2000 A. Reconocimiento de enemigos naturales de chisas rizofagas (col: melolonthidae) del cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Krantz) en tres municipios de la zona de ladera del norte del departamento del Cauca. 12 pp (Documento Interno Universidad Nacional, Palmira)

VICTORIA T, J. A. 2000 B. Reconocimiento e identificación de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae) en cultivos de yuca (*manihot sculenta* krantz) de la Zona de Ladera del Norte del Departamento del Cauca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira





# CONTRIBUCIÓN AL RECONOCIMIENTO DE ESPECIES DE ESCARABAJOS (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA) EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

Francisco C. Yepes R.<sup>1</sup>  
Luis Carlos Pardo L.<sup>2</sup>  
Cristo Rafael Pérez C.<sup>3</sup>  
John Alveiro Quiroz G.<sup>4</sup>

## RESUMEN

Entre los años de 1995 y 1999 se llevó a cabo un trabajo de reconocimiento de escarabajos (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA) en el departamento de Antioquia, con énfasis en Coleoptera: Melolonthidae de la Vereda de Lourdes (El Santuario). En este municipio se hallaron 33 especies de esta familia, ocupando un sitio destacado *Phyllophaga obsoleta* con 13.369 especímenes. Esta población fue 7.7 veces mayor que la de *Isonychus* sp y 5 veces superior a la de *Anomala* sp.

La subfamilia Melolonthinae participó con el 74.9% del total de escarabajos capturados y la Tribu Melolonthini contribuyó con el 67.4%.

En el municipio de Nechí, se registraron 8 géneros de la familia Melolonthidae. La especie más abundante y frecuente fue *Dyscinetus dubius*, seguida por *Euetheola bidentata* y el género *Serica* sp.

Del total de especies recolectadas en 5 zonas de Antioquia se destaca *Cyclocephala amazonica* L, capturada en 4 municipios con altura entre 1 y 1450 m.s.n.m. Los copronecrófilos se capturaron en siete(7) zonas integradas por 19 municipios, obteniéndose un total de 18 especies, con presencia de *Onthophagus* en 12, de *Aphodius* en 9 y de *Dichotomius bellus* en 6 de los programados en el muestreo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) son artrópodos comunes en todos los ecosistemas Colombianos, hallándose especies de las familias Melolonthidae y Scarabaeidae desde la orilla del mar, hasta las zonas de páramos. Son bien diversos los

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Fax: 230 96 37.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, M.Sc. (C). Investigador Asociado IIAP (Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico). e-mail: lpardo@telepalmira.com.co

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Investigación y Transferencia de Tecnología. Fedearroz. Cauca. Tel 8392264. e-mail: Cristopcor@edatel.net.co

<sup>4</sup> Técnico Operativo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

ecosistemas en los cuales se han realizado capturas de sus estados inmaduros (larvas y pupas), como organismos rizófagos y adultos por medio de trampas. Se han registrado por varios investigadores innumerables daños en cultivos agrícolas como papa, maíz, fríjol, arroz, hortalizas, ornamentales, pastos y frutales, en todos los puntos cardinales de Colombia, como en la sabana de Bogotá, las llanuras de Córdoba, territorios de ladera de Cauca, Tolima y Valle, el oriente y el Urabá Antioqueños. También se han realizado estudios en zonas boscosas y selváticas, como el Chocó biogeográfico, descubriendo buena parte de la gran riqueza faunística que posee este territorio suramericano y que invita a continuar investigando este grupo de artrópodos.

Con el propósito de contribuir al reconocimiento de especies de escarabajos del mencionado grupo, del departamento de Antioquia, se llevó a cabo el presente trabajo, utilizando diversas formas de captura de adultos, entre los años de 1995 y 1999.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 LOS ESTADOS INMADUROS**

Los nombres comunes de las larvas en Colombia son: Chisa, mojoy, morrongo y patarriba. Viven bajo la tierra, consumiendo raíces de cultivos y malezas.

### **2.2 EL ESTADO ADULTO**

El escarabajo es conocido como el cucarrón de invierno, marceño, abrilero, mayero o cuaresmero. Tiene actividad nocturna, abunda en las épocas lluviosas de cada año, causa daño al follaje de las plantas, a las raíces de algunos cultivos y puede hallarse también dentro de estructuras florales y frutales.

Según Morón (1994), pueden servir como ejemplo del poder de evolución de los holometábolos, capaces de colonizar la mayoría de los ecosistemas epicontinentales. Las larvas presentan en la región proctodeal de su tubo digestivo, una cámara amplia de fermentación, extendible que las hace poco eficientes en el aprovechamiento de los nutrientes de su sustrato alimenticio. Sus heces, desde luego, son excretadas con residuos de nutrientes, que permiten reciclar la materia vegetal y contribuir al enriquecimiento del suelo.

De acuerdo con Londoño (1992 - 1994) citada por Londoño (1999) las chisas o patarribas son plagas de importancia económica en el departamento de Antioquia, están afectando el sistema radicular de los cultivos siguientes: Pastizales, gramas, papa, maíz, fríjol, hortalizas, flores y frutales. Los géneros registrados en los ecosistemas de clima frío moderado son: *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Ancognatha*, y *Symmela*, predominando del primero, la especie *P. obsoleta* (Blanch).



Según Morón (1994), para América se han descrito 4.400 especies de Melolonthidae con hábitos fitófagos, existiendo unas 200 especies de importancia económica registradas desde Canadá hasta Chile. Ellas hacen parte de 48 géneros de las subfamilias Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae y Cetoniinae. Los géneros más eurípagos son: *Anomala*, *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, entre otros.

## NOMBRES COMUNES

En Colombia reciben los nombres de chisa, mojojy, morrongo y patarriba. En el ámbito Americano recibe las siguientes denominaciones: June beetles, White grubs; mayates, temoles, gallina ciega o mixticuil; abejones y jobotos; besouro, coró, torresmo o pao de galinha; pololos y gusanos blancos (Morón, 1994). Abejón de mayo, jogoto, chobote, orontoco, chorontoco y chicote (King y Saunders, 1984).

**2.2.1 Descripción de los estados de desarrollo.** Para realizar esta descripción se toma como prototipo a *P. obsoleta*, especie abundante en muchos agroecosistemas antioqueños, según Vallejo (1995) citado por Vallejo (1997) y Vallejo *et al* (1997). Las larvas pasan por tres estados. Son de color blanco-crema, con el cráneo de color ámbar y con mandíbulas oscuras. La longitud corporal es de 3mm, en una amplitud de cápsula cefálica de 5.6mm.

Entre los cultivos afectados en el oriente antioqueño se pueden mencionar a los pastos, papa, maíz y algunas plantas ornamentales.

Los adultos miden en forma longitudinal entre 15.5 y 20 mm. Presentan coloración variable de castaño rojizo a pardo oscuro.

## MANERA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCARABAJOS

Pardo (1997) afirma que los escarabajos hacen parte de la superfamilia Scarabaeoidea perteneciente al suborden polyphaga (Haplogastra), el cual presenta el abdomen con escleritos pleurales distintivos, del segundo segmento abdominal y su esternito correspondiente, notable solamente por su porción lateral.

Para Costa Lima (1953) los escarabajos presentan antenas lameladas, patas del tipo cavador (con dientes en los bordes externos de las tibias). Dentro de este grupo varios autores citados por Pardo (1997), incluyen las siguientes familias: Lucanidae, Passalidae, Acanthoceridae, Geotrupidae, Scarabaeoidea – Laparosticti (con los estigmas respiratorios abdominales ocultos bajo los élitros) y Scarabaeoidea– Pleurosticti (con los estigmas respiratorios abdominales visibles lateralmente, ubicados por debajo de los élitros). De acuerdo con este último criterio, a los laparosticti correspondería las especies de la familia Scarabaeidae y los segundos, a la de la familia Melolonthidae. De esta

harían parte todos los escarabajos herbívoros fitófagos, agrupados en las subfamilias Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae y Cetoniinae. (Pardo, 1994).

### 2.3 DESCRIPCIÓN DE ALGUNA ESPECIES. (King y Saunders, 1984)

#### - SUBFAMILIA DYNASTINAE.

- ◆ *Cyclocephala lunulata* Burm: Las larvas son blancas, de tamaño mediano, las cuales incluyen en su dieta alimenticia las raicillas de maíz, pastos y otros cultivos. Los adultos miden entre 12 y 15 mm de largo. Son de color café amarillo, con manchas cafés sobre el pronoto y sus élitros.
- ◆ *Euetheola bidentata* (Burm): Las larvas son blancas y pasan por tres estadios. Se alimentan de materia orgánica y de las raíces de gramíneas (maíz, arroz, sorgo y pastos). Los adultos son de color negro y miden entre 11 y 16 mm. de largo. Su ciclo de vida puede durar un año.

#### - SUBFAMILIA MELOLONTHINAE

- ◆ *Phyllophaga obsoleta* (Blanch): Las larvas son blanco cremoso, con la cabeza de color café claro. Tiene forma de C. Se alimentan de materia orgánica, de raíces de maíz, pastos, cafetos y tubérculos de la papa. Se hallan frecuentemente en pastizales. Los adultos tienen el pronoto café brillante, élitro café dorado brillante y miden entre 14 y 18 mm. de longitud.

#### SUBFAMILIA RUTELINAE

- ◆ *Anomala* spp: Las larvas son típicas gallinas ciegas. El tamaño oscila entre pequeño y mediano. Pueden medir 15 y 30 mm. de longitud. Se alimentan de materia orgánica descompuesta y raíces de maíz, pastos, frijol y plantas ornamentales: Los adultos tienen colores metálicos y relucientes (café claro, verde)

### 2.4 DISTRIBUCIÓN EN COLOMBIA

De acuerdo con Pardo (1994) , los escarabajos registrados en Colombia tiene la siguiente distribución:

#### SUBFAMILIA DYNASTINAE.

- ◆ *Ancognatha scarabaeoides* Erichson: Habita las zonas frías, a alturas comprendidas entre 2000 y 3000 msnm. Sus larvas son plagas de cultivos de trigo, cebada, papa,



hortalizas y pasto kikuyo, entre otros. Se han registrado en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Antioquia Tolima, Boyacá y Norte de Santander.

- ◆ *A. vulgaris* Arrow. Se han registrado también en zonas de clima frío de los departamentos de Cundinamarca. Nariño, Tolima, Boyacá, Valle del Cauca y Antioquia.
- ◆ *A. ustulata* Burmeister: También se halla en zonas frías. Se han capturado en la sabana de Bogotá.
- ◆ *A. nigriventris* Otoyá: Es habitante de ecosistemas de clima frío, del departamento de Nariño.
- ◆ *Cyclocephala amazonica* L.: Habita los ecosistemas de climas cálidos y medios.
- ◆ *C. fulgurata* Burmeister: Es también un escarabajo de zonas cálidas y de clima medio.
- ◆ *C. rugicollis* Burmeister: Se ha colectado en climas cálidos y medios de los departamentos de Antioquia, Valle de Cauca, Tolima y Cundinamarca.
- ◆ *Euethela bidentata* (Burm). Es el llamado cucarro de los arrozales de secano. Afecta muchos cultivos, pero sus escenarios comunes se hallan en gramíneas: Pastos cultivados y gramas, maíz, sorgo y caña de azúcar. Se colecta en agroecosistemas de clima caliente.
- ◆ *Heterogomphus dilaticollis* Burm. :Se ha hallado afectando pasturas de la sabana de Bogotá.
- ◆ *Dyscinetus* sp.: Varias especies se han colectado en ecosistemas de climas cálidos. *D. olivaceus* Hohné es común en el Urabá Antioqueño. *D. dubius* ha sido registrado en patizales del Valle del Cauca.

#### SUBFAMILIA MELOLONTHINAE.

En esta subfamilia abundan las especies de gran importancia agronómica, pues son comunes en cultivos agrícolas y responsables de graves daños en el follaje y en el sistema radicular.

- ◆ *Phyllophaga* spp.: Es muy común en zonas cafeteras y de clima frío moderados, en los departamentos de Antioquia, Huila, Cundinamarca, Tolima, Boyacá, Cauca, Nariño y Valle del Cauca.

- ◆ *Clavipalpus* aff. *ursinus* Blanchard: Se ha hallado en la sabana de Bogotá afectando varios cultivos agrícolas y pastos (kikuyo y raigrás).
- ◆ *Plectris* sp.: Especímenes de este género han sido capturados en climas fríos moderados de Cundinamarca, Tolima y Antioquia-

#### SUBFAMILIA RUTELINAE.

En este grupo se destaca el género *Anomala*, considerado de importancia agrícola como plaga rizófaga. Actúa desde nivel mar hasta alturas superiores a los 3000 m. s. n m.

- ◆ *A. cincta polychalca* Bates se ha capturado en Cundinamarca.

Para Pardo (1997), en Colombia se han registrado por lo menos, 24 géneros y 50 especies de escarabajos plagas de la familia Melolonthidae.

### 2.5. METODOS DE MUESTREO

**2.5.1 Programación de trampas.** Londoño (1999) afirma que para el reconocimiento de especies se utiliza la trampa de luz negra(Black - Light - Blue). Las mismas son recomendadas por funcionarios de las oficinas de la UMATA de los municipios de El Santuario, Rionegro, El Carmen y La Ceja.

También es utilizada por Pardo *et al* (1993, 1995), Pardo y Henao (1996), Pardo y Franco (1997) y Pardo (1997), en sus estudios de las chisas de diferentes regiones de Colombia y de acuerdo con Vásquez y Sánchez (1996), son las más eficientes y atractivas. Con igual fin se utilizan las trampas con acpm como combustible.

Mediante el uso de la trampa de luz se pudo determinar que las mayores capturas se lograron hasta las 21 horas, con la luz negra-azul, sin diferencia entre las trampas de 15 y de 20 w. (Montoya, Madrigal y Ramírez, 1994; Montoya, 1992)

**2.5.2 Recolección de larvas.** El muestreo por medio de trampas se debe complementar con el de chisas, las cuales se identifican para determinar si corresponden a las especies capturadas y a su abundancia registrada.

Para efectuar el muestreo en pastizales con infestaciones recientes, en los cuales el daño no es visible plenamente, se puede realizar mediante un marco de madera, con un metro de lado.

Este cuadro se lanza al azar sobre el terreno y luego se remueve el suelo hasta una profundidad de 10 a 15 cm. Los especímenes hallados se introducen en solución de



pampel, se remiten a una institución para su identificación, dejando una muestra con la información pertinente. Lo propio se debe hacer con los escarabajos.

## 2.6. EPOCAS DE APARICIÓN

*P. obsoleta* inicia sus vuelos desde el mes de Febrero y se prolongan hasta el mes de Mayo, concentrándose el grueso de su población entre Marzo y Abril. Por esta razón han sido denominados cucarrones marceños y abrileros.

Las pupas se forman en los meses de finales del año y se mantienen hasta el inicio del año (Vallejo, 1997). En la sabana de Bogotá se presentan dos épocas de aparición de escarabajos, en los meses de Abril y Mayo, Octubre y Noviembre. Las principales especies registradas por López (1996) son: *A. scarabaeoides*, *A. ustulata*, *Clavipalpus* sp y *Astaena* sp. En el Tolima podría haber dos épocas de emergencia de adultos (Vásquez y Sánchez, 1997).

## 2.7 UMBRAL DE ACCIÓN

Pantoja (1997) dice que en arroz, el nivel de riesgo para el cucarro *E. bidentata*, podría ser de 3 a 5 larvas/m<sup>2</sup> o de 2 plantas trozadas/m<sup>2</sup>, en promedio. Para el cultivo de pastos no existe ninguna propuesta en este sentido, aunque se considera que las praderas y barbechos son los ecosistemas de multiplicación de este escarabajo (Sánchez y Vásquez, 1996).

Para King y Saunders (1984), 4 o mas larvas grandes u 8 o mas pequeñas/m<sup>2</sup> son suficientes para programar su control.

## 2.8 PÉRDIDAS E INCREMENTOS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para Vásquez y Sánchez (1997), en el cultivo de la arracacha se han cuantificado pérdidas del 30% de la producción y un incremento en los costos de la misma del 22%. Las pérdidas equivalen a 15000 toneladas por año.

De acuerdo con Pardo y Franco (1997), las pérdidas ocasionadas en el cultivo de la Yuca por *Cyclocephala*, *Phyllophaga* y *Anomala*, puede oscilar entre 25 y 30%.

Según Jaramillo, Arévalo y Arias (1996), citados por Londoño (1999), estudios realizados por ICA en el oriente antioqueño registraron incidencias del 11% en el año de 1995 y del 3.8% en 1996, las cuales podrían ser equivalentes a 10 mil millones de pesos.

En pastizales de clima frío la situación no es diferente. Los potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sufren perjuicios año tras año en los municipios de El Carmen, Rionegro, Don matías y San Pedro, debido a la formación de focos equivalentes al 25 o

30% del área establecida. El pasto pierde su sistema radicular, no crece y el ganadero tiene que optar por resembrarlo.

Cuando las chisas están en los últimos estadios larvales, el daño causado a las praderas y a los cultivos de corto período vegetativo es muy notorio.

El pasto se nota clorótico o "quemado" y con escaso o nulo sistema radicular. En los cultivos agrícolas se observan síntomas similares. Las plantas no crecen y se marchitan con el ardiente sol.

El efecto de las chisas en los cultivos es acumulativo. Al comienzo no es perceptible, pero a medida que se suceden los estadios larvales, se van observando los daños en los pastizales, ya que el ciclo larval es largo: En *Phyllophaga menetriesi* es de 8 a 9 meses (King y Saunders, 1984), de 303 días para *Macroductylus cerca ovaticollis* (Bueno *et al.*, 1998).

El ganadero, el mayordomo o el vaquero entran a los potreros a ver ganados, a observar el control de malezas, el estado de las cercas o a programar el cambio del ganado de un sitio a otro. No se ha adoptado una cultura de vigilancia fitosanitaria en las praderas, ni existe un sistema de muestreo de las chisas.

De acuerdo con Pardo (1994), las especies de chisas frecuentes en pastizales son las siguientes: *Pyllophaga* sp., *Isonychus* sp, *Clavipalpus* aff. *ursinus* Blanchard, *Barybas* sp, *Heterogomphus dilaticollis* Burm., *Euetheola bidentata* (Burm.), *Ancognatha scarabaeoides* Erichson y *Dyscinetus dubius*.

Retomando la información registrada por varios autores y relacionada con medidas de control de chisas, se podrían tener en cuenta las siguientes sugerencias:

- ◆ Tomar datos acerca de las épocas de aparición, especies comunes, abundancia de alguna en particular y control natural.
- ◆ Cuantificación de daños, involucrando en este trabajo, los pastos de corte (por ejemplo, el Imperial en clima frío) y los cultivos agrícolas susceptibles: papa, maíz, frijol y hortalizas.
- ◆ Programación de campañas educativas, y de manejo del problema, en los cuales estén comprometidos los agricultores, los ganaderos y el sector educativo rural. Se debe apoyar y reforzar las campañas emprendidas en muchos municipios del país, en las cuales sobresalen por su liderazgo los funcionarios de la UMATA.



En ellas se debe incorporar la inspección y recolección de chisas en los pastizales, la multiplicación artesanal de entomopatógenos y la generación del conjunto de recomendaciones para el adecuado uso.

Las praderas son agroecosistemas permanentes y pueden actuar como sitios de multiplicación continua de las chisas. Se debiera crear la cultura del control de esta plaga, tal como la tienen los pequeños agricultores. Los ganaderos hacen parte del problema y deben contribuir a la solución del mismo, ejecutando las recomendaciones del manejo del artrópodo, que se establezca a escala municipal.

No sería difícil con ciertas periodicidad, de acuerdo con el organismo patógeno, programar aspersiones inoculativas del mismo, con el propósito de producir las deseadas epizootias. Falta bastante camino por recorrer en este sentido, pero los pastos no deben ignorarse o excluirse del proceso investigativo que se está impulsando acerca de las perjudiciales chisas.

## 2.9 CONTROL

Es sin duda la chisa, una plaga temible, frecuente y de difícil control. Es un coleóptero polífago, de largo desarrollo y constante en muchos ecosistemas. Su condición de plaga rizófaga complica cualquier estrategia de manejo.

**2.9.1 Control natural.** Según Londoño y Pérez (1993), dentro del control natural de chisas, el mayor aporte corresponde a *Bacillus popilliae*, hallado en todos los municipios muestreados en el oriente antioqueño. Este factor de mortalidad puede ser el 44%. Debiera considerarse el más importantes de los componentes del complejo de los microorganismos. Es patogénico sobre *P. obsoleta* con un CL50 de  $10^7$  esporas/m<sup>2</sup> y un TL50 de 7 días (Guarín, 1997).

De acuerdo con Londoño (1994), *M. anisopliae* es patogénico sobre *A. scarabaeoides* y *Phyllophaga* sp. Este microorganismo produce mortalidad sobre huevos, larvas, pupas y adultos de melolóntidos. En general se consideran muy promisorios algunos aislamientos de *B. bassiana*, *B. brongniartii* y *B. popilliae*, especialmente sobre *P. obsoleta* y *A. undulata*, las cuales afectan pastos, fríjol y los frutales del clima frío (Londoño y Ríos, 1997, 1998)

Otros patógenos registrados a nivel nacional son los siguientes: *Paecilomyces* sp., *Neoaplectana* sp., *Hexameris* sp., (Pardo, 1994).

**2.9.2 Control biológico.** Está representado por vertebrados e invertebrados. Los primeros aprovechan las labores culturales (aporque, desyerba, arada) que exponen superficialmente las chisas a la acción de los depredadores. Los cerdos pueden realizar esta actividad por sí mismos, aprovechando la posibilidad de hozar.

Los invertebrados registrados en la zona del oriente antioqueño son avispas de la familia Typhidae y moscas de la familia Tachinidae (Londoño y Pérez, 1993).

**2.9.3 Control microbiológico.** Londoño (1995) dice que *M. anisopliae* es un microorganismo promisorio para el control de chisas. Este patógeno se puede multiplicar en el arroz y luego se aplica al suelo. Es apropiado para estos menesteres por su facilidad de aislarlo y de multiplicarlo. Pude ejercer control entre 70 y 82%.

Según Vásquez y Sánchez (1996) y Lozano *et al* (1996), *M. anisopliae* es un buen patógeno de *Serica* sp. y de *Pectris* sp., aunque en Cajamarca (Tolima) se han aislado *B. bassiana* y *Bacillus* sp.. Estos autores recomiendan utilizar el entomopatógeno en las trampas de luz, con el fin de que los escarabajos capturados en ellas, ayuden a la diseminación de los aislamientos en los agroecosistemas. Contra las larvas se debe aplicar en cada sitio cultivado o de siembra, de 2 a 4 gramos del producto biológico. También puede ser asperjado por medio de una bomba de espalda. De acuerdo con sus trabajos de investigación, el costo de este control microbiológico es 45% más barato que el químico.

**2.9.4 Labores culturales.** Morón (1994) dice que el arado profundo del suelo puede ayudar a controlar hasta el 60% de las larvas que se alimentan de las raíces de los cultivos. Esta labor es equivalente a la intensa preparación del suelo recomendada por Pantoja (1997) para el cultivo de arroz.

El laboreo del suelo y la utilización de plantas resistentes son labores importantes en los programas de manejo de las chisas (Pardo, 1994), combinados con su recolección al momento del control malezas y del aporque (Londoño, 1999).

Son de resaltar por sus beneficios alcanzados a nivel comunitario, las campañas escolares de recolección de escarabajos en las épocas de abundancia. Se cumple con ellas un doble propósito. Se vinculan niños a las actividades de control de la plaga, por métodos diferentes al químico y promueve en estos infantes la observación de parte de la naturaleza, representada por estos cucarrones.

**2.9.5 Control mecánico.** Aunque las trampas de luz no se consideran utensilios de control, sino de monitoreo de los escarabajos, si son útiles para el uso de entomopatógenos.

De acuerdo con Vásquez y Sánchez (1997), en los recipientes de recolección de escarabajos, ubicados en la parte inferior de las trampas de luz negra, se agrega el entomopatógeno para contaminarlos y posteriormente con el fin de que diseminen y aseguren la permanencia del microbio en los agroecosistemas. Es una estrategia similar a la recomendada en las plataneras contra *Metamasius hemipterus* Olivier y *Cosmopolites sordidus* Germar.



**2.9.6 Control químico.** King y Saunders (1984) afirman que los organofosforados ejercen un buen control. Entre los productos usados se puede mencionar Acefato, Diazinón y Clorpirifos, en espolvoreo o en solución acuosa, aplicando con aspersora sin boquilla dirigiendo el chorro a la base de la planta. También es recomendable el uso de insecticida granulado, combinado con labores culturales (Sánchez y Vásquez, 1996).

De acuerdo con Ruiz y Pumalpa (1989), se puede lograr un control eficiente con clorpirifos 2.5%, incorporando entre 15 y 20 centímetros de profundidad y con 30 días de antelación a la siembra.

## 2.10 ESTUDIOS REGIONALES EFECTUADOS EN COLOMBIA

En la Tabla 1 se destacan los resultados de los muestreos realizados por medio de trampas de luz en 4 localidades de 4 zonas, correspondientes a 3 departamentos.

Las mayores capturas correspondieron a especies de las subfamilias Dynastinae y Malolonthinae, presentándose dos casos dignos de representar: En San Antonio (Cauca) hay un gran predominio de especímenes de Dynastinae y en Alto Pance (Valle) los conteos se inclinaron por la subfamilia Melolonthinae.

**Tabla 1.** Resultados de los estudios regionales realizados sobre la coleopterofauna de la familia Melolonthidae.

LOCALIDAD	NÚMERO TOTAL DE ESPECÍMENES COLECTADOS.				
	MELOLONTHIDAE	SUBFAMILIAS			
		DYNASTINAE	MELOLONTHINAE	RUTELINAE	CETONIINAE
SAN ANTONIO (CAUCA)	34.543	28.332	5.283	928	--
CUENCA ALTA RÍO PANCE (VALLE).	18.090	7.383	9.428	1.089	190
MUNICIPIO DE IBAGUÉ (TOLIMA).	3.710	2.012	1.467	196	35
RIO DOVIO (VALLE).	195	138	12	45	--

Esta situación corrobora la necesidad de emprender estos estudios por regiones para conocer con mayor precisión la abundancia, la riqueza y otras informaciones de los Melolóntidos. (Tabla 1).

En San Antonio, por ejemplo, son importantes los género *Cyclocephala*, *Phyllophaga* y *Anomala*. En Pance, *Cyclocephala*, *Anomala*, *Phyllophaga*, *Ancognatha*, *Plectris*, *Isonychus*, *Dyscinetus*, *Golofa*, *Heterogomphus* y otros.

En Ibagué, *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Ancognatha*, *Anomala*, *Plectris*, *Isonychus*, *Heterogomphus*, *Golofa*, *Macraspis*, y otros.

### 3. METODOLOGÍA

Los muestreos y capturas de escarabajos de la superfamilia Scarabaeoidea se llevaron a cabo en las regiones de oriente, occidente, norte, Valle de Aburrá, Urabá y bajo Cauca del departamento de Antioquia.

Para la captura de los escarabajos de la familia Melolonthidae se utilizaron trampas de luz negra-azul, en las regiones de oriente, norte y Valle de Aburrá. En estas mismas regiones se realizaron muestreos manuales, aprovechando las luces de las residencias, del alumbrado público y recolectando algunos especímenes directamente de vegetales atacados (Caña, cañabrava, maíz, frutales, flores y follaje de frutales).

Para la captura de escarabajos de la familia Scarabaeidae se realizaron muestreos en excrementos de animales (Bovino, equinos, caprinos, caninos y aves) y se colocaron trampas con cebos en el Valle de Aburrá y en Urabá y se utilizaron las mismas trampas de luz mencionadas anteriormente.

El trabajo se inició en el año de 1995 y los muestreos se suspendieron en el año de 1999, con el propósito de consolidar la información y escribir los resultados del estudio.

Todos los especímenes capturados se guardaron en alcohol comercial, se llevaron al laboratorio de entomología de la Universidad Nacional, sede de Medellín y al laboratorio de Fedearroz del municipio de Cauca. Los escarabajos se organizaron por subfamilias, se montaron en alfileres entomológico, se colocaron las etiquetas y se organizaron en cajas entomológicas para iniciar la colección. Posteriormente fueron identificados por el Ingeniero Luis Carlos Pardo. En la Tabla 2, se puede observar la formación vegetal correspondiente a los municipios o regiones muestreados y otra información de las zonas aludidas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 REGIÓN DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO.

**4.1.1 Muestreos de Lourdes, municipio de El Santuario (Antioquia).** La vereda pertenece a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo (Bh - MB), tiene un altura promedio de 2200 m.s.n.m y temperatura media anual de 17°C.(Espinal, 1989).



Los muestreos por medio de trampas de luz negra-azul se iniciaron en Diciembre de 1997, se terminaron en el mes de Noviembre de 1999 y se dividieron en cuatro períodos, en forma arbitraria dando oportunidad a la participación de estudiantes de la Universidad Nacional sede de Medellín (Castaño y Hoyos, 1998; Rendón y Sierra, 1999; Pedraza y Rodríguez, 1999 y Ramírez y Estrada, 1999).

Se utilizaron cinco trampas colocadas a dos metros de altura, en cercanías de los cultivos, las cuales se revisaban semanalmente. Los resultados obtenidos y de acuerdo con los períodos programados son los siguientes:

-PERÍODO DE DICIEMBRE/97 A MARZO/98.

Las Tribus Oryctini, Pentodontini y Cyclocephalini de la subfamilia Dynastinae y Gymnetini, de la Cetóniinae, estuvieron muy pobremente representadas, con capturas que oscilaron entre 0.17% y 1.5% (Tabla 2).

**Tabla 2.** Regiones y municipios de Antioquia programados para el muestreo de Coleoptera: Scarabaeoidea.

MUNICIPIO	ZONA	ALTURA m s n m	FORMACIÓN VEGETAL
NARIÑO	ORIENTE	600	Bh - T
EL CARMEN	ORIENTE	2150	Bh - MB
LA CEJA	ORIENTE	2200	Bh - MB
MARINILLA	ORIENTE	2100	Bh - MB
EL SANTUARIO	ORIENTE	2100	Bh - MB
GUARNE	ORIENTE	2100	Bh - MB
GRANADA	ORIENTE	2200	Bh - MB
RIONEGRO	ORIENTE	2100	Bmh - MB
SANTA ROSA	NORTE	2500	Bmh - MB
SAN PEDRO	NORTE	2300	Bmh - MB
DON MATÍAS	NORTE	2350	Bmh - MB
BELMIRA	NORTE	2300	Bmh - MB
ANGOSTURA	NORTE	1800	Bh - MB
SANTA FE ANT.	OCCIDENTE	650	Bs - T
ABRIAQUÍ	OCCIDENTE	2000	Bmh - MB
BURITICÁ	OCCIDENTE	1600	Bh - PM
MUTATÁ	URABÁ	20	Bmh - T
APARTADÓ	URABÁ	4	Bh - T
NECOCLÍ	URABÁ	1	Bs - T
ARBOLETES	URABÁ	10	Bs - T
BARBOSA	VALLE ABURRÁ	1350	Bh - PM
MEDELLÍN	VALLE ABURRÁ	1500	Bh - PM
BELLO	VALLE ABURRÁ	1450	Bh - PM
CAUCASIA	BAJO CAUCA	60	Bh - T
NECHÍ	BAJO CAUCA	40	Bh - T
BETULIA	SUROESTE	1600	Bh - PM
TÁMESIS	SUROESTE	1200	Bs - T
SANTO DOMINGO	NORDESTE	1500	Bh - PM

La Tribu Melolonthini de la subfamilia Melolonthinae participó con el más alto número de especímenes (4334), en la cual la Tribu Melolonthini con su representante *Phyllophaga obsoleta* Harris, 1827, aportó 3872 ejemplares, o sea, el 76.3% del total de especímenes capturados en el período (Tabla 3).

El segundo lugar en número de capturas fue ocupado por la Tribu Anomalini de la subfamilia Rutelinae, con el aporte exclusivo de 456 especímenes, el 9%, a cargo de *Anomala* spp.

**Tabla 3.** Distribución de las capturas de los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en la vereda Lourdes (El Santuario) Entre diciembre de 1997 y marzo de 1998.

GÉNEROS Y/O ESPECIES	CANTIDADES DE ESPECÍMENES CAPTURADOS	%
*. MELOLONTHIDAE		
1. MELOLONTHINAE		
1.1. MELOLONTHINI		
<i>Phillophaga obsoleta</i> Harris	3872	76.1
1.2. MACRODACTYLINI		
<i>Macroductylus</i> sp.	12	0.24
<i>Isonychus</i> spp.	450	8.9
1.3. SERICINI		
<i>Serica</i> spp.	123	2.4
2. RUTELINAE		
2.1. ANOMALINI		
<i>Anomala</i> spp.	456	9.0
3. DYNASTINAE		
3.1. CYCLOCEPHALINI		
<i>Cyclocephala</i> spp.	67	1.3
<i>Ancognatha</i> spp.	75	1.5
3.2. ORYCTINI		
<i>Podischnus</i> spp.	12	0.24
3.3. PENTODONTINI		
<i>Pucaya</i> spp.	1	0.02
4. CETONIINAE		
4.1. GYMNETINI		
<i>Gymnetis</i> sp.	9	0.17
* SCARABAEIDAE	10	0.2
TOTAL	5087	



El tercer lugar correspondió a *Isonychus* spp, Macroductylini-Melolonthinae, con 450 ejemplares, el 8.9% del total de las capturas del período. De la Tribu Cyclocephalini se capturaron los géneros *Cyclocephala* y *Ancognatha*, con una participación inferior al 2%, lo cual puede tener relación con la altura de la zona de muestreo, por encima de los 2.000 m.s.n.m. (Pardo, 1996).

En la Tabla 4 se observan dos situaciones interesantes. La primera se relaciona con muy buenas capturas durante el período seco entre Diciembre y Febrero, con un total de 2.945 ejemplares de *P. obsoleta*, *Anomala* spp. y *Pectris* spp., las cuales son las especies más representativas, ocupando el primer de la primera, con el 80% de participación y en segundo lugar, *Anomala*, con el 12%.

**Tabla 4.** Distribución porcentual de las capturas de las principales especies de escarabajos en el período entre diciembre de 1997 y marzo de 1998.

ESPECIES CAPTURADAS	PERIODO MUESTREADO			
	Diciembre-Febrero	%	Marzo	%
<i>P. obsoleta</i>	2358	80.1	1514	78.5
<i>Anomala</i> spp.	353	12.0	103	5.3
<i>Isonychus</i> spp.	234	7.9	313	16.2
TOTAL	2945		1930	

En el mes de marzo se ratifica la aparición de los mismos géneros, activados por la iniciación de las lluvias y con el dominio de *P. obsoleta*, representativa de los cucarrones de invierno, con un 78% de las capturas (Tabla 4).

De la familia Scarabaeidae (*Aphodius* sp. y *Dichotomius* sp.) se capturaron 10 especímenes de coprófagos, al parecer comunes en la vereda, en la cual no es muy representativa la actividad ganadera, pero con presencia de algunos bovinos de leche (Tabla 3).

Los predios están destinados casi por completo a la siembra de hortalizas (Zanahoria, remolacha y repollo), leguminosas (fríjol y habichuela) y papa en menor extensión.

#### -PERÍODO DE MARZO A SEPTIEMBRE DE 1998

En este período se presentó escasa participación de la subfamilia Dynastinae, representada por la Tribu Cyclocephalini, en cabeza de los géneros *Ancognatha*, *Cyclocephala* y *Aspidolea*.

En esta segunda etapa del muestreo se capturó por primera vez el género *Aspidolea*. Hubo muy pocas capturas de las Tribus Oryctini, Dynastini y Pentodontini, hallándose solo 3 nuevos géneros: *Strategus*, *Golofa* y *Heterogomphus* (Tabla 5).

**Tabla 5.** Distribución de las capturas de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en la vereda Lourdes (El Santuario) entre marzo de 1998 y septiembre de 1998.

GÉNEROS Y/O ESPECIES	CANTIDAD DE ESPECÍMENES CAPTURADOS	%
* MELOLONTHIDAE		
1. MELOLONTHINAE		
1.1. MELOLONTHINI		
• Phyllophaga obsoleta.	5404	69.00
• Plectris spp.	536	6.80
• Manopus spp.	14	0.18
1.2. SERICINI		
• Serica sp.	15	0.19
1.3. MACRODACTYLINI	157	2.00
• Isonychus spp.		
2. RUTELINAE		
2.1. ANOMALINI		
• Anomala spp.	1186	15.10
3. DYNASTINAE		
3.1. CYCLOCEPHALINI		
• Cyclocephala spp.	85	1.10
• Ancognatha spp.	276	3.50
• Aspidolea spp.	91	1.20
3.2. ORYCTINI		
• Podischnus sp.	1	0.01
• Strategus spp.	2	0.03
3.3. DYNASTINI		
• Golofa spp.	5	0.06
• Heterogomphus spp.	3	0.04
3.4. PENTODONTINI		
• Pucaya spp.	16	0.20
4. CETONIINAE		
4.1. CETONIINI		
• Euphoria sp.	1	0.01
* SCARABAEIDAE		
1. APHODIINAE-APHODIINI		
• Aphodius sp.	18	0.23
2. SCARABAEINAE-COPRINI		
• Dichotomius sp.	11	0.14
TOTAL	7.831	



En la subfamilia Cetoniinae apareció la Tribu Cetoniini, la cual no tuvo capturas en el primer período y desapareció la Gymnetini con su género *Gymnetis*, con 9 ejemplares (Tabla 3 y 5).

Nuevamente la subfamilia Melolonthinae con su Tribu Melolonthini, fue la que tuvo el mayor peso porcentual en el número total de capturas, con 5404 especímenes, todos aportados entre Marzo y Mayo, equivalentes al 69% (Tabla 5) y al 78.7% a nivel del grupo de especies con los mayores aportes en el total de capturas del mencionado período (Tabla 6).

**Tabla 6.** Distribución porcentual de las capturas de las principales especies de escarabajos en el período entre marzo y septiembre de 1998.

ESPECIES CAPTURADAS	PERIODO MUESTREADO			
	Marzo-Mayo	%	Junio-Sept.	%
<i>P. obsoleta</i>	5404	78.7		
<i>Anomala</i> spp	596	8.7	132	24.7
	181	2.6	75	14.0
<i>A. undulata</i> Melsheimer			202	37.7
<i>A. cinta</i> Burmeister	431	6.3		
	89	1.3	16	3.0
<i>Plectris aeruginosa</i> Burmeister	166	2.4	110	20.6
<i>Plectris</i> sp				
<i>Ancognatha</i> spp				
TOTAL	6867		535	

Entre los meses de Junio y Septiembre no hubo capturas de *P. obsoleta*, indicando la concentración de la emergencia de la mayoría de los adultos hasta el mes de Mayo. Al parecer, según la tabla 6, esta especie es relevada en este período de muestreo, por *Anomala*, *Ancognatha* y *Plectris*, quienes aparecen desde el primer semestre. El primer género fue capturado desde Diciembre, *Ancognatha* y *Plectris*, entre Marzo y Mayo.

En lo que respecta a la Tribu Macroductylini, se debe anotar que *Isonychus*, capturados en un 80% en el período de Diciembre/97 a Marzo/98, en este segundo, correspondiente entre marzo y septiembre/98 solo alcanzó un 2% (Tabla 3 y 5).

La familia Scarabaeidae estuvo representada en este período por Aphodiinae-Aphodiini y por Scarabaeinae-Coprini, cuyos géneros *Aphodius* y *Dichotomius*, respectivamente, solo alcanzaron porcentajes de captura entre 0.14 y 0.23 (Tabla 5). Esta situación pudo

deberse a la escasez de semovientes en las fincas mustreadas en la Vereda Lourdes, como patrimonio de las habitantes de los pequeños predios seleccionadas para el muestreo.

#### -PERÍODO DE FEBRERO A MAYO DE 1999.

En las Tablas 7 y 8 se puede apreciar que la subfamilia Dynastinae aportó nuevamente especímenes pertenecientes a las Tribus Cyclocephalini, Dynastini, Oryctini y Pentodontini, tal como había sucedido en el período comprendido entre Diciembre de 1997 y Marzo de 1998 (Tabla 3 y 4). Se puede ver la mayor participación de Cyclocephalini, a través de sus géneros *Cyclocephala* y *Ancognatha*.

De la subfamilia Melolontinae se destaca de nuevo la alta participación de la Tribu Melolonthini con el 65.4% de capturas a nombre de *P. obsoleta*, de acuerdo con el total de capturas correspondientes a este año en cuestión (Tabla 7).

Tal como se evidenció en el período de Diciembre de 1997 a Marzo de 1998, (Tabla 3), son apreciables las capturas en épocas secas (mes de Febrero), las cuales ascendieron a 638 especímenes (Tabla 8), ocupando el primer lugar la especie *P. obsoleta* con el 77.9%, el segundo puesto, las especies del género *Anomala* (*A. undulata*, *A. cintia* y *Anomala* spp.) y posteriormente aparecen *Isonychus* y *Cyclocephala*, con bajos porcentajes (Tabla 8).

Durante los meses de Marzo y Abril del mismo período, se presentaron las más altas capturas de los géneros mencionados anteriormente, con un total de 5149 ejemplares, volviendo a ocupar el puesto de comando *P. obsoleta* con el 68.4%, mostrando un ciclo de fuerte presencia en Marzo y Abril (Tablas 4 y 8) y su importancia como cucarrón de invierno en el altiplano del oriente antioqueño.

En estos meses la especie es acompañada por *Isonychus* spp. y por las mismas especies de *Anomala* y *Cyclocephala*, anteriormente mencionadas (Tabla 7 y 8).

Durante el mes de Mayo disminuyó ostensiblemente la participación de todas las especies, muy notaria para *P. obsoleta* y muy posiblemente acercándose a su desaparición en el mes de Junio, tal como se observa en la Tabla 6.

En lo que respecta a la subfamilia Rutelinae, se puede ver que la participación en las capturas es intermedia, con relación a Melolonthinae y Dynastinae (Tabla 7), destacándose la Tribu Anomalini con varias especies de *Anomala* (Tabla 8), las cuales participan durante todo el período, en forma similar a lo hecho en el de Marzo a Septiembre de 1998 (Tabla 6).



**Tabla 7.** Distribución de las capturas de los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en la vereda de Lourdes (El Santuario) entre febrero de 1999 y mayo de 1999.

GÉNEROS Y/O ESPECIES	Cantidad de especímenes capturados	%
* MELOLONTHIDAE		
1. MELOLONTHINAE		
1.1. MELOLONTHINI		
• <i>Phyllophaga obsoleta</i>	4027	65.40
• <i>Plectris</i> spp.	60	1.00
• <i>Manopus</i> spp.	4	0.06
1.2. MACRODACTYLINI		
• <i>Isonychus</i> spp.	756	12.30
1.3. SERICINI		
• <i>Serica</i> sp.	9	0.15
• <i>Symella</i> sp.	21	0.34
2. RUTELINAE		
2.1. ANOMALINI		
• <i>Anomala undulata</i> Melsheimer	120	1.95
• <i>A. cintia</i> Burmeister	251	4.10
• <i>Anomala</i> sp.1	427	6.90
• <i>Anomala</i> sp.2	2	0.03
3. DYNASTINAE		
3.1. CYCLOCEPHALINI		
• <i>Cyclocephala lucida</i> Burmeister	44	0.70
• <i>C. tutilina</i>	52	0.80
• <i>C. gregaria</i> Heyne y Tachenberg	77	1.20
• <i>C. sp</i>	117	2.00
• <i>Ancognatha scarabaeoides</i>	92	1.50
• <i>A. vulgaris</i> Arrow	47	0.77
• <i>Aspidolea</i> sp	5	0.08
• <i>A. aff. singularis</i>	10	0.16
3.2. DYNASTINI		
• <i>Heterogomphus dilaticollis</i>	12	0.20
• <i>Golofa aeacus</i> Burmeister	4	0.06
3.3. ORYCTINI		
• <i>Strategus aloeus</i> Linnaeus	2	0.03
3.4. PENTODONTINI		
• <i>Pucaya pulchra</i> Arrow	10	0.16
* SCARABAEIDAE		
1. SCARABAEINAE-COPRINI		
• <i>Dichotomius belus</i>	3	0.05
2. APHODIINAE-APHODIINI		
• <i>Aphodius</i> sp	10	0.16
TOTAL	6162	

**Tabla 8.** Distribución porcentual de las capturas de las principales especies de escarabajos en el período entre febrero y mayo de 1999.

ESPECIES CAPTURADAS	PERÍODO MUESTREADO					
	Febrero	%	Marzo - Abril	%	Mayo	%
<i>P. obsoleta</i>	497	77.9	3521	68.4	9	10.5
<i>Isonychus</i> spp	11	1.7	740	14.4	5	5.8
<i>Anomala undulata</i>	4	0.6	114	2.2	2	2.3
<i>A. cintia</i>	40	6.3	200	3.9	11	12.8
<i>Anomala</i> sp	76	11.9	310	6.0	43	50.0
<i>Cyclocephala</i> spp	10	1.6	264	5.1	16	18.6
TOTAL	638		5149		86	

**-PERÍODO DE AGOSTO A NOVIEMBRE 1999.**

Durante este último período del muestreo la subfamilia Melolonthinae continuó aportando el mayor número de capturas, con una participación del 41.6%, representada en alta proporción por la Tribu Macroductylini, dentro de la cual descolla *Isonychus* sp. con el 32.55% del total de los escarabajos capturados durante los 4 meses del período, pasando *P. obsoleta* al cuarto lugar, con una participación del 5.5% (Tabla 9).

Estas capturas pertenecen en su mayor proporción a los meses de Octubre y Noviembre, en un 8.6% para *P. obsoleta* (Tabla 10). Tampoco se capturaron ejemplares en el mes de Agosto para esta especie, como sucedió en el año de 1998 (Tabla 6) y los contabilizados en Septiembre de 1999, solo ascendieron a 6, indicando que para esta especie y para los años programados en este estudio, se presentó un lapso libre de adultos de la plaga, comprendido entre Mayo y Septiembre (Tablas 6 y 10).

Por primera vez en los 4 ciclos del muestreo, la subfamilia Dynastinae estuvo muy cerca de la Melolonthinae, con el 39.6% del total de escarabajos capturados, con los mayores aportes de las especies de la Tribu Cyclocephalini (38.86%) y la gran contribución de *A. scarabaeoides* Erichson, equivalente al 27% (Tabla 9).

Las bajas o nulas capturas de *P. obsoleta* en los meses de Agosto y Septiembre son sustituidas o relevadas por *A. scarabaeoides*, un Dynastinae-Cyclocephalini, por *Isonychus* sp., un Melolonthinae-Macroductylini con altas poblaciones (49% y 42.9% respectivamente) y por *Anomala*, un Rutelinae-Anomalini (Tabla 10), también capturados en los mismos meses del año 1998 (Tabla 6).



**Tabla 9.** Distribución de las capturas de los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en la vereda Lourdes (El Santuario) entre agosto de 1999 y noviembre de 1999.

GÉNEROS Y/O ESPECIES	Cantidad de especímenes capturados	%
* MELOLONTHIDAE		
1. MELOLONTHINAE		
1.1. MELOLONTHINI		
• <i>Phyllophaga obsoleta</i>	63	5.50
• <i>Plectris</i> sp.	13	1.10
• <i>Manopus</i> sp.	28	2.44
1.2. MACRODACTYLINI		
<i>Isonychus</i> sp.	373	32.55
1.3. SERICINI		
<i>Serica</i> sp	16	1.40
2. RUTELINAE		
2.1. ANOMALINI		
• <i>Anomala</i> cinta	29	2.53
• <i>A. caucana</i>	4	0.35
• <i>A. sp.1</i>	117	10.21
• <i>A. sp.2</i>	43	3.75
• <i>A. sp.3</i>	7	0.61
3. DYNASTINAE		
3.1. CYCLOCEPHALINI		
<i>Cyclocephala lucida</i>	43	3.75
<i>C. lunulata</i>	1	0.09
<i>C. signata</i>	4	0.35
<i>C. aff. tutilina</i>	13	1.13
<i>Ancognatha scarabaeoides</i>	25	2.18
<i>A. vulgaris</i>	309	27.00
<i>Aspidolea</i> sp. aff. <i>singularis</i>	46	4.01
3.2. DYNASTINI		
• <i>Heterogomphus</i> sp.	7	0.61
3.3. PENTODONTINI		
• <i>Pucaya</i> sp.	1	0.09
TOTAL	1146	

Aunque durante los meses de Octubre y Noviembre de 1999, el número de *P. obsoleta* se incrementó en casi 10 veces, el porcentaje de participación dentro del grupo de las especies capturadas, sólo fue del 8,6%. Es decir, para estos meses fue mayor la emergencia de los escarabajos de los géneros *Isonychus* (42.5%), *Ancognatha* (29.7%) y *Anomala* (19.2%).

Se reitera, de acuerdo con los resultados consignados en la tabla 6, que *P. obsoleta* con sólo 5.5% del total de escarabajos capturados, no es de notoria presencia en el segundo semestre (Tablas 5,6,9 y 10), sino de masiva ocurrencia en los meses de Mayo y Abril (Tablas 8 y 9), tal como lo afirman (Vallejo, 1997 y Londoño, 1999).

En síntesis, los resultados de los cuatro períodos de muestreo ratifican la enorme presencia e importancia de *P. obsoleta* en la Vereda Lourdes (El Santuario), con una participación del 66.3% de las capturas, seguida a mucha distancia por *Isonychus* sp. y por el complejo de especies de *Anomala* (Tabla 11 y Figura 3).

**Tabla 10.** Distribución porcentual de las capturas de las principales especies de escarabajos en el período entre agosto y noviembre de 1999.

ESPECIES CAPTURADAS	PERÍODO MUESTREADO					
	Agosto	%	Septiembre	%	Oct.- Nov.	%
<i>P. obsoleta</i>	--	--	6	2.9	57	8.6
<i>Anomala</i> sp	--	--	11	5.2	128	19.2
<i>Anomala scarabaeoides</i>						
Erichson	8	100	103	49.0	198	29.7
<i>Isonychus</i> spp	--	--	90	42.9	283	42.5
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>		<b>210</b>		<b>666</b>	

Según Vallejo (1997) las capturas de la primera especie corresponden a más del 50% del total de los escarabajos obtenidos en el oriente antioqueño entre los años de 1994 y 1997, constituyendo el Melolóntido con mejor distribución.

Estos datos indican que la población de *P. obsoleta* capturada fue 7.7 veces mayor que la de *Isonychus* sp. y 5 veces superior a la población del complejo de especies de *Anomala*. Las primeras en conjunto le dan la relevancia comentada a la subfamilia Melolonthinae, en la discusión de los resultados de estos muestreos, que participaron con el 74.9% del total de escarabajos capturados.

Las especies de *Plectris* participaron con el 3.0%, las de *Cyclocephala* con el 2.2%, *A. scarabaeoides* con el 1.2% y el resto con porcentajes inferiores al 0.5.

Las especies registradas en la tabla 11, hacen parte de las capturadas por Montoya (1992), Nanclares y Ramírez (1992) y por Vallejo (1997), indicando esta situación que es posible en estudios veredales obtener la mayoría de las especies presentes en una región, como el oriente antioqueño.

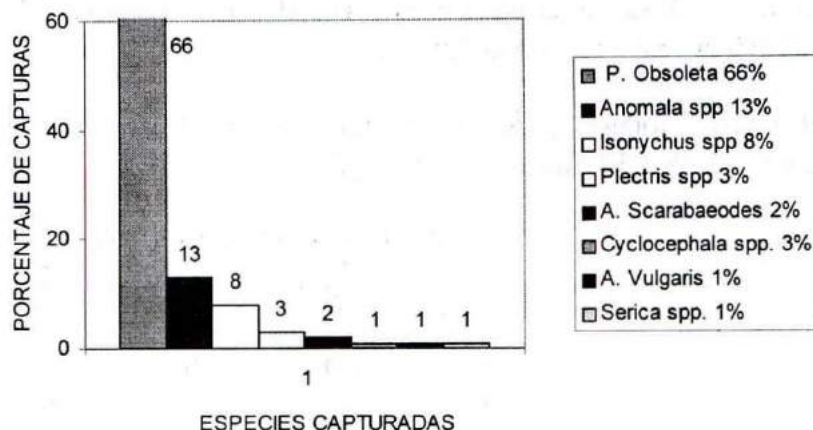
**4.1.2 Especies capturadas en otros municipios de la región.** El muestreo realizado en los municipios de El Carmen de Viboral, La Ceja, Marinilla y Rionegro no fue intensivo



como en El Santuario. Sin embargo, se capturaron las mismas especies registradas en este último municipio, destacándose también la fuerte presencia de *P. obsoleta*, tanto en estado adulto como en chisa, tal como fue comprobado por Cárdenas y Cardona (1999). La información aludida se aprecia en la Tabla 12.

**Tabla 11.** Capturas totales para los 4 períodos de Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae, en Lourdes, El Santuario (Antioquia).

ESPECIES	PERIODOS PROGRAMADOS				TOTAL
	1	2	3	4	
* <i>P. obsoleta</i>	3872	5407	4027	63	13.369
* <i>Macrodactylus</i> spp.	12				12
* <i>Isonychus</i> spp.	450	157	756	373	1.736
* <i>Anomala</i> spp.	456	728	429	167	1.780
* <i>Cyclocephala</i> spp.	67	9	117		193
* <i>Ancognatha</i> spp.	75				75
* <i>Podischnus</i> spp.	12	1			13
* <i>Pucuya</i> spp.	1	16			17
* <i>Serica</i> spp.	123	103	9	16	251
* <i>Gymnetis</i> sp.	9				9
* <i>C. lunulata</i>				1	1
* <i>C. signata</i>				4	4
* <i>C. lucida</i>		42	44	43	129
* <i>C. gregaria</i>		18	77	25	120
* <i>C. tutilina</i>		16	52	13	81
* <i>Anomala undulata</i>		256	120		376
* <i>A. cinta</i>		202	251	29	482
* <i>A. caucana</i>				4	4
* <i>Ancognatha humeralis</i>		20			20
* <i>A. scarabaeoides</i>		96	92	309	497
* <i>A. vulgaris</i>		160	47	46	253
* <i>Plectris</i> sp.		105	60	13	178
* <i>P. heariginosa</i>		431			431
* <i>Aspidolea singularis</i>		3	5	4	12
* <i>Manopus</i> sp.		14	4	28	46
* <i>Heterogomphus rugicollis</i>		3			3
* <i>Golofa aeacus</i>		5	5		10
* <i>Euphoria</i> sp.		1			1
* <i>Strategus</i> sp.		2	2		4
* <i>Heterogomphus</i> sp.				7	7
* <i>Pucaya pulchra</i>			10		10
* <i>H. dilaticollis</i>			11		11
* <i>Symmella</i> sp.			21		21
TOTAL	5077	7795	6139	1145	20.156



**Figura 3.** participación porcentual de las especies de escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) en los cuatro períodos de muestreos (1997-1999).

**Tabla 12.** Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) capturados en algunos municipios del oriente antioqueño.

MUNICIPIO	ESPECIE CAPTURADA
Rionegro	Anomala cintia, Plectris sp., P. obsoleta, Isonychus sp., Cyclocephala sp., A. vulgaris, A. scarabaeoides, C. sexpunctata, Golofa sp.,
Marinilla	Plectris sp., Anomala sp., P. obsoleta, Isonychus sp., Cyclocephala sp., C. sexpunctata, A. vulgaris, A. scarabaeoides, Plectris sp., C. lunulata.
La Ceja	Isonychus sp.
El Carmen	Plectris sp., Phyllophaga obsoleta, Cyclocephala sp., Anomala cintia, Ancognatha vulgaris, A. scarabaeoides, Cyclocephala sexpunctata.

#### 4.2. ESPECIES DE ESCARABAJOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CAPTURADAS EN VARIAS REGIONES DE ANTIOQUIA.

De acuerdo con la información registrada en la Tabla 12, en los municipio de clima frío de la zona norte, se capturaron algunos géneros comunes en el oriente, como *Plectris*, *Symmela*, *Heterogomphus*, *Ancognatha* y uno nuevo, *Astaena*. En el Valle de Aburrá se encontró *Podischus agenor* Olivier durante la mayor parte del año, afectando caña de



azúcar, cañabrava, maíz y guadua. El género *Macroductylus* se encontró en el municipio de Bello y en Betulia, ubicado en el Suroeste. (Tabla 13).

La especie *C. amazonica* L. se halló en municipios de las regiones de Urabá, occidente y suroeste, asociada a las flores de guanábano.

En inflorescencias de mango de los municipios del occidente, se observó el ataque de *Macraspis lucida* Olivier y para destacar en el periodo de muestreo, la altísima población de *Dyscinetus* sp. en el territorio contiguo al golfo de Urabá. (Tabla 13)

En el Bajo Cauca, en condiciones de arroz secano mecanizado se registraron 8 géneros conformados por *Dyscinetus dubius*, *Euetheola bidentata*, *Serica* sp, *Lyogenis quadridens*, *Cyclocephala* sp1, *Cyclocephala* sp 2, *Lygirus* sp y *Anomala* sp. La especie más abundante y frecuente fue *D. dubius*, seguida por *E. bidentata*, el cual es la especie más limitante en la zona al trozar las plántulas de arroz y disminuir la población del cultivo establecido.

**Tabla 13.** Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) capturados en varias regiones del departamento de Antioquia

Región y Municipio	Especie Capturada
1. Urabá	
• Necoclí	<i>Anomala</i> sp, <i>Cyclocephala amazonica</i> , <i>C. melanocephala</i> , <i>Dyscinetus</i> sp. <i>C. amazonica</i>
• Mutatá	<i>C. gregaria</i> , <i>Anomala</i> sp.
2. Occidente	
• Santa Fé de Antioquia	<i>Bothynus</i> sp. <i>Podischnus agenor</i> , <i>Bothynus complanus</i> , <i>Phyllophaga</i> sp. 1, <i>Phyllophaga</i> sp. 2, <i>Macraspis lucida</i> , <i>C. amazonica</i> , <i>C. sp.</i>
3. Norte	
• San Pedro	<i>A. scarabaeoides</i> , <i>H. dilaticollis</i>
• Santa Rosa	<i>Symmela</i> sp., <i>Heterogomphus dilaticollis</i> , <i>Serica</i> sp., <i>Astaena validus</i> , <i>Astaena</i> sp., <i>Plectris</i> sp.
• Don Matías	<i>Anomala</i> sp.
4. Valle de Aburrá	
• Medellín	<i>Plectris</i> sp.
• Bello	<i>Anomala</i> aff. <i>cupricollis</i> , <i>Podischnus agenor</i> , <i>Leucothyreus</i> sp., <i>Hemiphileurus depressus</i> , <i>C. amazonica</i> , <i>Macroductylus</i> sp., <i>Plectris</i> aff. <i>sericea</i> , <i>Macroductylus</i> sp.
5. Suroeste	
• Betulia	<i>Macroductylus flavolineatus</i>
• Támesis	<i>C. amazonica</i>
• Bajo Cauca	
• Nechi	<i>Dyscinetus</i> sp, <i>Euetheola bidentata</i> , <i>Serica</i> sp, <i>Lyogenis quadridens</i> , <i>Cyclocephala</i> sp1, <i>Cyclocephala</i> sp2, <i>Lygirus</i> sp y <i>Anomala</i> sp.

#### 4.3. ESPECIES DE ESCARABAJOS COPRONECROFILOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) CAPTURADOS EN VARIAS REGIONES DE ANTIOQUIA.

El muestreo se llevó a cabo en 19 municipios pertenecientes a 7 zonas. Se capturaron 18 especies de las subfamilias Scarabaeinae y Aphodiinae. La primera presentó la mayoría de las especies, pertenecientes a las Tribus Coprini (*D. bellus*, *D. satanas*, *Canthidium*), Onitini (*Coprophaneus* sp., *C. jasius*), Scarabaeini (*Canthon mutabilis* y *C. lituratus*) y Onthophagini (*Onthophagus marginicollis*, *O. aff. curvicornis*, *Eurysternus* sp. y *E. magnus*).

De la subfamilia Aphodiinae se capturaron especímenes de dos Tribus, Aphodiinae con 4 especímenes y Eupariini con el género *Ataenius* (Tabla 14).

**Tabla 14.** Registro de capturas de escarabajos copronecrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae) de varias regiones de Antioquia.

REGIÓN Y MUNICIPIO	ESPECIE CAPTURADA
1. Urabá	
• Arboletes	<i>Onthophagus marginicollis</i> , <i>Coprophaneus</i> sp.
• Apartadó	<i>Coprophaneus jasius</i>
2. Occidente	
• Abriaquí	<i>Aphodius</i> sp., <i>Onthophagus</i> sp., <i>Eurysternus</i> sp.
• Buriticá	<i>Aphodius</i> sp.
• Santafé de Antioquia	<i>Aphodius</i> sp., <i>A. sp.2</i> , <i>A. sp.3</i> , <i>Canthon mutabilis</i> , <i>C. lituratus</i> , <i>O. marginicollis</i> , <i>Canthidium</i> sp., <i>E. magnus</i> , <i>Ataenius</i> sp., <i>Eurysternus</i> sp.
3. Nordeste	
• Barbosa	<i>Ontherus</i> sp., <i>Dichotomius bellus</i> , <i>Oxysternon conspicillatum</i>
• Santo Domingo	<i>A. brasiliensis</i>
4. Norte	
• Donmatias	<i>O. aff. curvicornis</i> , <i>Aphodius</i> sp., <i>D. bellus</i> .
• San Pedro	<i>Onthophagus</i> sp.
• Belmira	<i>Onthophagus</i> sp.
• Angostura	<i>Onthophagus</i> sp.
5. Valle de Aburrá	
• Bello	<i>D. bellus</i> , <i>Aphodius</i> sp., <i>Coprophaneus</i> sp., <i>Oxysternon conspicillatum</i>
• Medellín	<i>O. aff. curvicornis</i> , <i>Ataenius</i> sp., <i>Aphodius</i> sp., <i>D. bellus</i> , <i>Oxysternon conspicillatum</i>
6. Oriente	
• Marinilla	<i>Onthophagus</i> sp., <i>Oxysternon conspicillatum</i> , <i>Aphodius</i> sp.
• El Santuario	<i>D. bellus</i> , <i>D. satanas</i> , <i>Aphodius</i> sp.
• Nariño	<i>O. marginicollis</i> , <i>D. bellus</i>
• Guarne	<i>Onthophagus</i> sp., <i>Aphodius</i> sp.
• Granada	<i>Onthophagus</i> sp., <i>Aphodius</i> sp.
7. Bajo Cauca	
• Caucasia	<i>O. marginicollis</i>



Los escarabajos de género *Onthophagus* se colectaron en 12 de los 19 municipios muestreados; *Aphodius* en 9 y los de la especie *D. bellus* se hallaron en 6 de ellos. Igualmente Delgado y Gil (1998) encontraron que en un bosque húmedo tropical de Antioquia, la subfamilia Scarabaeinae presentó la mayoría de los género capturados en trampas. En este estudio el género *Canthon* aportó 7 especies, *Dichotomius*, 6 y *Onthophagus*, 5.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ R., A.; POSADA O, L. y MARTÍNEZ W, O. Distribución espacial y vertical de *Clavipalpus* pos. *ursinus* Blanchard. En: Resúmenes XVII Congreso Socolen, 1990. p.19.
- BUENO, J.M.; RAMÍREZ, D. y CARDONA, C. Biología, hábitos y hospedantes de la chisa *Macroductylus* cerca *ovaticollis* (Coleoptera: Scarabaeidae). En: Rev. Colomb. de Entomol. Vol.24, No. 2 (1998); p. 29-34.
- CÁRDENAS G, J. E y CARDONA C., D.A. Identificación por medio del ráster de géneros encontrados en diferentes municipios del oriente antioqueño. Seminario de la Asigantura Manejo Integrado de Plagas. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín. 1999. 10p.
- CASTAÑO, C. y HOYOS, C.A. Reconocimiento de Coleópteros con énfasis en Melolonthidae, capturados en trampas de luz en la vereda Lourdes, Municipio de El Santuario (Ant.). Seminario de la asignatura Manejo Integrado de Plagas. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín. 1998. 40p.
- COSTA-LIMA, A. Da. Insectos do Brasil. Escola Nac. Agronomía. Ser. Didáctica No.10. Tomo 8, Cap. XXIX, Colopteros, 2ª parte., 1953. p.33-69.
- DELGADO L, C. M. y GIL P, Z. N. Estudio de las comunidades de insectos con énfasis en los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en cuatro estados sucesionales en la zona de influencia de proyecto hidroeléctrico Porce II. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Tesis (Ingenieras Agrónomas). 1998. 175p.
- ESPINAL T, J. S. Perfiles ecológicos de rutas Colombianas y de los río Cauca y Magdalena. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Primera edición. Editorial Lealon, Medellín. 125p.
- GUARÍN M, H. Evaluación de la patogenicidad de *Bacillus popilliae* Dutky sobre *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae). En: Memorias Seminario Aconteceres Entomológicos, p.43-54. 1997.
- KING, AB Y SAUNDERS, J. L. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América central. Administración de desarrollo extranjero (ODA). Londres. 1984. 182p.
- LONDOÑO Z, M.E. Reconocimiento de los enemigos naturales de las chisas o mojojy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el oriente Antioqueño. En: Rev. Colomb. de Entomol., v.20, n°3, p.199-206. 1994.
- LONDOÑO Z, M.E. y PÉREZ S, M. Reconocimiento de los enemigos naturales de la chiza o mojojy (Coleoptera: Scarabaeidae) en el oriente Antioqueño. En: Resúmenes XX Congreso Socolen, p.50. 1993.
- LONDOÑO Z, M.E. Avances sobre el uso de *Metarhizium anisopliae* en el control de chiza (Col.: Scarabaeidae). En: Resúmenes XXII Congreso Socolen, p. 81. 1995.

- LONDOÑO Z, M.E. Y RÍOS L, A.M. Efectos de diferentes agentes de control biológico sobre *Phyllophaga obsoleta* y *Anomala undulata* (Coleoptera: Melolonthidae). *En: Resúmenes XXIV Congreso*, p.120. 1997.
- LONDOÑO Z, M.E. y RÍOS L, A.M. Suceptibilidad de los estados y estadíos de desarrollo de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae) a diferentes agentes de control biológico. *En: Resúmenes XXV Congreso Socolen*, p.1. 1998.
- LONDOÑO Z, M.E. El complejo de chisas de Colombia y perspectivas para su manejo. *En: Memorias XXVI Congreso Socolen*, p.197-207. 1999.
- LÓPEZ A, A. Insectos plagas del cultivo de la papa en Colombia y su manejo. *En: papas Colombianas*, p. 146-154. Comunicaciones y Asociados Ltda. 1996. 272p.
- LOZANO T, M.D; RODRÍGUEZ, M.N; VÁSQUEZ A, N.C. y SÁNCHEZ G, G. Evaluación del efecto del entomopatógeno, *Metarhizium anisopliae* en larvas de los géneros *Plectris*, *Serica* y *Macrodactylus* (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) presentes en el cultivo de la arracacha. *En: Resúmenes XXIII Congreso Socolen*, p.91. 1996.
- MONTOYA, G.C; MADRIGAL C, A. y RAMÍREZ, C.A. Evaluación de trampas de luz para el control de adultos de Scarabaeidae (Coleoptera) en el cultivos de papa en La Unión (Antioquia). *En: Rev. Colomb. de Entomol. Vol.20, No.2*, p.130-136. 1994.
- MONTOYA, G. Evaluación de trampas de luz para el control de adultos de Scarabaeidae en el cultivo de papa en La Unión (Ant.). Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. Tesis (Ing. Agrónomo). 1992.
- MORÓN, M.A. Experiencias en América sobre control de Scarabaeidae fitófagos. *En: Memorias XXI Congreso Socolen*, p.177-184. 1994.
- MORÓN, M.A. Aspectos biológicos sobre Scarabaeidae (Sensu latu) (Insecta: Coleoptera). *En: Memorias XXI congreso Socolen*, p.151-158. 1994
- NANCLARES, O. y RAMÍREZ, E. Reconocimiento de chisas (Coleoptera: Scarabaeidae) en cuatro municipios del oriente Antioqueño. Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. Tesis (Ing. Agrónomo). 1992.
- PANTOJA, A. Antrópodos relacionados con el arroz en América Latina. *En: MIP en Arroz*. p.59-98. 1997.
- PARDO L, L.C . Introducción al estudio de los escarabajos de Colombia. descripción e importancia social. *En: Memorias XXIV Congreso SOCOLEN*, p.75-84. 1997.
- PARDO L, L.C. Esacarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. *En: Memorias XXI Congreso Socolen*, p.159-176. 1994.
- PARDO L, L.C; FRANCO C, M.P. y ALARCÓN G, A.A. Estudios preliminares de las chisas (Coleoptera: Lamellicornia) de San Antonio Cauca. Registros y observaciones en Laparosticti y pleurosticti. *En: Rev. Colomb. de Entomol. Vol. 21, No.*, p.51-57, 1995.



PARDO L, L.C. y HENAO, E. Noticia y prioridades investigativas de los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) del ecotono selvático río Dovio, Chocó Biogeográfico, Valle, Colombia. *En: Rev. Cespedesia*. Vol.21, No.68, p.133-146. 1996

PARDO L, L.C. y FRANCO, M.P. Avances en el monitoreo de chisas rizófagas (Coleoptera: Melolonthidae), sinopsis de dos años de muestreo en el cultivo de la yuca en San Antonio, Cauca, Colombia. *En: Memorias Seminario Aconteceres Entomológicos*, p.165-179. 1997.

PARDO L, L. C.; ALARCÓN, A.A y FRANCO C, P. Estudios Preliminares de las chisas (coleoptera: Lamellicornia) de San Antonio, Cauca. II registros y observaciones en Laparosticti. *En: Resúmenes XX Congreso Socolen*,p.39. 1993.

PARDO L, L.C; REYES U, L.C y FRANCO C, M.P. Estudio exploratorio de los escarabajos (Insecta-Coleoptera) de la cuenca alta del río Pance (Farallones de Cali-valle). *En: Resúmenes XXII Congreso Socolen*, p.27. 1995.

PARDO L, L.C; GALEANO, P.E; PRECIADO, V.H. y RUBIANO, M. Observaciones preliminares de los escarabajos Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) del municipio de Ibagué. *En: Resúmenes Congreso Socolen*, p.27. 1995.

PEDRAZA F, C. y RODRÍGUEZ G, P. Estudio sobre poblaciones de escarabajos y chisas en el municipio del Santuario (Antioquia). Seminario de la asignatura Manejo integrado de plagas. Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. 1999. 36p.

RAMÍREZ, L. A. y ESTRADA, A.. Fluctuación poblacional de especies de Coleoptera: Melolonthidae en el Municipio de El Santuario, Vereda Lourdes. Seminario de la asignatura Manejo integrado de plagas. Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. 1999. 30p.

RENDÓN O, M. y SIERRA, A. Reconocimiento de especies de Melolonthidae : Coleoptera y Scarabaeoidea: Coleoptera, de la Vereda de Lourdes del Municipio de El Santuario. Seminario de la asignatura manejo integrado de plagas. Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. 1999. 43p.

RUIZ B, N y PUMALPA C, N. Conozca la chiza y su control. Plegable de divulgación No217. ICA. Unidad de impresión ICA-Pasto. 1989.

SÁNCHEZ G, G. y VÁSQUEZ N, N. C. El cucarro *Eutheola bidentata* (Burmeister) (Coleoptera: Scarabaeidae) plaga de la raíz en maíz y Sorgo. *En: Manejo integrado de plagas y enfermedades en Maíz. Sorgo*. Ediciones PM. Boletín de Sanidad Vegetal 13., p.65-71. 1996.

VALLEJO, F; MORÓN, M. A. y ORDUZ, S. Primer registro y descripción de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae), una especie plaga del complejo chisas de Colombia. *En: Rev. Colomb. de Entomol.* v. 23, n° 1-2, p.1-7. 1997.

VALLEJO E, L.F. Contribución al conocimiento de las plagas subterráneas (chisas) (Coleoptera, Scarabaeoidea: Melolonthidae) del oriente de Antioquia-Colombia. Tesis. Posgrado en Entomología. Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. 1997.

VÁSQUEZ A, N. C. y SÁNCHEZ G, G. Propuesta del manejo integrado de las chisas (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de arracacha para el municipio de Cajamarca, Tolima. *En: Resúmenes XXIII Congreso Socolen*, p. 92. 1996.

VÁSQUEZ A, N. C. y SÁNCHEZ G, G. Bioecología y manejo de las chisas (Coleoptera: Melolonthidae) en el sistema de reproducción de la arracacha en el municipio de Cajamarca, Tolima. *En: Memorias III Seminario regional de control biológico*, p.6-7. 1997.