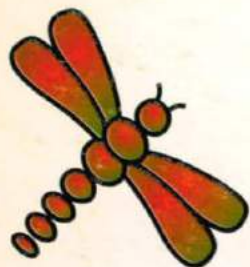
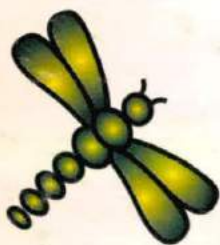
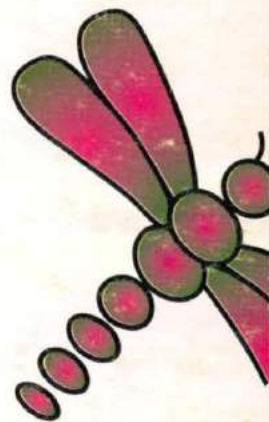
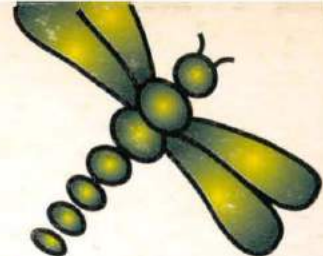


BIBLIOTECA PERSONAL
ALEX E. BUSTILLO

21

XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología



Medellín - Colombia

27-28 y 29 de julio de 1.994

MEMORIAS

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

S O C O L E N

M E M O R I A S X X I C O N G R E S O

Medellín

Julio 27 - 29 de 1994

PRESENTACION

La Sociedad Colombiana de Entomología se ha caracterizado entre otros aspectos por editar en cada uno de sus Congresos Anuales, dos publicaciones: los Resúmenes de los trabajos y las Memorias. Es una aspiración constante la de entregar a cada participante al inicio del Congreso los ejemplares de estos documentos.

Para el Comité Organizador del XXI Congreso de SOCOLEN - pero muy especialmente para la Comisión Académica - es motivo de satisfacción cumplir con los asistentes y poder colocar en circulación las publicaciones ya mencionadas.

La Comisión Académica ha realizado esfuerzos significativos para incluir en las MEMORIAS los textos de los artículos de los temas que los diferentes autores tratarán, bien sea en las exposiciones magistrales, como también en los Simposios y el Cursillo sobre Entomología Médica. Respetando los criterios de los autores se consignan las versiones, elaboradas por estos investigadores.

Agradecemos a cada autor en nombre de la SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA, su contribución, que ha posibilitado estas MEMORIAS. Pero en especial la COMISION ACADEMICA agradece el trabajo de transcripción de Miryam Ospina O.

COMISION ACADEMICA

JUNTA DIRECTIVA
SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA
1992 - 1994

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

VOCALES

Principales

Rubén Restrepo
Miguel Benavides
Emilio Luque

Suplentes

Iván Zuluaga G.
Dora Alba Rodríguez
Raúl Pardo

COMITE ORGANIZADOR

XXI CONGRESO

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Presidente: | Alejandro Madrigal C. |
| Vicepresidente: | Rodrigo Vergara R. |
| Secretaria: | Diana Canchala |
| Tesorero: | Emilio Arévalo P. |
| Revisor Fiscal: | José Daniel Tinoco |

COMISIONES

| | |
|------------------------------------|--|
| Académica: | Raúl Vélez Angel Rodrigo Vergara Ruiz |
| Financiera: | Alejandro Madrigal C. |
| Publicidad y prensa: | Francisco Yepes |
| Recursos físicos: | Gilberto Morales S. |
| Actos sociales: | Bernardo Villa |
| Relaciones Internacionales: | Raúl Vélez Angel |
| Registro e información: | Gladys E. Múnera Uribe Luz Amparo Vanegas |

EMPRESAS PATROCINADORAS

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Abbott Laboratories de Colombia | Dow Elanco |
| Agrevo | Dow Química |
| Asocolflores | Fábrica de Licores de Antioquia |
| Avianca | Hoechst Colombiana |
| Basf Química | Hotel Intercontinental - Medellín |
| Bayer Químicas Unidas | KEMTEK |
| Café La Bastilla | LAVERLAM |
| Cartón de Colombia | PERKINS |
| Ciba - Geigy Colombiana | POSTOBON |
| COIMBIOL | PROFICOL |
| COLJAP | SAM |
| COLTEJER | SCHERING |
| Compañía Nacional de Chocolates | TMA |

ENTIDADES PATROCINADORAS

Alcaldía de Medellín
CIAT
CIB
Cipreses de Colombia
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - México
CORPOICA
Escuela Agrícola Panamericana - Honduras
Facultad de Ciencias - U. Nal.- Medellín
Facultad de Ciencias Agropecuarias - U. Nal. - Medellín
ICA
Instituto de Ecología de México
Ministerio de Agricultura
Secretaría de Agricultura de Antioquia
Servicio Seccional de Salud de Antioquia
Universidad de Antioquia
Universidad de California, Davis
Universidad del Valle
Universidad Nacional - Bogotá



CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| CONFERENCIAS MAGISTRALES | |
| QUE QUIEREN REALMENTE LOS AGRICULTORES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)? Alfredo Rueda, Keith L. Andrews | 1 |
| PROBLEMATICA ENTOMOLOGICA Y MANEJO DE INSECTICIDAS EN FRUTALES Y HORTALIZAS DE EXPORTACION Darío Corredor | 8 |
| MANAGING INSECT RESISTANCE Doris Paroonagian | 20 |
| THE ROLE OF WEEDS IN INTEGRATED PEST MANAGEMENT Robert F. Norris | 63 |
| APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGIA AL CONTROL DE INSECTOS DAÑINOS Sergio Orduz Peralta | 104 |
| LA AVERSION AL RIESGO EN LA DECISION ENTOMOLOGICA: IMPLICACIONES EN EL USO DE INSECTICIDAS César Cardona | 126 |
| SIMPOSIO PLAGAS RIZOFAGAS: | |
| ASPECTOS BIOLOGICOS SOBRE SCARABAEIDAE (<i>Sensu lato</i>) (INSECTA: COLEOPTERA) Miguel Angel Morón | 151 |
| ESCARABAJOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE IMPORTANCIA AGRICOLA EN COLOMBIA Luis Carlos Pardo Locarno | 159 |
| EXPERIENCIAS EN AMERICA SOBRE CONTROL DE SCARABAEIDAE FITOFAGOS Miguel Angel Morón | 177 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| SIMPOSIO EXTRACTOS DE PLANTAS CON PODER INSECTICIDA: | |
| RETROSPECTIVA DE LOS PLAGUICIDAS DE ORIGEN VEGETAL Lucia Atehortúa | 186 |
| FUNCION PROTECTORA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EN LAS PLANTAS Jorge Alberto Correa Quiroz | 226 |
| ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LOS EXTRACTOS DE PLANTAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Rodrigo A. Vergara R., Alejandro Madrigal C. | 252 |
| CURSILLO PROBLEMATICA ENTOMOLOGICA EN HUMANOS: | |
| ESTRATIFICACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGO PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES José Pablo Escobar Vasco | 281 |
| ARTROPODOS COMO AGENTES DE ENFERMEDAD Rafael Valderrama H | 289 |
| PROBLEMATICA DE LA MALARIA Y SUS VECTORES Marco F. Suárez | 301 |
| EL DENGUE COMO PROBLEMA DE SALUD PUBLICA EN COLOMBIA Yolanda Lucía López Arango | 315 |
| LEISHMANIOSIS BIOECOLOGIA Y DISTRIBUCION DE <i>Lutzomyia sp.</i> EN COLOMBIA Marta Isabel Wolff E., Iván Dario Vélez B. | 342 |
| LOS SIMULIIDAE (DIPTERA Y SU IMPORTANCIA SANITARIA EN LATINOAMERICA Sixto Coscarón | 357 |

**CONFERENCIAS
MAGISTRALES**

¿QUE QUIEREN REALMENTE LOS AGRICULTORES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)?

Ing. Alfredo Rueda¹
Dr. Keith L. Andrews²

Se ha gastado mucho esfuerzo en desarrollar programas de MIP en Centro América en los últimos 10 años. Creemos que la perspectiva del agricultor es más importante que nuestra perspectiva científica, porque los agricultores deciden si usan o no las tecnologías que desarrollamos. Este repaso es algo negativo acerca de nuestro trabajo como especialistas de MIP, pero necesitamos ver nuestros defectos con el fin de ser capaces de enfocar el problema y mejorar la implementación del MIP en Centro América.

¿Qué está disponible en MIP en Centro América? Hay una gran existencia de programas de MIP en Centro América, porque programas como CATIE, CARE y EAP han generado tecnologías de MIP para plagas de maíz, sorgo, frijoles, repollo, brócoli, tomates y melones. Esto significa que los técnicos o científicos ya han estado haciendo su trabajo, pero la implementación de estos programas por los agricultores es baja.

Así, ¿quién está buscando MIP? y ¿porqué?

1. Científicos

La mayoría de las instituciones educacionales y de investigación en Centro América están desarrollando programas de MIP solamente para un cultivo o para la plaga que limita mayormente la producción. Para los científicos el trabajo interdisciplinario todavía es carente, y para ellos el MIP parece significar métodos alternativos de control para una sola plaga (insectos en la mayoría de los casos), en lugar de ver la ecología entera cultivo/plaga. Los científicos trabajan con la metodología convencional (la transferencia de información viene de arriba hacia abajo): trabajando en sus estaciones experimentales ellos están aislados de los agricultores y pueden aún estar trabajando sobre problemas que no son una prioridad para los agricultores. La demanda por MIP de la comunidad científica en general es alta, porque MIP actualmente es una estrategia de control de plagas aceptable y es frecuentemente un pre-requisito para financiamiento.

¹ Jefe Interino, Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Apdo. Postal 93. Tegucigalpa, Honduras, C.A.

² Director, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Apdo. Postal 93. Tegucigalpa, Honduras, C.a.

2. Escuelas Agrícolas

En el sector educacional hay también una gran demanda por MIP. La mayoría de las universidades en la región incluyen por lo menos un curso de MIP en el curriculum estudiantil. Este único curso es en su mayoría teórico, ya que los profesores carecen de experiencia en el campo de MIP y es difícil tener demostraciones de campo. El curso de MIP es comúnmente aislado de las otras clases de protección vegetal y producción. Hay poca coordinación entre profesores, así que los estudiantes aprenden a controlar plagas principalmente con plaguicidas. El MIP es considerado sinónimo con entomología o un curso avanzado de control de plagas. Los sistemas educacionales hacen aún menos trabajo interdisciplinario que la comunidad científica.

3. Niveles de Decisión Política

Los hacedores de política se mueven a la misma velocidad que la opinión mundial. Los términos que favorecen al MIP tales como sostenibilidad, conservación de los recursos naturales, intereses ambientales y la participación del agricultor son normales en los discursos de los hacedores de política de Centro América. En Honduras la política de MIP ha sido aprobada, pero su implementación está muy lejos de la realidad y políticamente muy costosa. La demanda del MIP en este sector está solamente sobre el papel y en los discursos.

4. Programas de Desarrollo

Para la mayoría de los programas de desarrollo se requiere una evaluación ambiental antes de que el programa sea financiado. El MIP es recomendado para evitar problemas con plaguicidas. Cuando el programa comienza, el componente MIP usualmente llega a ser aislado y es limitado a un subcontratista dando conferencias sobre uso seguro de plaguicidas. Al final, el componente MIP se pierde ya que fue solamente un requisito formal. Para el agente de desarrollo y extensión el MIP es solamente otro requisito impuesto de afuera y algo trasladado de los objetivos del programa. El MIP solamente puede llegar a ser una realidad en el campo, cuando los agricultores y el personal del programa vean y sientan una necesidad o nicho para él, como una parte real del programa.

5. Agentes de Extensión

Los agentes de extensión han oído del MIP pero rara vez aplican los conceptos. Los agentes de extensión piensan que ellos conocen los principios fundamentales y teóricos del MIP, pero en realidad ellos usualmente solo conocen las siglas de MIP. Bajo condiciones de campo, ellos no pueden reconocer los problemas de plagas, ni siquiera los enemigos naturales más comunes. Los técnicos quieren las tecnologías MIP para responder a las necesidades de los agricultores, pero también quieren resolver los problemas de plagas de

la noche a la mañana. Sin un entendimiento propio y un entrenamiento de MIP, es difícil para los agentes de extensión transferir el MIP a los agricultores.

6. Productores o Agricultores

Los agricultores tienen un entendimiento tan pobre sobre plaguicidas y ecología de plagas, que aún si ellos se preocuparan acerca de preservar el valor de sus fincas, no tendrían una forma real de saber como los plaguicidas están matando a los insectos benéficos y creando resistencia a las plagas. Sostenibilidad o degradación ambiental no son frecuentemente prioridades para ellos; sus prioridades son mejores cosechas y más ingresos. Si los plaguicidas trabajan y son rentables, los agricultores continuarán usándolos aún cuando las tecnologías de MIP les sean dadas. Como resultado, la demanda de este sector por tecnología MIP es baja.

Así, la existencia de MIP es más grande que la demanda. ¿Porqué es ésto? La demanda de MIP y la percepción difieren de sector a sector. Para enfatizar ésto he diseñado algunas definiciones de "plagas" que pueden ser usadas en cada sector.

¿Qué es una "plaga"?

INVESTIGADORES

Para los investigadores, una plaga es el centro del universo y nada más importa.

ESTUDIANTES

Para los estudiantes, una plaga es un nombre científico adicional, difícil de aprender y fácil de olvidar.

POLITICOS

Para los políticos, una plaga es un animal microscópico desconocido el cual daña los cultivos y el cual pierde miles de votos.

DONANTES

Para los donantes, una plaga es algo que un presidente mencionó una vez.

DESARROLLO

Para los trabajadores del desarrollo, una plaga es una externalidad que no fue tomada en cuenta en la etapa de planeamiento, y cuya llegada inoportuna daña al programa.

TECNICOS

Para los técnicos, una plaga es un dolor de cabeza relacionado con el trabajo, y del cual,

él o ella no saben nada y debe ser exterminado.

AGRICULTORES

Para los agricultores, una plaga es una criatura, la cual aparece de ninguna parte, come el cultivo y entonces desaparece.

Lo próximo que quiero ver es porqué los agricultores controlan las plagas casi exclusivamente con plaguicidas y comparar estas razones con prácticas de MIP.

1. Mortalidad de la Plaga

La razón principal para usar plaguicidas es que ellos controlan las plagas eficientemente (a corto plazo). Una vez el químico es rociado, la mortalidad de la plaga es alta y rápida. Usar MIP significa no utilizar medidas de control hasta que las poblaciones de la plaga alcancen un umbral económico. Una vez este umbral se alcance, es necesario esperar un tiempo antes de que las medidas de control tomen efecto y la población de la plaga caiga de nuevo. Los agricultores prefieren y demandan plaguicidas sintéticos, porque ellos desconfían o no están familiarizados sobre como trabajan los plaguicidas microbiales y el control biológico.

2. Complejidad

Los plaguicidas son muy sencillos y fáciles de usar. Ni la decisión, ni el proceso de aplicación requieren de mucho pensar. Para el agente de extensión, los plaguicidas son tecnologías que son sencillas de transferir o de vender. Una demostración de plaguicidas es fácil y usualmente convence a los agricultores. El MIP es complicado por naturaleza porque requiere de la integración de diferentes disciplinas, prácticas y conocimiento. El MIP requiere de mucho razonamiento; un buen programa de control de plagas integrado a prácticas agronómicas significa evaluar el estado de la plaga y combinar las alternativas. El MIP requiere mucho más que simples recetas.

3. Riesgo

En los cultivos donde se usan plaguicidas, el riesgo económico de las plagas es bajo. Los plaguicidas matan o exterminan el problema cuando los agricultores quieren, o cuando ellos creen que es necesario. El MIP añade otro factor de riesgo a los agricultores: ellos necesitan hacer decisiones diarias sobre el estado de la plaga. Si el MIP no trabaja, los rendimientos pueden ser dramáticamente reducidos.

4. Conocimiento

En los últimos 40 años, nosotros, los científicos y agentes de extensión hemos estado enseñando a los agricultores a usar plaguicidas. Los científicos y la industria química han reducido las mentes de los agricultores al punto que ellos ahora solamente confían en los plaguicidas. Ahora que nosotros sabemos que estábamos equivocados y que no solamente los plaguicidas son peligrosos para el aplicador, sino que también generan desbalances ecológicos y en la plaga, nuestra nueva estrategia es MIP, pero nuestra credibilidad con este nuevo mensaje es todavía baja, debido al efecto acumulado de los años de recomendar plaguicidas.

5. Rentabilidad

Aunque los costos de los plaguicidas están aumentando, los costos reales son más bajos que las pérdidas. Por ejemplo, el agricultor puede ganar suficientes ingresos en un campo de repollo como para rociar 300 veces. Con el MIP, nosotros podemos incrementar los ingresos y reducir los costos; sin embargo, en maíz por ejemplo, bajo presiones normales de la plaga, el incremento del ingreso es solamente del 10 al 20% usando MIP: ésto no es aceptable por el agricultor, dado el factor de riesgo del MIP.

6. Mano de Obra

Un concepto errado que los científicos han tenido en los últimos 10 años es que en Centro América necesitamos generar muchas tecnologías de trabajo intensivo, porque el trabajo es barato y abundante aquí. Nosotros ahora sabemos que ésto no es verdad. Los agricultores generalmente quieren trabajar por una mínima cantidad de tiempo requerido para mantener sus cultivos mientras obtienen un buen rendimiento. Ellos están dispuestos en gastar capital en plaguicidas para tener tiempo extra (Shaxson y Bentley 1992). Esto es cierto especialmente en herbicidas, los cuales ahorran mucho de mano de obra. El MIP requiere más habilidades como por ejemplo muestrear y también muchas prácticas culturales.

7. Prevención vs. Control

Muchas personas tienden a reaccionar a las fuerzas de la naturaleza, en lugar de anticiparse y trabajar con ellas: los plaguicidas entran dentro de esta tendencia. Los agricultores comienzan controlando después de que ellos ven el daño y quieren resultados inmediatos. Muchas de las tecnologías de MIP que hemos generado requieren de medidas preventivas. Eso significa que los agricultores necesitan planear y ejecutar prácticas de control de plagas, meses antes que los problemas se muestren en sus campos. Nuestra experiencia es que los agricultores no les gustan las prácticas preventivas, porque ellos no entienden la necesidad de ellas. Ellos están anuentes en gastar dinero o tiempo en medidas

preventivas cuando hay un riesgo de que la plaga no pueda aparecer. Además, en muchos casos las medidas preventivas no son prácticas, dada la inestabilidad socio-económica del sistema de agricultura. Así, los agricultores es más probable que "apaguen-fuegos" mas bien que usar medidas preventivas.

En conclusión, el MIP no es bien aceptado por los agricultores de Centro América. Sin embargo, esto no significa que el MIP está condenado. Hay un nicho real para el MIP dentro de los agricultores, pero comienza con un elemento esencial, que es una necesidad y la buena voluntad del agricultor en enfrentar, generar e implementar el MIP. Los siguientes son ejemplos de casos donde esta necesidad ha ocurrido en Centro América:

a. Plagas derivaron crisis

Si los agricultores están sufriendo grandes pérdidas es porque ellos no pueden resolver sus problemas con plaguicidas, y están dispuestos a tratar con MIP para evitar problemas de plagas. En Centro América, la mayoría de los éxitos de MIP se han desarrollado durante crisis de plagas. Por ejemplo, los problemas de babosa en frijol, potyvirus en melón, orugas en brócoli.

b. Crisis económicas, políticas y legales

Los agricultores buscan nuevos mecanismos de control de plagas cuando los cambios económicos o políticos prohíben prácticas de plagas normales o las hacen no rentables. Bajo esas circunstancias los agricultores pueden tener las siguientes alternativas:

- ▶ cambiar a un cultivo o mercado más rentable (ej. melones en lugar de algodón);
- ▶ usar prácticas de MIP para reducir costos de producción (ej. maíz en Nicaragua) o
- ▶ permanecer en el mercado con las nuevas regulaciones (ej. arvejas chinas en Guatemala).

En estos casos la adopción de MIP es temporal hasta que ellos sientan que pueden regresar a las prácticas regulares.

c. Nuevos cultivos

Si un nuevo programa de desarrollo introduce un nuevo cultivo, hay una buena oportunidad de introducir exitosamente al MIP porque los agricultores todavía no conocen como manejar las plagas del nuevo cultivo. Pero en general, esto sucede raras veces porque cuando un nuevo cultivo es introducido, los agentes de extensión invierten poco esfuerzo en entrenamiento de MIP (ej. melones en Nicaragua).

d. Mejorando la base del conocimiento

Cuando los programas de desarrollo trabajan para mejorar el bienestar de la gente en lugar

de los cultivos, los agricultores aprenden nuevas ideas y estándares que crean una necesidad para el MIP. Este es el caso de nuestro programa de MIP-Laderas, en donde estamos llenando esos huecos en el conocimiento de ecología de los agricultores. Una vez que los agricultores entienden acerca de los enemigos naturales, ellos comienzan a buscar alternativas para los plaguicidas. Este acercamiento relativamente nuevo ha capacitado ya a los agricultores para generar y validar tecnologías que los científicos nunca hubiéramos pensado por nosotros mismos (Bentley 1992).

CONCLUSIONES

El MIP puede ser y ha sido exitosamente implementado por los agricultores cuando existe una necesidad o cuando generamos una necesidad para ello. Para llenar esta necesidad donde ya existe y para crearla donde no la hay, necesitamos cambiar a una metodología de abajo para arriba. El cliente es el agricultor y como tal el agricultor debe venir primero.

PROBLEMATICA ENTOMOLOGICA Y MANEJO DE INSECTICIDAS EN FRUTALES Y HORTALIZAS DE EXPORTACION

Darío Corredor ¹

La internacionalización de los mercados presenta para Colombia nuevos y grandes retos a los cuales debemos responder en forma rápida y precisa.

La conformación del Grupo de los Tres: México, Venezuela y Colombia, el posible ingreso de nuestro país al North American Free Trade Agreement (NAFTA), constituido por Canadá, Estados Unidos y México y la aprobación del acuerdo del GATT en el presente año son, entre otros, algunos de los procesos a nivel mundial en la búsqueda de mercados más amplios para consolidar bloques económicos que puedan competir eficientemente con organizaciones similares de Europa y Asia.

La conformación de estos grandes mercados nos obliga a dar nuevos enfoques a nuestra agricultura, no sólo en búsqueda de una mayor eficiencia en la producción, sino también en procura de algunos estándares de calidad que hasta el momento no existen en nuestro país. Si la agricultura colombiana no responde rápidamente a este reto, no podrá encajar dentro de ese delicado rompecabezas constituido por los mercados internacionales.

En nuestro país se ha planteado que las frutas y las hortalizas pueden constituirse en renglones importantes del sector exportador. Hasta el presente, el banano ha sido la única fruta que ha logrado un excelente posición en los mercados del mundo. Con muchas otras frutas, tales como mango, papaya, fresa, mora, pitaya, granadilla, uchuva, tomate de árbol, maracuyá, lulo, melón, piña, limón, los exportadores se han lanzado, con volúmenes relativamente bajos, a tratar de conquistar mercados en diferentes partes del mundo. Con las hortalizas ha sido aún más difícil. Se han exportado volúmenes pequeños de alcachofas y guisantes. Se habla de las grandes posibilidades que podrían tener el espárrago, brócoli y coliflor.

Muchos son los requisitos que debe tener un producto para lograr un posicionamiento en el mercado: permanencia, unos volúmenes apropiados y alto estándar de calidad entre otros. Un componente fundamental de la calidad está dado por aspectos fitosanitarios y se origina en el manejo apropiado de éstos.

Nuestros productos agrícolas enfrentan, específicamente, dos problemas básicos derivados de la presencia de insectos plaga y del manejo que hagamos de los mismos. El primero es la presencia de insectos o de sus daños dentro o sobre el frutal u hortaliza de exportación. El segundo, la presencia de residuos de insecticidas por encima de los niveles de tolerancia

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

permitidos internacionalmente.

LA PRESENCIA DE INSECTOS

Algunas veces se cree que las restricciones se hacen sobre determinadas especies de insectos. El U.S.D.A (1989) justifica las restricciones a la importación de frutas y hortalizas debido "a que existen en Europa, Asia, Africa, México, América Central y Sur América, y otros países y localidades extranjeras, ciertos insectos dañinos, incluyendo moscas de las frutas (Tephritidae) que son nuevos o que no están ampliamente distribuidos a través de los Estados Unidos". La misma reglamentación dice más adelante que cualquier fruta u hortaliza puede ser importada a los Estados Unidos cuando se muestre a satisfacción que esta fruta u hortaliza "no es atacada en su país de origen por insectos dañinos, incluyendo moscas de las frutas (Tephritidae)".

Está claro en esta legislación que cualquier especie de insecto o sus daños podrían originar restricciones sobre nuestras frutas y hortalizas. Aún con insectos plagas ampliamente distribuidos en el territorio de los Estados Unidos, con el argumento de la presencia de un biotipo diferente (por ejemplo, resistente a insecticidas), se puede restringir la entrada de nuestros productos a ese país. Hace un par de años, la carga de varios barcos bananeros se debió botar al mar frente al puerto de Miami por la presencia en una caja de algunos coleópteros adultos de la familia Scarabaeidae.

A partir del año entrante el acuerdo del GATT firmado recientemente en Ginebra será el centro alrededor del cual girará la comercialización mundial. En este acuerdo se consigna el derecho que tienen los países signatarios para establecer, basados en principios científicos, todas las medidas sanitarias necesarias para proteger su producción de la posible introducción de especies dañinas.

El número de intercepciones de insectos plagas provenientes de productos agrícolas colombianos en los puertos de los países importadores es bastante alto. A continuación, cito algunas de las plagas más comunes interceptadas en productos colombianos en el puerto de Los Angeles: (datos tomados del Servicio de Inspección de APHIS)

| | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| <i>Agromyzidae</i> | <i>(Varias especies)</i> | <i>Diptera</i> |
| <i>Agrotis sp.</i> | <i>Noctuidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Agriotes sp.</i> | <i>Elateridae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Aleurothrixus sp.</i> | <i>Aleyrodidae</i> | <i>Homoptera</i> |

| | | |
|---|------------------------|--------------------|
| <i>Amorbia sp.</i> | <i>Tortricidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Amplicephalus sp.</i> | <i>Cicadellidae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Anastrepha sp.</i> | <i>Tephritidae</i> | <i>Diptera</i> |
| <i>Ancognatha sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Ancognatha scarabaeoides</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Ancognatha ustulata</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Anomala sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Antichloris sp.</i> | <i>Ctenuchidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Anurogryllus sp.</i> | <i>Gryllidae</i> | <i>Orthoptera</i> |
| <i>Aphididae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Apis mellifera L.</i> | <i>Apidae</i> | <i>Hymenoptera</i> |
| <i>Arctiidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Argyresthia sp.</i> | <i>Argyresthidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Aulacaspis tubercularis</i> <i>Newstead</i> | <i>Diaspididae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Blapstinus sp.</i> | <i>Tenebrionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Bothynodontes sp.</i> | <i>Curculionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Bucrates sp.</i> | <i>Tettigoniidae</i> | <i>Orthoptera</i> |
| <i>Cannagara aorisaria</i> <i>Walker</i> | <i>Geometridae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Cerambycidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Cerconota anonella Sepp.</i> | <i>Oecophoridae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Cercopidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Chrysomelidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Coccotrypes sp.</i> | <i>Scolytidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Coleophoridae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Lepidoptera</i> |

| | | |
|---|------------------------|---------------------|
| <i>Conoderus sp.</i> | <i>Elateridae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Conotrachelus sp.</i> | <i>Curculionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Copitarsia sp.</i> | <i>Noctuidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Cryptotermes sp.</i> | <i>Kalotermitidae</i> | <i>Isoptera</i> |
| <i>Curculionidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Diptera</i> | <i>Varias especies</i> | |
| <i>Dyscinetus sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Dysmicoccus sp.</i> | <i>Pseudococcidae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Eleodes sp.</i> | <i>Tenebrionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Epitrix sp.</i> | <i>Chrysomelidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Eudocima procutus</i> | <i>Noctuidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Euetheola humilis</i> <i>Burmeister</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Eurometotellus sp.</i> | <i>Curculionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Frankliniella sp.</i> | <i>Thripidae</i> | <i>Thysanoptera</i> |
| <i>Gelechiidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Geometridae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Gryllidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Orthoptera</i> |
| <i>Gryllus sp.</i> | <i>Gryllidae</i> | <i>Orthoptera</i> |
| <i>Halisidota cirphis</i> <i>Schaus</i> | <i>Arctiidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Homoptera</i> | <i>Varias especies</i> | |
| <i>Isonychus sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |

| | | |
|--|------------------------|--------------------|
| <i>Lepidoptera</i> | <i>Varias especies</i> | |
| <i>Leucinodes sp.</i> | <i>Pyralidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Liriomyza huidobrensis</i> | <i>Agromyzidae</i> | <i>Diptera</i> |
| <i>Lophocampa leucanina</i> | <i>Arctiidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Manopus sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Melanaspis sp.</i> | <i>Diaspididae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Miridae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Hemiptera</i> |
| <i>Neoleucinodes sp.</i> | <i>Pyralidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Noctuidae</i> | <i>Varias especies</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Nodonota sp.</i> | <i>Chrysomelidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Nysius sp.</i> | <i>Lygaeidae</i> | <i>Hemiptera</i> |
| <i>Ochrimnus vittiscutis</i> | <i>Lygaeidae</i> | <i>Hemiptera</i> |
| <i>Opatrinus sp.</i> | <i>Tenebrionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Opogona sp.</i> | <i>Tineidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Paria sp.</i> | <i>Chrysomelidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Parlatoria cinerea</i> <i>Hadden</i> | <i>Diaspididae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Parlatoria ziziphi</i> | <i>Diaspididae</i> | <i>Homoptera</i> |
| <i>Pectinophora gossypiella</i> | <i>Gelechiidae</i> | <i>Lepidoptera</i> |
| <i>Pelidnota sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Premnotrypes sp.</i> | <i>Curculionidae</i> | <i>Coleoptera</i> |
| <i>Strategus sp.</i> | <i>Scarabaeidae</i> | <i>Coleoptera</i> |

Thrips palmi Karny
(De Colombia?)

Thripidae

Thysanoptera

La lista completa es mucho mas extensa. En ella aparecen insectos que no se han registrado en Colombia. *Thrips palmi* figura como interceptado, posiblemente, de un cargamento colombiano.

Indudablemente las moscas de las frutas constituyen el peligro más importante para la legislación de los Estados Unidos. La presencia en nuestro país de más de una docena de especies del género *Anastrepha* y de *Ceratitis capitata* nos impide enviar nuestras frutas frescas a este país. De todas las frutas colombianas con posibilidad de exportación, solamente dos, el mango y la papaya, poseen un tratamiento de poscosecha (agua caliente) aceptado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La captura en 1993, después de casi un año de muestreo, en trampas MacPhail de una hembra y posteriormente un macho de *A. fraterculus* cerca a Soacha, obligó a suspender la producción de mora en parte de la Sabana de Bogotá. Aún se permiten algunas exportaciones de mora provenientes de área vigiladas.

Las moscas de las frutas también constituyen el principal peligro para la producción agrícola del Japón. La presencia de dos larvas (una de ellas viva) de *A. fraterculus* en frutas sobremaduras de pitaya procedentes de Dagua originó el cierre de las exportaciones de frutas frescas al Japón en 1989. Ninguna de las frutas que se produce en Colombia tiene un tratamiento de poscosecha aceptado por el Departamento de Agricultura del Japón. Más aún, el tratamiento de agua caliente aceptado por los Estados Unidos, no es válido entre las autoridades sanitarias japonesas. El gobierno del Japón exige un tratamiento de calor producido por vapor.

Ante esta situación tan difícil para la exportación de nuestras frutas, solamente un asocio entre el estado y la empresa privada podría plantear algún principio de solución. Los costos de un programa de monitoreo y control de moscas de las frutas son tan elevados que los productores no están en capacidad de asumirlos. Se necesita el apoyo decidido de los servicios de las instituciones estatales para que, algún día, Colombia pueda colocar sus frutas en los mercados del exterior.

LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS

Cada día es mayor la preocupación de los consumidores respecto de productos alimenticios limpios, libres de todo tipo de contaminantes y aditivos. De éstos, los insecticidas constituyen uno de los grupos más importantes, debido a sus reconocidos efectos sobre la salud de los seres humanos. La tendencia actual en todo el mundo es no solamente a consumir productos libres de insecticidas, sino aún más allá, a solicitar y consumir

productos "orgánicos" en cuya producción se haya suprimido por completo el uso de todo tipo de insumos sintéticos.

Esta preocupación de los consumidores por su salud ha originado cambios drásticos en la legislación sobre tolerancias o límites máximos de residuos de plaguicidas, esto es, la máxima concentración de un residuo de un plaguicida legalmente permitida en un producto alimenticio. Este límite máximo se expresa en miligramos por kilogramo (partes por millón). El límite permisible supuestamente no es superior a lo que resulta de las "prácticas agrícolas correctas".

El establecimiento en un país de una legislación respecto a la presencia de residuos de plaguicidas en los productos alimenticios trae como consecuencia inmediata un cambio en algunas prácticas de manejo de problemas fitosanitarios en su agricultura. El concepto de calidad de un producto ligado al número de aplicaciones de plaguicidas debe ser modificado.

En nuestro país no existe aún una legislación sobre este tema. La idea de que Colombia debe tener unos estándares de calidad por residuos para proteger la salud de sus habitantes es un desarrollo que va ligado a la voluntad política de impulsar que las regulaciones (probablemente internacionales) sean aceptadas y que se genere y estandarice una tecnología adecuada a la medición de dichos residuos.

En los países desarrollados, principales compradores de nuestras frutas y hortalizas de exportación, existen de tiempo atrás los límites máximos de residuos de plaguicidas. En los Estados Unidos la EPA (Environmental Protection Agency) está en el proceso de revisión de los registros de todos los plaguicidas con su correspondiente fijación de los limitantes máximos de residuos. Los nuevos parámetros que se proponen ante el Congreso de los Estados Unidos harán la legislación mucho más estricta, con niveles más reducidos. Una de las modificaciones drásticas que se están planteando es el cambio en los patrones de referencia respecto a la edad de las personas que se trata de proteger. Se habla de la fijación de límites máximos de residuos para niños de dos años y medio en adelante.

También, la Comunidad Económica Europea está en el proceso de revisar y verificar la legislación sobre residuos para hacerla más estricta y adaptarla a los requerimientos de los países más exigentes al respecto.

Esta revisión de la legislación en los países desarrollados hará que se exijan nuevas pruebas, lo cual traerá una elevación considerable de los costos de registro de los productos. Muchos productos que se utilizan en áreas relativamente pequeñas de cultivo, serán dejados por fuera de este nuevo registro debido a los costos altos del mismo.

Este hecho tendrá repercusiones serias para algunos productos de exportación que maneja

Colombia. El problema será aún más marcado para aquellas frutas consideradas exóticas (o tropicales) y que se cultivan casi que exclusivamente en nuestro país, tales como la uchuva, granadilla, pitaya, mora y otras. Si los productores colombianos quieren conseguir autorización para la utilización de algún plaguicida en estos frutos deberán registrar el producto ante las autoridades del país importador. ¿Quién cubrirá estos costos? Se ha planteado que sólo la unión entre el estado exportador, los productores exportadores y las empresas fabricantes de agroquímicos, podría sufragar los gastos que implicaría el registro de un producto.

Colombia es país signatario del recientemente aprobado acuerdo del GATT y, como tal, tiene la posibilidad de acogerse al Codex Alimentarius. Este es un órgano auxiliar de la FAO y la OMS creado en respuesta a la necesidad, sentida por muchos países, de facilitar el comercio mundial de alimentos mediante el establecimiento de normas que sean aceptadas internacionalmente.

El Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas ha fijado más de 2.000 límites máximos para residuos (FAO, sin fecha).

La armonización de estas diferentes legislaciones es bastante difícil. Los toxicólogos no están de acuerdo en las metodologías utilizadas para la estandarización de las mediciones. En general podríamos afirmar que las legislaciones adoptadas por la EPA en los Estados Unidos y por la Comunidad Económica Europea son más estrictas que las propuestas por el Codex Alimentarius.

La mayor parte de los productos colombianos de exportación están siendo monitoreados permanentemente en búsqueda de residuos de insecticidas. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha reportado residuos por encima de las tolerancias en moras, fresas, alcachofas y ornamentales. Prendas de algodón confeccionadas en Colombia también han sido reportadas con niveles ilegales de insecticidas.

Mientras el país no maneje adecuadamente esta situación, será muy difícil que Colombia salga a competir en forma significativa a los mercados del exterior con muchas de nuestras frutas y hortalizas. Es necesario, entonces, establecer un control interno con programas de calidad que busquen enfatizar los problemas de residuos, entrenamiento de los productores, sistemas de control, monitoreo y sanciones. Sin estos programas de calidad se mantendrá una imagen, tanto de los productores como de las instituciones estatales, que desfavorece totalmente la presentación de unos productos óptimos para el comercio internacional. El no cumplimiento de los límites máximos de residuos nos generará un posicionamiento débil de nuestros productos en los mercados de exportación.

El gremio bananero y algunos productores de fresa y mora en la Sabana de Bogotá han demostrado que siguiendo los principios de un programa de manejo integrado de plagas es

posible producir dentro de los parámetros de residuos establecidos por la EPA.

No se trata con esto de pregonar el no uso de agroquímicos. Es innegable que la tendencia en el mundo moderno es a exigir alimentos con la menor cantidad posible de plaguicidas. Cada sociedad trata de proteger su propio ambiente y su salud según sus temores particulares. Es claro que hay que usar menos insecticidas, más racionalmente. En la medida en que el desarrollo tecnológico nos suministre nuevas herramientas de control, éstas deben ser utilizadas. Para lograrlo, es necesario mantener una dinámica de investigación permanente que nos esté ofreciendo métodos alternativos. La biotecnología, el desarrollo de biopesticidas y plantas resistentes, dirán, en el largo plazo, cuales son las estrategias que debemos emplear. Por ahora este desarrollo tecnológico tiene limitaciones y el uso de insecticidas seguirá siendo una estrategia válida e importante para producir alimentos con calidad y eficiencia.

QUE HACER

En primer lugar, es necesario manejar las frutas y hortalizas de exportación de acuerdo con la legislación vigente en el país importador. Esto incluye no sólo utilizar exclusivamente los productos registrados en ese país, sino que se deben tener en cuenta las restricciones propias de ese registro. Con más y más frecuencia los compradores de productos agrícolas colombianos exigen una relación de los productos plaguicidas aplicados con sus dosis y frecuencia de aplicación.

En segundo lugar, es preciso controlar el uso indiscriminado de plaguicidas. Es necesario evitar el exceso de insecticidas que se puede aplicar a un cultivo por el mal manejo que se origina de las siguientes acciones:

1. Uso de dosis demasiado altas.
2. Aplicación de grandes volúmenes de la solución insecticida, generando con frecuencia el lavado de las plantas.
3. Uso de equipos no apropiados, defectuosos o mal calibrados.
4. Aspersiones hechas en forma imprecisa, causando entre otros, problemas de deriva.
5. No respetar las recomendaciones del registro de los productos sobre el intervalo de no aplicación del químico antes de la cosecha.
6. Contaminación del suelo con el uso de insecticidas sistémicos residuales que podrían ser tomados fácilmente por hortalizas y frutales de ciclo corto.

Es muy importante que la empresa lleve registros detallados del uso de agroquímicos. Esta información puede, en un momento dado, constituirse en la herramienta más valiosa para la defensa de un producto de exportación.

En tercer lugar, debemos volver a los conceptos básicos de lo que es el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Uno de los conceptos fundamentales que se deben tener en cuenta al definir los objetivos de un programa MIP es la obtención de un producto de exportación cuyos residuos de plaguicidas estén por debajo de los límites máximos tolerables.

Los programas de manejo de plagas han girado alrededor del estudio e investigación de las diferentes estrategias utilizadas en el control de insectos. Así, tenemos entomólogos especialistas en control biológico, manejo de plaguicidas, resistencia de plantas a insectos, etc.

La mayoría de los programas de estudio de las universidades en las áreas respectivas de manejo de insectos plagas centran también su atención y esfuerzo sobre el enfoque detallado de las diferentes estrategias disponibles para lograr un control de las poblaciones de insectos plagas.

De esta manera, se están ignorando los fundamentos conceptuales básicos que utiliza el Manejo Integrado de Plagas para tomar la decisión de aplicar o no aplicar alguna de las estrategias de control: El muestreo y los umbrales de acción. Sin una forma estandarizada de muestreo es imposible fijar umbrales. Sin los umbrales, carecemos de la herramienta que nos da la base para tomar la decisión de aplicar algún sistema de control de las poblaciones de insectos plagas.

Es necesario retomar todos los conceptos sobre muestreo de insectos, las diferentes formas de muestrear, dónde tomar las muestras, cómo decidir sobre el número óptimo de muestras, patrones de disposición espacial, índices de agregación. Aprender a darle sentido biológico a la representación matemática que nos mide algunas de estas características de una población. Tratar de desmenuzar lo que significa una gráfica de dinámica poblacional.

Mucho se ha escrito sobre los umbrales para tomar decisiones de aplicar o no un sistema de control. Si bien parece un concepto fácil de definir, con mucha frecuencia es un concepto muy difícil de implementar. Sin embargo, por difícil que parezca, tenemos la necesidad urgente de convertirlo en un concepto manejable y abordable por todos los que de una u otra forma tenemos que enfrentar problemas de producción y manejo de insectos plagas.

Poston *et al* (1983), plantearon una gran apertura conceptual sobre las ideas de umbral económico que se habían mantenido sin cambio desde la década del 50. Fueron ellos

quienes plantearon diferentes categorías de umbrales, algunos con necesidades grandes de investigación, otros, la mayoría, menos estudiados, pero muy prácticos. Todos ellos muy útiles para dar una racionalidad al manejo de los insecticidas. Corredor y García (1992), proponen una estrategia para el establecimiento de umbrales de aviso en cultivos comerciales de mora. Esta misma estrategia se ha utilizado para fijar umbrales para insectos plagas de ornamentales en algunas empresas de la Sabana de Bogotá.

El que nuestros profesionales encargados de practicar el manejo de insectos plagas en la agricultura colombiana estén bien formados en todos estos conceptos, es responsabilidad de la Universidad. El país no cuenta con los grandes recursos que demandaría el investigar, con la profundidad que quisiéramos los científicos y los académicos, en los muchos productos que tienen la posibilidad de convertirse en bienes exportables. Por esta razón, nuestros profesionales deben tener una formación conceptual sólida que estimule la creatividad necesaria para establecer sus propios parámetros que introduzcan racionalidad en el uso de insecticidas. El proceso de estandarización y unificación de estos parámetros puede ser posterior. Sólo así, estableciendo verdaderos programas de Manejo Integrado de Plagas, nuestro país podrá superar una de las barreras más grandes que tiene para salir a competir en esta era de apertura de mercados.

BIBLIOGRAFIA

- CORREDOR, D. y P. GARCIA. 1992. Manejo Integrado de Plagas en condiciones de invernadero, con especial referencia a trips. *Agronomía Colombia*, 9(2) 192-195.
- FAO. Sin Fecha. Introducción al Codex alimentarius. 22 p.
- POSTON, F.L., L.P. PEDIGO and S.M. WELCH. 1983. Economic Injury Levels: Reality and practicality. *Bull. Ent. Soc. Amer. Spring*. p. 49-53.
- U.S.D.A. 1989. Animal and Plant Health Inspection Service. Plant Protection and Quarentine. Fruits and Vegetables. Title 7-Agriculture. 7 CFR 319.56

MANAGING INSECT RESISTANCE

Doris Paroonagian¹

OBJECTIVE: UNDERSTANDING THREE KEY POINTS

- Resistance is a genetic phenomenon, so understanding the biology of insects will help to understand how to avoid resistance.
- Different chemicals have different propensities for developing resistance
- Use of Proper Rotation Techniques will result in Consistent Insect Control

The Objective of the Presentation is to discuss several aspects of Resistance. The three key points covered in the presentation are:

1. What are the biological factors which cause Resistance to develop?
2. Understand that not all chemicals have the same propensity for having resistance develop to them.
3. Understand that Rotation is the best means to delay or overcome Resistance.

¹ DowElanco.

**Resistance: Decrease in the
 Susceptibility
 of a population due to
 some Genetically
 Controlled Mechanism**

**Resistance: Decrease in the
 Susceptibility
 of a population due to
 some Genetically
 Controlled Mechanism**

Key Words:

**Decrease in Susceptibility
Genetically Controlled**

The key words in this definition are Decrease in Susceptibility and Genetically Controlled.

Decrease in Susceptibility is important because all populations are susceptible to an insecticide at some level. To properly diagnose resistance you must be able to document that the population is no longer able to be controlled with a dose of product that used to provide acceptable control. This is best done with a lab bioassay method so that all variables such as poor application, improper dosage, etc. can be eliminated as causes of the poor control.

Resistance is Genetically controlled. This means that individual insects contain genes which provide a biochemical mechanism which results in survival to exposure to the insecticide.

Resistance is a Genetic phenomenon:

Understanding the Genetics of
Resistance is key to its
Proper Management

Resistance is caused by specific genes which produce biochemical reactions. To properly understand what causes resistance to increase or decrease within a population, you need to understand the genetics of the population.

**Resistance is produced by Selection
Pressure, i.e., Survival of the Fittest**

Selecting for Individuals with
The **R** Gene

Resistance is caused by selection pressure. This means how much selection force is being applied to an insect population to eliminate the Susceptible individuals from the population. The greater the Selection Pressure, the faster Resistance will develop. I like to refer to Resistance as "Micro-Evolution" i.e. Survival of the Fittest. Only those individuals which have the Resistance Gene will survive exposure to the Insecticide.

Resistance is not Immunity

- An individual is **born** resistant.
- Immunity **develops** after a low level exposure.

One of the Great Myths regarding Resistance is that many people believe Resistance is the same as Immunity. They believe that resistance is caused by exposure to low levels of insecticide and that sublethal doses will cause resistance to develop. This is completely wrong. This would be an example of an immune response which can develop within an individual after exposure to a disease, however this is not what produces resistance to insecticides. Resistance is genetic therefore an individual is born with the biochemical processes which produce resistance.

RESISTANCE VS IMMUNITY

RESISTANCE

Born with it
Develops within a population

Passed to Offspring

Examples:

Pyrethroids, DDT

IMMUNITY

Acquired
Develops within an
Individual
Not passed to
Offspring

Mumps,
Chickenpox

This is a chart that compares Immunity to Resistance.

Immunity is an Acquired response. It develops within an individual after exposure to some low level stimulus. Since it is acquired and not genetic it can not be passed on to the offspring. Each individual must be exposed before the immunity can begin. An example of Immunity is the response which is seen after exposure to many "childhood diseases". A child will become exposed to Chickenpox, become ill, and the next time he is exposed nothing happens. He is now immune to the disease, however; this individual's children will NOT be immune. They will have to undergo the same exposure and illness before they become immune.

Resistance is a genetic phenomenon. That means that an individual is born resistant. The first time they are exposed to the insecticide they survive. This also means that since they are Resistant, they can pass this Resistance gene on to their offspring. An increase in Resistance is not measured within an individual. It is measured within a population as the proportion of the individuals within the population with the Resistance gene increases.

**FACTORS INFLUENCING THE
DEVELOPMENT OF RESISTANCE**

- . GENETIC
- . BIOLOGICAL
- . OPERATIONAL

The factors which influence how quickly resistance will develop can be divided into 3 groups:

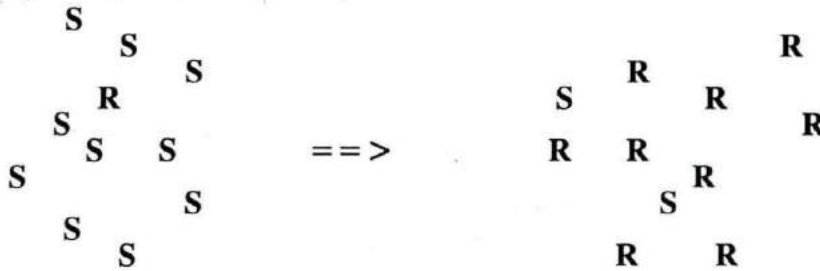
1. Genetic factors
2. Biological factors
3. Operational factors

We will begin by discussing the genetic factors which are important in selecting for resistance.

The genetic factors are those that are controlled by specific genes within the insect. These genes are responsible for the biochemical mechanisms which produce resistance to the insecticide.

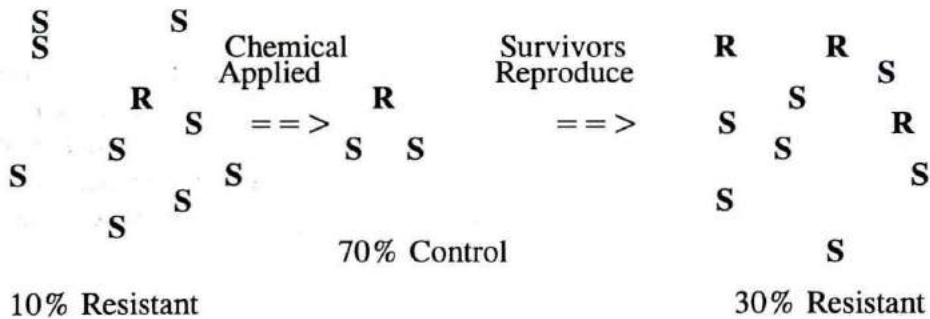
Genetic factors

An increase in Resistance is seen as an increase in the ratio of **Resistant** insects to the **Susceptible** insects



Since resistance is caused by Resistance Genes, the increase in Resistance can be followed by observing the increase in the proportion of individuals within the population which have the Resistance Gene. The greater the ratio of R:S the greater the level of Resistance in that population.

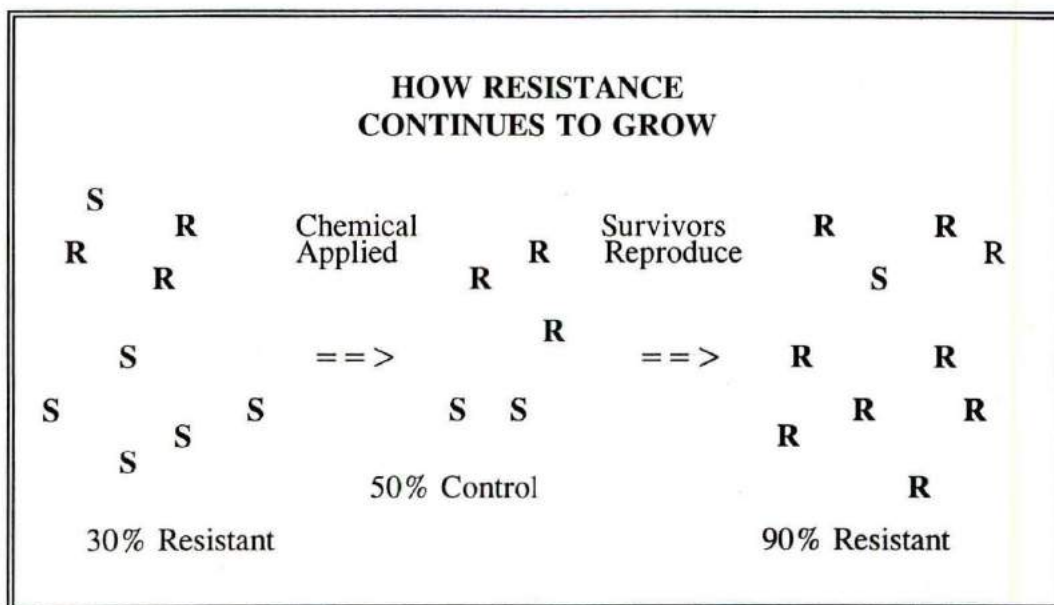
HOW RESISTANCE DEVELOPS



Before any insecticide is ever used, a small number of insects will exist within the population which contain the Resistance (Red) Gene. As the population is treated with an insecticide all of the Susceptible Insects (Green) **which are exposed to the insecticide** will

be eliminated from the population. Only the Resistant insects can survive exposure.

So you can see that on the left the ratio of the Resistant: Susceptible insects is 1:9. After the insecticide is applied, 70% of the insects are eliminated. Note that only the Susceptible insects were controlled which changes the ratio of R:S insects. As these survivors reproduce the population continues to grow again, but note how now the ratio of Resistant: Susceptible insects has increased to 3:7.



If the same insecticide is once again applied to this population, the same events take place. An additional number of Susceptible insects will be eliminated from the population. The Resistant insects will survive. Note how now the control is reduced because the percentage of resistant individuals has increased. As these survivors reproduce the ratio of Resistant: Susceptible insects has now increased to 9:1. The population is now almost totally resistant.

Obviously this will not happen in 2 generations, but the principles are valid. The speed with which resistance develops is determined by the addition of biological and operational factors.

Genetic Factors

If we don't manage resistance properly when it is low in a population...

S S S S
S R S S
S R
10% Resistant

This next series of slides demonstrates the effect that resistance can have on a pest control program.

If resistance is not managed properly when it is low in a population the percentage of resistant individuals will continue to increase.

Genetic Factors

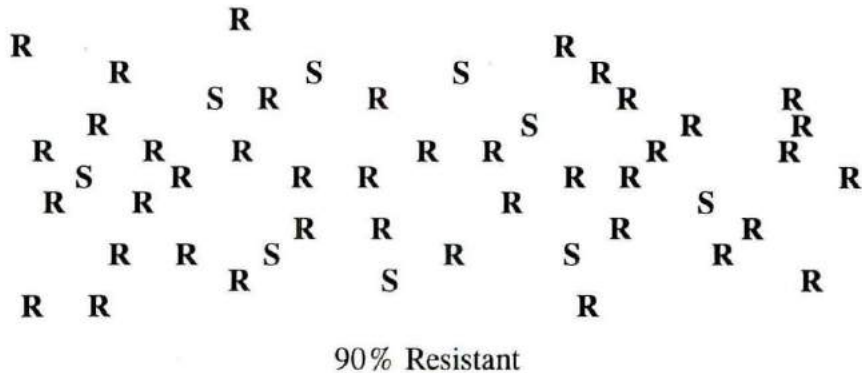
Not only does the percentage of resistant insects continue to grow...

S S R S R
R S R R S S
R S S R S
50% Resistant

Not only does the percentage of the resistant individuals increase in the pest population...

Genetic factors

But the total number of insects will continue to grow as control fails due to increased resistance in the population.



But the total number of insects continues to grow as control fails due to increased resistance. As resistance increases the level of control will decrease. This is often the first indication that a grower has a resistance problem. If the resistance problem gets to this level before it is managed, it may be very difficult to overcome the resistance so that insecticide may be lost as an effective pest management tool.

**Cross Resistance Selection with One
Insecticide also
produces Resistance to
another insecticide even
though the second
Insecticide has never
been used before**

Definition of Cross Resistance. Cross Resistance is observed when selection with Insecticide A produces resistance to Insecticide B even though Insecticide B may have never been used on that population before.

Cross Resistance occurs because the Resistance mechanism caused by the Resistance Gene is active on both Insecticide A and Insecticide B.

ORGANOPHOSPHATE RESISTANCE

Normally Caused by One Mechanism:

- Increased Metabolism
 - Degrades the Toxin
 - Primarily Esterase Enzyme System
 - Secondarily M.F.O. Enzyme System

Much less Cross Resistance between OP Products

We have been talking about Resistance genes causing Resistance to occur within an individual. What are some of the mechanisms by which these genes cause the insect to be Resistant?

The most common mechanism of Resistance to OP's is caused by increased metabolism of the insecticide. This is a biochemical enzyme which causes detoxification of the active ingredient. The primary resistance mechanism to OP's is an esterase enzyme which breaks the molecule into separate pieces. Another type of enzyme which can be important in certain OP's is the M.F.O. enzyme system.

Esterase enzymes tend to be somewhat specific regarding the type of chemical they are able to degrade. For this reason there often is not strong cross resistance between different OP's unless they have very similar chemical structures.

If the mechanism which causes metabolic resistance is limited within the insect, it may be possible to overcome the resistance by adding a large amount of insecticide in a single dose. This is sometimes done with using microencapsulated formulations of the insecticide. When the insect absorbs the microcapsule it absorbs such a large dose that there is not enough of the enzyme to detoxify the total amount of the insecticide. Therefore, a toxic response can still occur.

CARBAMATE RESISTANCE

Normally Caused by One Mechanism:

- Increased Metabolism
 - Degrades the Toxin
 - M.F.O. Enzyme System Only
 - Often produces Cross Resistance to other Carbamates
 - Can overcome with Synergistic such as Piperonyl Butoxide

Resistance to carbamates is similar to resistance to OP's in that it is usually caused by increased metabolism of the active ingredient. The difference is that the primary resistance mechanism is caused by the M.F.O. enzyme system and not an esterase enzyme. The M.F.O. enzyme system is a general system that can degrade a wide range of chemicals. Therefore there is often cross resistance between many Carbamates because the M.F.O. enzymes are able to detoxify most of the Carbamates. Certain synergistics such as Piperonyl Butoxide act by inhibiting the M.F.O. enzyme system. Therefore, adding Pip. But. can reduce the resistance by eliminating the detoxification of the active ingredient.

PYRETHROID RESISTANCE

Can be caused by up to Three Mechanisms:

- Decreased Penetration
 - Decreased transport across the cuticle
- Increased Metabolism
 - Degrades toxin
 - Primarily M.F.O. and Esterase enzymes
- Site Insensitivity
 - Nerves are Insensitive to normal lethal Doses
 - Resistance to one Pyrethroid produces Resistance to all others as well

Resistance to Pyrethroids can be more complicated because there are several more types of mechanisms which are commonly found to occur in resistant populations.

One type of mechanism which has been reported is decreased penetration of the active ingredient across the insect cuticle. If less insecticide gets into the insect, then less is available to produce a toxic effect.

Another mechanism is similar to that found in other insecticides and that is increased metabolism. This increased metabolism can be caused by either esterase (a different type than those found in OP's) or by the same M.F.O. enzyme system that produces resistance in Carbamates. Since it is the same enzyme system that produces resistance to Carbamates, it is possible to have cross resistance between Carbamates and Pyrethroids.

A third mechanism is referred to as Site Insensitivity and is sometimes referred to as "KDR type" resistance. Site Insensitivity is a change in the Site of Action of the Insecticide so that the Pyrethroid is no longer able to produce a toxic response. This is the most serious type of Resistance Mechanism because it can not be overcome by adding a greater amount of insecticide. If the Key does not "Fit the Lock" then adding more keys will not make a difference. This type of Mechanism also seems to produce cross resistance to all Pyrethroids.

**Resistance and Cross
Resistance is a function of the
Chemistry of the Insecticide,
Not the Mode of Action of the
Insecticide**

Another great Myth of Resistance is "if you change the mode of action of the Insecticide then there will be no cross resistance". Many times this is not true. In most cases, the mechanism of resistance has nothing to do with the mode of action. Resistance is normally caused by biochemical degradation of the insecticide. This detoxification of the insecticide is related to the chemistry of the molecule and not the mode of action. Thus even though Carbamates and Pyrethroids have different modes of action, there have been reported cases of cross resistance between these insecticide classes, since they can both be detoxified by the M.F.O. enzyme system. Conversely, Organophosphates and Carbamates have the same mode of action, but there is little cross resistance between them, since they normally have different mechanisms of resistance.

If the mechanism of resistance is related to the mode of action then cross resistance between two different insecticide classes with the same mode of action can occur. An example of this is the cross resistance between DDT and pyrethroids caused by the KDR mechanism. This type of resistance is much less common than the typical resistance caused by biochemical degradation of the insecticide.

**The ultimate goal is to Control the population and at the same time
Maintain the Frequency of the R. Gene at a low level**

The ultimate Goal in Pest Control is to control the population. But how do we control the population and at the same time prevent Resistance from increasing?

FACTORS INFLUENCING THE DEVELOPMENT OF RESISTANCE

- GENETIC
- **BIOLOGICAL**
- OPERATIONAL

We have discussed some of the Genetic Factors affecting the onset of Resistance. Biological Factors can also determine how quickly Resistance can develop.

BIOLOGICAL FACTORS:

Factors inherent to the biology of the insect

- Number of generations per year
- Length of life cycle
- Number of offspring per pair
- Length of migratory range
- Amount of population mixing
- Life stage being selected

Certain Biological Factors will determine how quickly resistance will develop.

The Number of generations per year and the Length of the Life Cycle will affect the development of resistance. The faster the Resistance genes are passed from one generation to the next, the greater the chance that Resistance will develop.

The length of migratory range will affect the amount of population mixing. The greater the amount of migration and population mixing the greater the chance that Susceptible genes can be reintroduced into the population thereby slowing down the development of resistance.

Some life stages of insects may be more susceptible than others, therefore whether you select eggs, larvae or adults can affect the speed at which resistance develops.

**FACTORS INFLUENCING THE
DEVELOPMENT OF RESISTANCE**

- GENETIC
- BIOLOGICAL
- OPERATIONAL

With both the Genetic and Biological Factors there is nothing that we can do to affect the speed of development of Resistance. These are factors which are inherent in the biology of the insect.

The Operational Factors are things which we can control regarding the Insect Pest Management that can affect the development of Resistance.

OPERATIONAL FACTORS:

The faster the S genes are eliminated from the population, the faster Resistance will develop. Anything that will preserve S genes in the population will slow down the development of Resistance.

- Introduction of S Genes
- Reduction of Selection Pressure

As we have seen, Resistance is caused by eliminating Susceptible individuals from the Population. The faster the Susceptible insects are eliminated - the faster Resistance will develop. The only way to prevent resistance is to preserve Susceptible insects.

There are 2 types of ways to preserve Susceptible Insects:

- 1) Reintroduction of Susceptible Insects
- 2) Reduction of Selection Pressure.

OPERATIONAL FACTORS:

Factors which influence the
introduction of S Genes

- Immigration
- Refugia

There are 2 ways that Susceptible Insects can be Reintroduced into the Population:

- 1) Migration of Susceptible Insects from another population. This will allow new Susceptible genes to move into the treated population and dilute out the Resistant genes.
- 2) Refugia is the concept that when you treat a population, not all of the insects will be exposed to the insecticide. These insects are in a "Refuge" from the insecticide. If these are Susceptible Insects then their Susceptible genes will remain in the population.

OPERATIONAL FACTORS:

Factors which influence the Reduction of Selection Pressure

- Dose
- Spray frequency
- Residuality
- Thoroughness of Application
- Systemic or Transgenic Insecticides

Reduction in the Selection Pressure will help to delay Resistance from developing.

Using a lower dose will allow some of the susceptible insects to survive. It will also allow the insecticide to degrade to a nontoxic dose more quickly so that any Susceptible insects that were in Refugia or migrate back into the population can survive and dilute out the Resistant genes.

Spray frequency can affect the speed of Resistance. If you treat very often, then any Susceptible insect that escaped the first application may be controlled by the second application. The same can happen if a Susceptible insect migrates into the population. It will be eliminated by the second application.

The Residuality of an insecticide will affect how well it is able to eliminate Susceptible insects. A long residual insecticide will remain to control any insect that was in Refugia during the application or it can eliminate any Susceptible insect that migrates into the population after the application.

The more Thorough the Application the greater the chance that no Susceptible insects will survive in Refugia. With Systemic or Transgenic Insecticides, any insect feeding on the plant will be exposed to the insecticide. This type of product will deliver a very high Selection Pressure since only the Resistant insects can survive. Therefore, Resistance will develop more quickly as the Susceptible insects are eliminated.

OPERATIONAL FACTORS:

The higher the dose, the more thorough the application, the more often the treatment, the more residual the product and the more systemic the product - the better the opportunity for a Susceptible insect to be exposed to the insecticide and eliminated from the population. Therefore, the faster Resistance will develop in that population.

All of the things we tend to do to reduce the pest population are the things that cause Resistance to develop more quickly. We try to eliminate as many insects from the population as possible. That is why we use high doses, and make thorough applications as often as needed with long residual products.

Any application which results in a high proportion of the insects being exposed to the toxin will exert a very high selection pressure because only the Resistant insects can survive.

How then do we obtain the level of insect control which we require without exerting a Selection Pressure which rapidly produces Resistance?

RESISTANCE MANAGEMENT BY INSECTICIDE MIXTURES

- Must use insecticides of different chemical classes
- Must use insecticides with no cross resistance
- Preferred to use with new insecticides with no previous history of resistance
- Historically had not been very successful

Mixtures of insecticides have often been suggested as being one way of avoiding or delaying resistance. The idea behind the success of mixtures is that the probability that a given individual having the resistance gene for two different insecticides will be very low. This will only work if the resistance mechanism is different for each insecticide, i.e. a single gene will not produce resistance to both products. For this reason you must use two different insecticides with no cross resistance. In most cases this means insecticides from two different classes, even though as mentioned before this is no guarantee there will no be cross resistance between them.

For mixtures to be successful in delaying resistance the resistance gene for each insecticide must be very rare. This is why the use of mixtures to delay resistance works best with new classes of insecticides. Since these products will have little history of use, the genes for resistance to these products will still be rare within the population.

Historically, the use of mixtures to delay resistance has not been very successful. In most cases, the use of mixtures has resulted in the selection for resistance to both products in the mixture.

**Probability of an individual having
the R gene when it is rare in the population**

R gene frequency to
Insecticide A

0.000001

R gene frequency to
Insecticide B

0.000001

R gene frequency to
Insecticide A and Insecticide B

0.000000000001

This slide demonstrates why the use of mixtures may help delay resistance when new insecticides are introduced. If the Resistance gene for both insecticides is very rare within the population then the probability that any one individual will have the Resistance gene to Insecticide A or Insecticide B could be as low as 1×10^{-6} . If the resistance genes are independent then the probability that a single individual will have the Resistance genes for both Insecticide A and insecticide B is 1×10^{-12} . This is a very low probability, therefore; it will take a long time for resistance to develop to this mixture.

**Probability of an individual having the R gene when it is common
in the population**

R gene frequency to
Insecticide A

0.01

R gene frequency to
Insecticide B

0.01

R gene frequency to
Insecticide A and Insecticide B

0.0001

But if the resistance gene is not rare in the population then the use of mixtures can quickly produce resistance to both products in the mixture. This can occur when both products have already been used independently for some time, so that the gene frequency for both

products has already built up in the population. In this case the probability that an individual will have the resistance genes for Insecticide A and Insecticide B is not that great, therefore; resistance can quickly develop to the mixture.

However, this does not only apply for insecticides that have been used for a long time. It is possible that this scenario can apply to even new insecticides that have never been used before. If the existing Resistance genes are mechanisms that produce cross resistance to the new insecticides then resistance can quickly develop to these new products even if they are used in mixtures. It is important to test new insecticides for their cross resistance profile, so that a proper Resistance Management Program can be established.

**RESISTANCE
MANAGEMENT
BY
INSECTICIDE ROTATION**

The remainder of the presentation will focus on the use of insecticide Rotation as a means of managing insecticide resistance.

The concept of Insecticide Rotation as a Resistance Management Program is based on the assumption that in the absence of insecticide a population will revert back to Susceptibility.

The concept of Insecticide Rotation as a Resistance Management Program is based on the assumption that in the absence of insecticide the population will revert back to Susceptibility. This means that if you take the insecticide away the selection pressure will be towards the Susceptible genes so that the population becomes susceptible again.

Prior to Insecticide Exposure, Resistance genes are closely associated with Adverse genes at their location on the chromosome

Prior to insecticide exposure, the Resistance gene is closely associated with Adverse genes at their location on the chromosome.

Adverse Gene A. Gene responsible for producing a Negative Characteristic to an individual

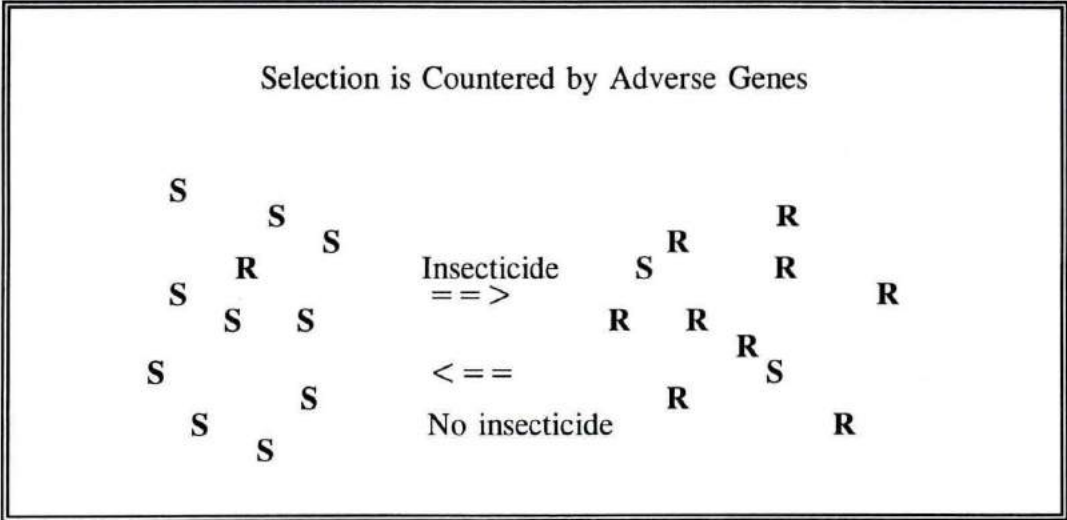
These Adverse Genes are genes which produce some negative characteristic to the individual. It is assumed that if the individual has one of these genes it will be less fit and less able to compete compared to an individual which does not have this gene.

| RESISTANT INDIVIDUAL | |
|---|--|
| <p style="text-align: center; margin: 0;">+</p> <p>+ Can survive exposure to Insecticide</p> | <p style="text-align: center; margin: 0;">-</p> <ul style="list-style-type: none"> - Slow Reproduction - Slow Development - Susceptibility to Disease - Smaller Size - Slower Movement |

If an individual has both a Resistance Gene and an Adverse Gene its fitness and competitiveness will depend on its environment. The Resistance gene makes the individual able to survive exposure to an insecticide. The Adverse gene may make the individual less fit due to the negative effect associated with the gene. Some of the negative effects which the Adverse gene could produce are: Slower reproduction, Slower development, Increased susceptibility to diseases, Smaller size and Slower movement. In the presence of insecticide the ability to survive exposure to the insecticide by far outweighs the negative effects associated with the Adverse Genes, since the individuals without these Adverse genes will not be around to compete with the surviving Resistant individuals.

In the absence of Insecticide the Susceptible insects outcompete the resistant insects. Therefore the Susceptible insects reproduce faster and his results in a population which is more Susceptible.

However, in the Absence of Insecticide there is no advantage of having the Resistance gene. In fact since the Resistance gene is associated with these Adverse genes these individuals will be selected against. The individuals with the Adverse genes will not be as fit as the Susceptible insects; therefore, they will not be able to compete for food and mates as well as the Susceptible individuals. Therefore, the Susceptible insects reproduce faster than the Resistant insects and the population becomes more susceptible again.



This slide demonstrates the direction of selection depending on whether the population is exposed to the insecticide. The direction and size of the arrow demonstrates the direction and strength of the selection pressure. In the presence of insecticide the population continues as we have seen before. As the Susceptible insects are eliminated by exposure to the insecticide, the population becomes more resistant. In the absence of insecticide the selection is in the opposite direction. The Resistant individuals are selected against due to the presence of the Adverse genes. The Resistant individuals are not able to compete with the Susceptible individuals for food, habitat and mates, so they are eliminated from the population.

Figure 1. Genes exist on a chromosome in a particular order similar to beads on a necklace. If the Green gene is the Resistance gene then note how closely on the chromosome it is associated with the Red Adverse gene. This is referred to as being "linked" on the chromosome. Any individual that inherits the Resistant gene will necessarily inherit the Adverse gene as well. However, chromosomes are not necessarily static. They continually change.

Remember that chromosomes exist in pairs. A common change in chromosomes is the process of "Crossing Over". This occurs when in the process of duplication, the chromosomes may break and exchange ends. In so doing it is possible for linked genes to become unlinked. If the exchange happens to take place between two genes, then these genes can become separated. This is a completely random process, so given enough time it is possible for the Resistance gene to cross over to the other chromosome and separate from the Adverse gene. Note that now it is possible for an individual to inherit a Resistance gene which is not associated with any Adverse genes. This means that will not be any negative effects associated with this individual, therefore it will not be any negative effects associated with this individual, therefore it will not be selected against in the absence of insecticide.

Figure 2. This slide demonstrates that there are now 3 types of individuals in a population. The Green Susceptible (S) individuals, the Red Resistant (R) individuals where the Resistance gene is associated with Adverse genes and the Pink Resistant (R+) individuals where the Resistance gene is no longer associated with the Adverse gene.

In the presence of insecticide, selection for resistance continues. Note how the number of R+ individuals increases. The separation of the Resistance gene from the Adverse gene is a random process and takes time. If the same insecticide is used over and over, enough time may elapse for this separation to occur. Since there are no longer any negative effects associated with these individuals they can out compete the standard R individuals.

In the absence of insecticide note how the arrow to the left is very small. Since there are no longer any negative effects associated with the R+ individuals, they are able to compete equally with the Susceptible individuals. That means there is no selection pressure against the R+ insects, therefore; there is no pressure for the population to revert back to susceptibility.

Figure 3. This slide summarizes the progression of resistance over time. At the far left you can see how in the presence of insecticide the population shifts from being Susceptible to one that is more resistant. If the insecticide is removed early in the selection process the population will revert back to being susceptible as the Resistant individuals are selected against due to the Adverse genes which are associated with the Resistance genes. As selection with the same insecticide continues the Resistance genes begin to separate from

the Adverse genes so that even when the insecticide is removed there is no longer any selection back to a Susceptible population.

This slide demonstrates the danger of using the same insecticide over and over again. Not only does Resistance begin to develop, but if the resistance is not detected early, enough time may go by to allow the Resistance gene to separate from the Adverse genes. At this point changing insecticides may not result in the population reverting back to Susceptibility to the first insecticide. It is important to monitor for resistance and at the first sign begin to implement a resistance management program.

Figure 4. This figure demonstrates what happens to the resistance level of a population as it is exposed to the same insecticide every generation. As Insecticide A is applied at Generation 1 the resistance increases slightly due to the elimination of some of the Susceptible insects. As the same insecticide is applied to every generation the Resistance Level continues to increase.

Figure 5. This figure demonstrates what happens to the resistance level of a population as it is exposed to an insecticide once every 4 generations. As Insecticide A is applied at Generation 1 the Resistance level increases slightly due to the elimination of some of the Susceptible insects. During Generations 2, 3, and 4 no insecticide is used, so the resistance decreases back down to the original low level. At generation 5, Insecticide A can be used again and provide the exact same level of control which it gave the first time it was used. However, since no insecticide is being used for the 3 generations between applications the population continues to grow to potentially unacceptable levels.

Figure 6. This slide demonstrates how an insecticide rotation strategy can be used to prevent resistance from developing and at the same time control the population at an acceptable level. At generation 1, Insecticide A is applied to the population. The Resistance Level increases slightly to Insecticide A. Insecticide A is not used during Generations 2, 3 and 4, so the resistance reverts back to the original low level. However, during Generation 2 the population is treated with Insecticide B. This allows the population to continue to be controlled and at the same time allows the population to revert to susceptibility to Insecticide A. During Generation 3 the population is treated with Insecticide C. This allows the population to continue to be controlled and at the same time allows the population to revert to susceptibility to Insecticides A and B. During Generation 4 the entire process can be continued with Insecticide D, so that by the time Generation 5 occurs you can go back and use Insecticide A and obtain the same level of control as it provided the very first time it was used.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in India.

- **Spotted bollworm, *Earias vitella* and Spiny bollworm, *E. insulana* were historical cotton pests.**
- **In late 1970's they became secondary to *Spodoptera litura*.**
- **By early 1980's *S. litura* had become resistant to carbamates, organochlorines and OP's.**
- **Pyrethroids were introduced in 1982-1983.**
- ***S. litura* and *Earias* spp. virtually disappeared as pests and were displaced by the whitefly, *Bemisia tabaci* and *H. armigera*.**
- **Severe outbreaks of *B. tabaci* were noted in 1984-G and attributed to excessive use of pyrethroids.**

Insecticide use on cotton in India is one of the prime case histories which can be used to show what can happen when one group of insecticides is overused.

Historically, the spotted bollworm, *Earias vitella* and spiny bollworm, *E. insulana* were the most important pests on cotton in India. In the late 1970's they became secondary to the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* which by the early 1980's had become resistant to carbamate, organochlorine and organophosphate insecticides. Partly as a result of poor control of *S. litura* with conventional insecticides, pyrethroids were introduced for use on cotton during the 1982-83 cropping season.

Pyrethroid insecticides were very effective at first and they were very inexpensive. They rapidly became the dominant class of insecticide to be used. It is not known whether or not the introduction of pyrethroids was the cause, but *S. litura* and *Earias* spp., virtually disappeared from cotton and were quickly replaced by the whitefly, *Bemisia tabaci* and bollworm, *Helicoverpa armigera* as the dominant pests. Severe outbreaks of *B. tabaci* attributed to the excessive use of pyrethroids, were recorded during the 1984-85 and 85-86 seasons.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in India.

- In Sept-Dec. 1987, cotton crops in Andhra Pradesh State were badly damaged by severe infestations of *H. armigera*.
- Some farmers applied over 30 insecticide sprays during the season, but were unable to control the problem.
- Resistant *H. armigera* caused an estimated crop loss of \$150 MM.
- In 1992 pyrethroid susceptible populations could not be found in any of the samples taken from North, Central or Southern India.

The low price of pyrethroids coupled with their early efficacy against *H. armigera* caused them to be overused. They soon were used in 50-70% of the insecticide applications. In September-December 1987, cotton crops in Andhra Pradesh were badly damaged by severe infestations of *H. armigera*. Some farmers applied over 30 insecticide sprays during the season but were unable to control the problem. In some areas complete crop loss resulted and many farmers abandoned their fields because they ran out of funds to purchase pesticides. At least 30 farmers reportedly committed suicide because of financial difficulties resulting from loss of income. Cotton lint yields declined from 454 kg/ha the previous season to a 10 year low of 208 kg/ha. The resistant *H. armigera* caused an estimated loss of 15% of the total 1987-88 season income, equivalent to \$150 million.

Pyrethroids continue to be used in India, but with much less efficacy compared to when they were originally introduced. A recent survey showed that pyrethroid susceptible populations of *H. armigera* could not be found in North, Central or Southern India. It seems likely that gene flow resulting from long-range movement of *H. armigera* moths has within a few years spread traits conferring resistance to insecticides from one population to another across large areas of the Indian subcontinent.

Figure 7. This graph shows the cotton yields in India over the past years. When the pyrethroids were introduced in 1982 there was an immediate increase in yield due to their early efficacy on *H. armigera*. In 1984-86 pyrethroids were used extensively to control whitefly and *H. armigera*. In 1987 control failures caused by *H. armigera* resistance to pyrethroids resulted in drastic decreases in yield.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in Australia.

- Primary cotton pests are *H. armigera* and *H. punctigera*.
- Resistance was first documented in *H. armigera* to DDT in the late 1960s.
- As DDT resistance increased and spread throughout Australia the industry began using mixtures of DDT-Toxophene, endosulfan and OPs until the late 1970s.
- *H. armigera* developed resistance to endosulfan by the late 1970s.
- Pyrethroids were introduced in 1977.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in Australia.

- Pyrethroids provided excellent control of *H. armigera* and *H. punctigera* when they were first introduced.
- As pyrethroid use increased, resistance to endosulfan began to decrease.
- Pyrethroids were used extensively by 1982, making up as much as 7 out of 10 insecticide sprays in a season.
- In 1983, pyrethroids failed to control *H. armigera* without any prior warning.
- Resistance has increased over the years and spread throughout all of the cotton growing area of Australia.

When pyrethroids were first introduced in Australia they were very effective on both species of *Helicoverpa*. Because of their good efficacy they were extensively used. DDT was banned in 1979, so this resulted in even more use of pyrethroids. By 1982 they made up as much as 7 out of 10 insecticide applications.

One interesting note is that as pyrethroids replaced endosulfan in market share, populations of *H. armigera* began to become more susceptible to endosulfan.

In 1983 the first failures of pyrethroids to control *H. armigera* were reported. Over the years this resistance has increased and spread throughout the cotton growing area of Australia.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in Australia.

- **Pyrethroid resistance was widespread in *H. armigera*, but *H. punctigera* remained completely susceptible even though it had been subjected to as many pest control measures as *H. armigera*.**
- **The host range and mobility of these two species are different.**
- **A substantial proportion of the *H. punctigera* population resides in unsprayed crops and on numerous native host plants. Each spring, immigrants from unsprayed inland areas reestablish susceptible genes into the population.**
- **In contrast, *H. armigera* populations are more consistently exposed to selection pressure within the cropping areas. Thus, immigration from untreated areas does not occur.**

Even though resistance to *H. armigera* has spread throughout Australia, *H. punctigera* has remained susceptible to all insecticides. This is interesting because *H. punctigera* is exposed to the same pest control measures in cotton as *H. armigera*. The difference appears to be in the host diversity and migratory ability of *H. punctigera*. *H. punctigera* has a wider host range which means it can reproduce on many untreated plants. Therefore a large proportion of the population is never selected by insecticide. This allows a large number of susceptible genes to remain in the population. The migratory ability of the species allows these susceptible genes to be redistributed into the cotton growing areas.

H. armigera is more restricted in its host range. It reproduces mostly on crops which are treated with insecticide. A larger proportion of individuals will be selected by insecticide so that fewer susceptible genes can remain in the population. There is no large untreated gene pool which can be used to dilute the resistant population. Thus, resistance develops much more rapidly in this species.

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in Australia.

- A test kit has been developed to determine the proportion of *H. armigera* and *H. punctigera* in a given field.
- These kits will be sold commercially
- The kit uses monoclonal antibodies which it can recognize from *H. armigera* eggs or larval protein.
- Field samples of eggs or larvae can be tested and the proportion of the 2 species can be calculated.
- If a low number of *H. armigera* are found then any insecticide (pyrethroid or endosulfan) can be used.
- If a high proportion of *H. armigera* are found then the resistance management strategy is utilized

Since *H. punctigera* is not resistant to any insecticide, it is important to know if a field is infested with *H. punctigera* or *H. armigera*. In the past it has been very difficult to differentiate the 2 species in the field as eggs or larvae. Now a new method has been developed which utilizes monoclonal antibodies. The kit is being sold commercially. Eggs and larvae are collected from fields and subjected to the test kit. The kit reacts to proteins which exist in the eggs or larvae of *H. armigera* and not to *H. punctigera*. Therefore after the field is sampled and the eggs and larvae are collected, you can test them and determine the proportion of *H. armigera* to *H. punctigera*.

In the field population does not contain any *H. armigera* (or a low proportion) then a low price insecticide (endosulfan or pyrethroid) can be used to control them. If the population contains a high number of *H. armigera* then the insecticide is chosen based on the Resistance Management Strategy outlined in the next slide.

Insecticide Resistance Management Strategy for Populations of *Helicoverpa armigera* in Australia.

| Stage 1 Plant-25 Dec. (1st. Generation) | Stage 2 26 Dec-13 Feb (2nd. Generation) | Stage 3 13 feb-Harvest (3rd. Generation) |
|---|---|--|
| Endosulfan, Carbamates OPs BT alone Mixes with Ovicides No Pyrethroids | Endosulfan, Carbamates OPs Mixes with BT Mixes with Ovicides Pyrethroids may be used | Carbamates OPs Mixes with BT Mixes with Ovicides No Endosulfan No Pyrethroids |

Avoid continuous sprays of any one chemical group (including Bts).

The Insecticide Resistance Management Strategy is based on the principle that only 1 generation per year of *H. armigera* should be treated with a pyrethroid. It is known that as the season progresses, resistance to pyrethroids and to endosulfan will increase. The earlier the pyrethroids are used the quicker resistance will increase within the population during the year. Therefore, no pyrethroids can be used before 26 December ie. the first generation. Endosulfan can be used during this first generation.

Stage 2 encompasses the 2nd generation. During this stage any insecticide can be used. If a failure is noted with a pyrethroid a rescue application must be made with an alternative class of insecticide.

Stage 3 contains the 3rd. generation. It is this latter generation which influences the overwintering population. Therefore to minimize the number of pyrethroid and endosulfan resistant individuals which will overwinter, no pyrethroids or endosulfan can be used after 13 February.

The recommendation is made to avoid continuous sprays of any one chemical group (including BT). Alternate wherever possible and avoid excessive use of any one product.

CASE STUDY: Pyrethroid Resistance in Field Populations of *Heliothis virescens* in the United States.

- Pyrethroids were introduced into cotton for insect control in 1976-77.
- Low prices and high efficacy against *H. virescens* allowed them to rapidly gain high use.
- Resistant populations of *H. virescens* were reported in 1977 but no control failures were noted.
- Control failures were reported in Texas in 1985 when pyrethroids failed to control *H. virescens* due to resistance.
- Control failures were reported in the Mid Southern States of Arkansas, Louisiana and Mississippi in 1986.

CASE STUDY: Pyrethroid Resistance in Field Populations of *Heliothis virescens* in the United States.

- Once resistance was documented in the U.S. The Pyrethroid Efficacy Group (PEG) established PEG/US in 1987.
- An Insecticide Resistance Management Strategy was established based on the Australian "Window" approach.
- A rapid monitoring system was developed which tests for resistant *H. virescens*
- Utilizes a discriminating dose by exposing adult moths to an insecticide coated on a glass vial (Adult vial test).

**Insecticide Resistance Management Strategy
for *Heliothis virescens* in U.S. Cotton**

- The strategy is aimed at *H. virescens*, but the presence of other insects must be taken into account.
- Monitor the susceptibility of the population by using the Adult Vial Test in conjunction with pheromone traps.
- Pyrethroid insecticides should be used only on the second generation of *H. virescens*.
- Use early maturing varieties to make the crop less attractive to late season insects.

**Insecticide Resistance Management Strategy
for *Heliothis virescens* in U.S. Cotton**

| Phase I Plant to Early July (1st. TBW generation) | Phase II Early July to Mid.Aug. (2nd TBW generation) | Phase III Mid.Aug. to Mature Crop (1st. TBW generation) |
|---|---|--|
| Bt's. Ovicides or Larvin at Larvicidal Rates | Pyrethroids (Median Rates) + Ovicides or Insecticide Combinations (Mid-Full Rates) | Organophosphates at <u>Full Rates</u> or Insecticide Combinations (Mid-Full Rates) |

From B.R. Leonard *et al*, 1994.

This slide summarizes the current Resistance Management Program for *H. virescens* in cotton for the U.S. The cotton season is divided into 3 phases:

Phase I - The first generation of Tobacco Budworm occurs during midlate June. Insecticide applications targeting other insect pests immediately preceding this interval may induce an economic infestation of TBW. Avoid using pyrethroids and OP's against TBW during this period. Use of Bt's and ovicides is encouraged if an insecticide application is required and the native beneficial populations have not been disrupted.

Phase II (Early July to Mid Aug.) - This interval includes 5-6 weeks of blooming and boll development during which the 2nd generation of TBW occurs. Fields should be scouted at least twice weekly and treatments applied against eggs and 1-2 day old larvae. Pyrethroids at median rates + ovicides should be used for bollworm and TBW control. Adult vial tests and pheromone trap captures should be used to verify that populations are susceptible to pyrethroids. Avoid using larvicidal rates of carbamates and OP's unless pyrethroid treatments provide unsatisfactory control.

Phase III (Mid Aug to Crop Maturity) - By this time the crop is in boll maturity. The third generation of TBW occurs during this time. Full rates of OP's or mid-full rates of insecticide combinations should be used. Avoid using pyrethroids during this phase.

Figure 8. This slide summarizes the progression of pyrethroid resistance of *H. virescens* in Louisiana from 1987 to the present. Even though the Resistance Management Program was adapted in 1987, resistance to pyrethroids has continued to rise.

Note the increase in resistance within a given year. At the beginning of the season the population is more susceptible with a lower percentage of individuals surviving the discriminating dose. As the season progresses the number of survivors increases indicating an increase in the resistance. As the season progresses, more applications of pyrethroids have been used, therefore, a greater percentage of susceptible individuals have been eliminated from the population. Thus resistance has increased.

Note how from 1988-1990 the susceptibility of the population always fell back to the pre-season level between September and May. From 1991 onwards the resistance continues to decrease from September to May, but it never reverts back to the level of the previous year. It is now steadily increasing from year to year. The level of resistance in Aug and Sept is continuing to rise as well. In 1988 the maximum % survival was 31% compared to 68% in 1993.

Keys to a Successful Resistance Management Program

- **Implement Early**
- **Rotate with Insecticides which do not Induce Cross Resistance**

The one thing that stands out from these 3 case studies is that all of the Resistance Management Programs were implemented AFTER control failures had been encountered. If control failures are noticed, then the resistance level is already very high within the population. It may be very difficult to reduce the frequency of the resistance gene once it has become established within a population.

Therefore two important things to consider in a Resistance Management Program are: 1) implement the program early in the selection process and 2) rotate to a second insecticide which will not be cross resistant to the original insecticide.

SUMMARY

- **Populations differ with regard to their Risk of Developing Resistance.**
- **Chemicals differ with regard to their Risk of Developing Resistance.**
- **Key to Delaying Resistance is to reduce Selection Pressure.**
- **Insecticide Rotation appears to be the most promising Resistance Management Program.**
- **Implement a Resistance Management Program BEFORE control failures occur.**

In Summary we have seen that due to various genetic and biological factors, different insect populations can differ with regard to their risk of developing Resistance.

Insecticides can differ in their Risk of developing resistance. Resistance is dependent on the chemistry of the insecticide and the genetic mechanisms which may exist within the insect population.

The key to delaying resistance is to reduce selection pressure. However, in most cases this is not practical since the primary goal is to reduce the insect population. This is done by the use of insecticides to eliminate as many insects as possible.

Insecticide Rotation appears to be the most promising Resistance Management Program since it allows you to reduce selection pressure to an individual insecticide and control the population at the same time.

Separation of Resistant Gene from Adverse Gen

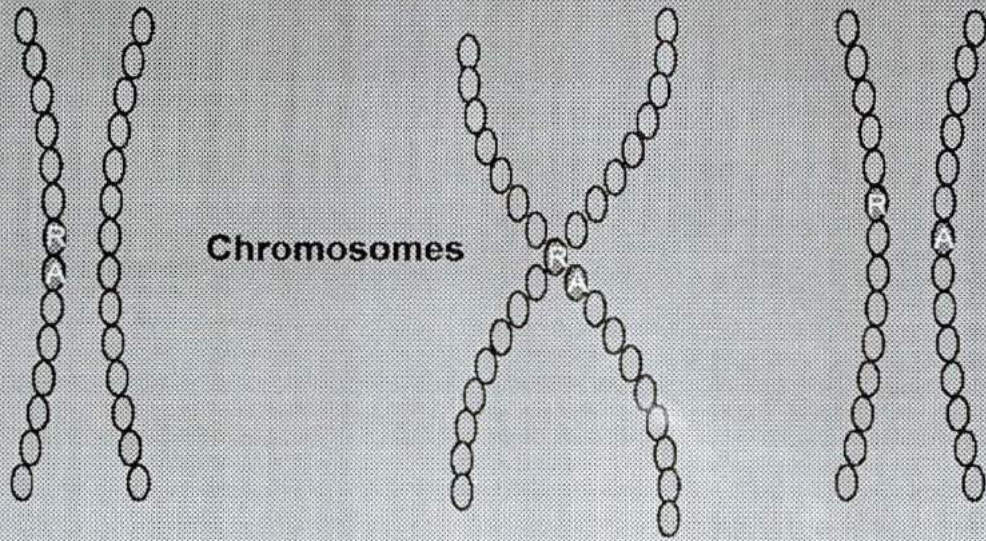


Figure No. 1

With continuous Selection Pressure the Resistance Genes separate from the Adverse Genes, so there is no longer any back selection to Susceptibility

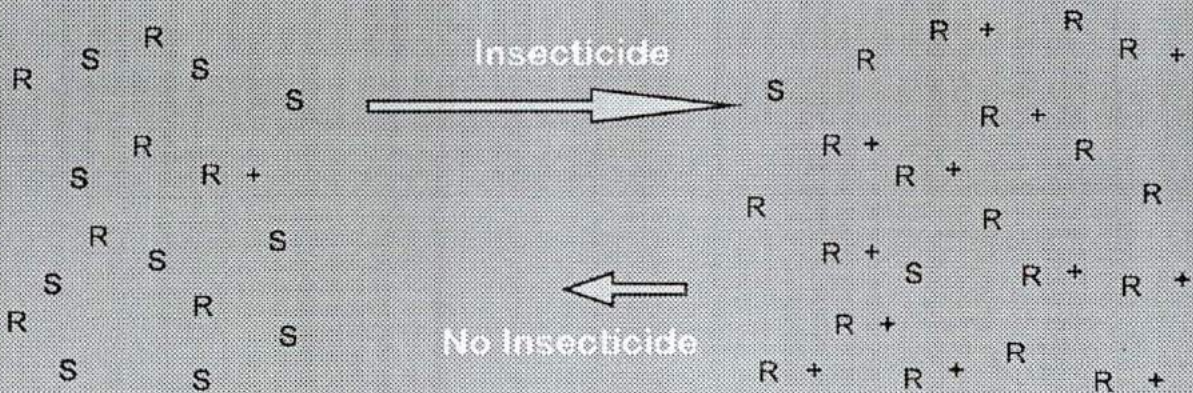


Figure No. 2

Direction of Selection in the Presence or Absence of Insecticide

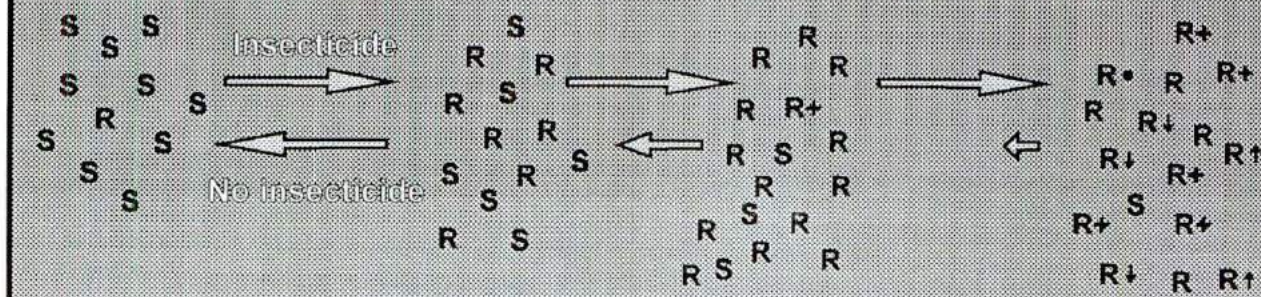


Figure No. 3

CHANGES IN SUSCEPTIBILITY OF A POPULATION THAT IS EXPOSED TO AN INSECTICIDE EVERY GENERATION

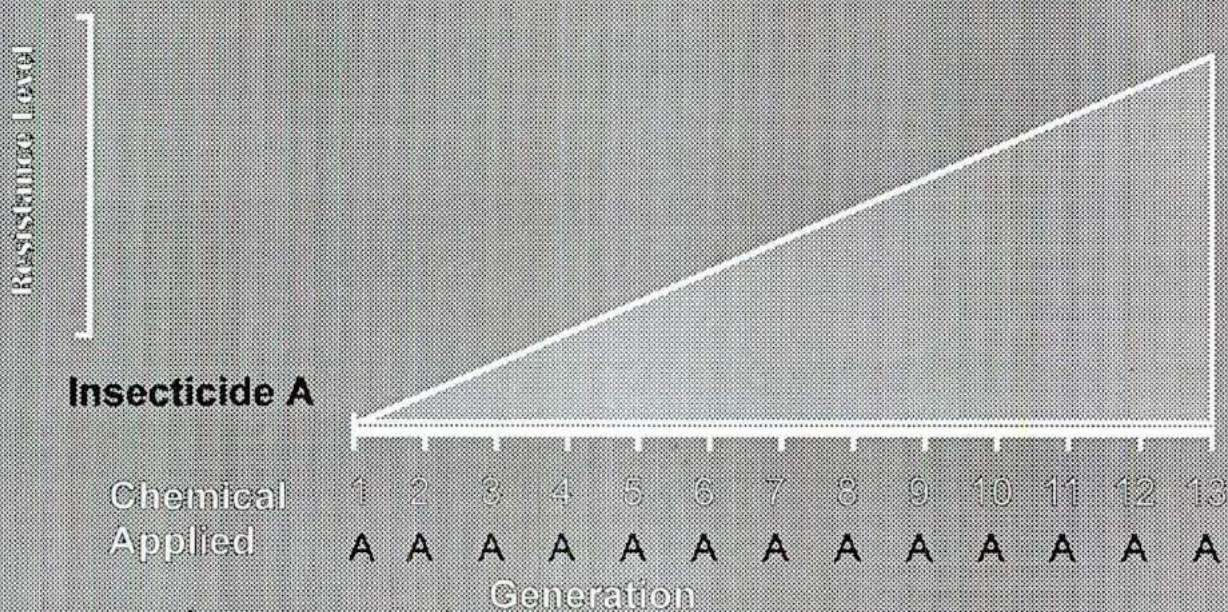


Figure No. 4

CHANGES IN SUSCEPTIBILITY OF A POPULATION THAT IS EXPOSED TO AN INSECTICIDE ONCE EVERY 4 GENERATIONS

Resistance Level

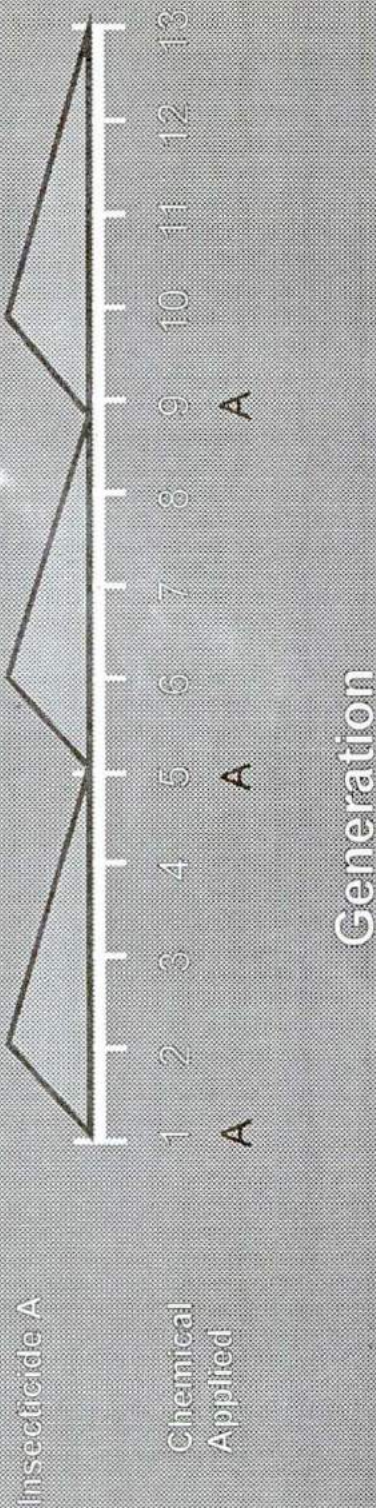
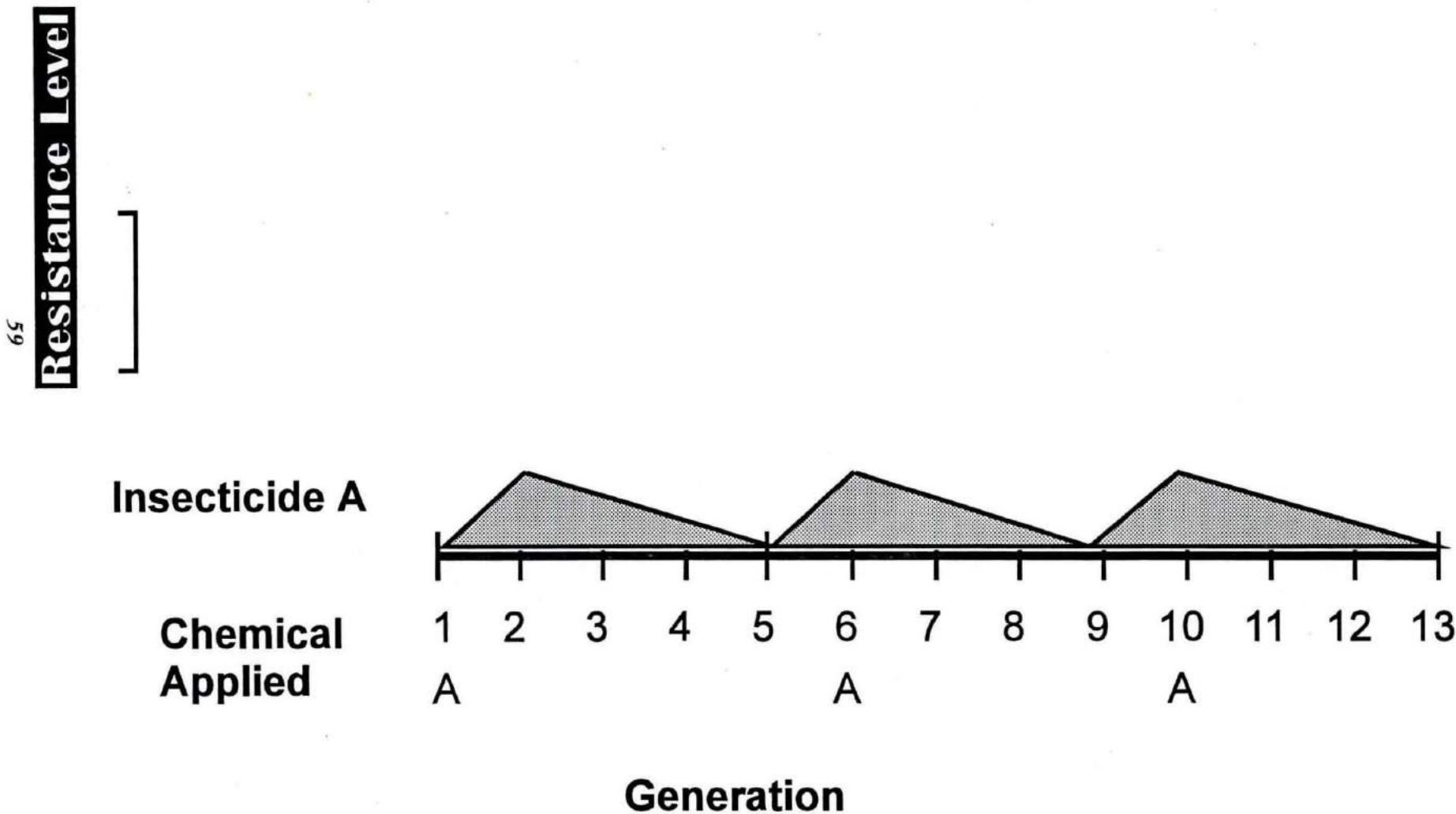


Figure No. 5

CHANGES IN SUSCEPTIBILITY OF A POPULATION THAT IS EXPOSED TO AN INSECTICIDE ONCE EVERY 4 GENERATIONS



CHANGES IN SUSCEPTIBILITY OF A POPULATION THAT IS EXPOSED TO 4 UNRELATED INSECTICIDES USED IN ROTATION

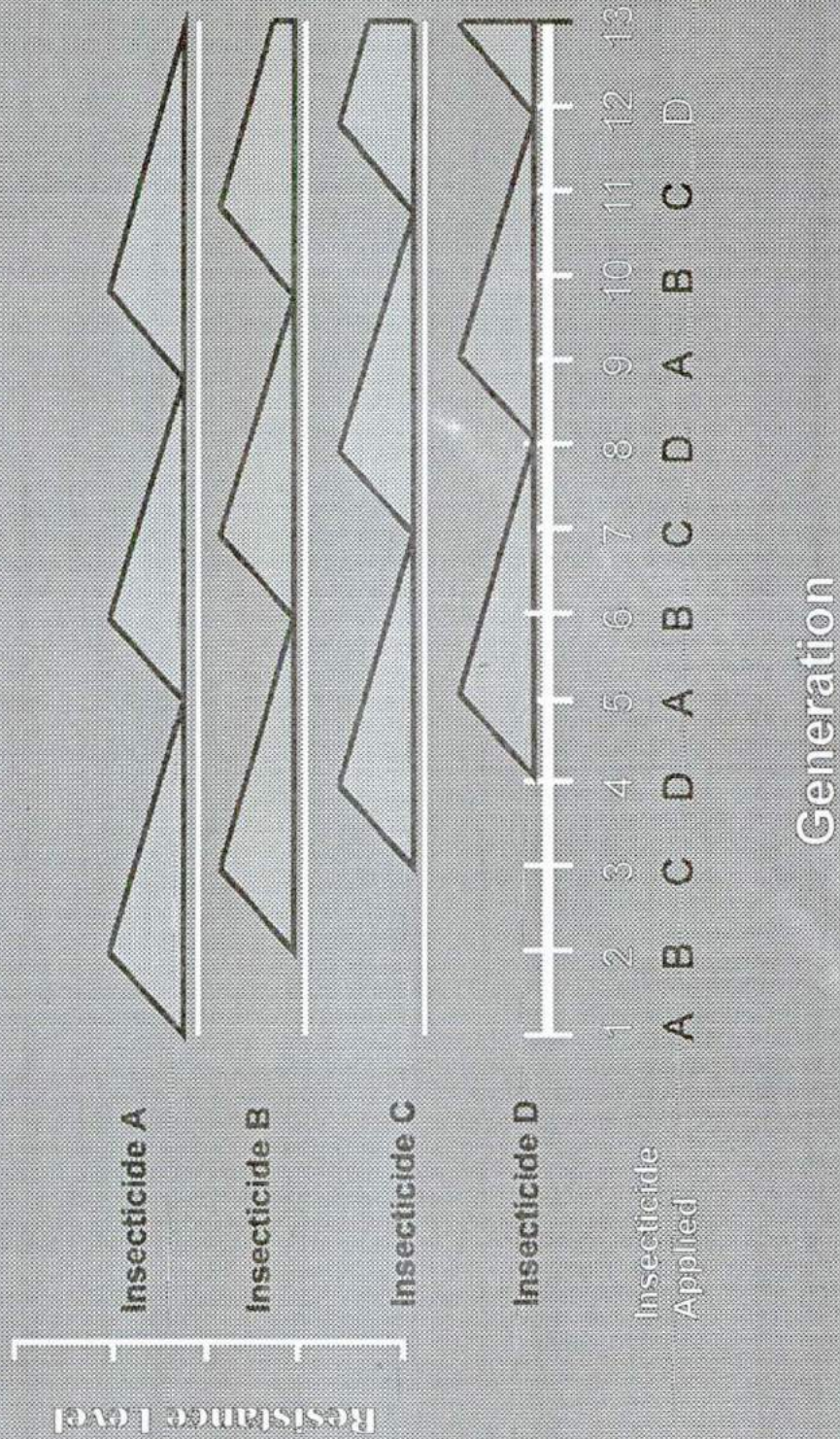


Figure No. 6

CHANGES IN SUSCEPTIBILITY OF A POPULATION THAT IS EXPOSED TO 4 UNRELATED INSECTICIDES USED IN ROTATION

19

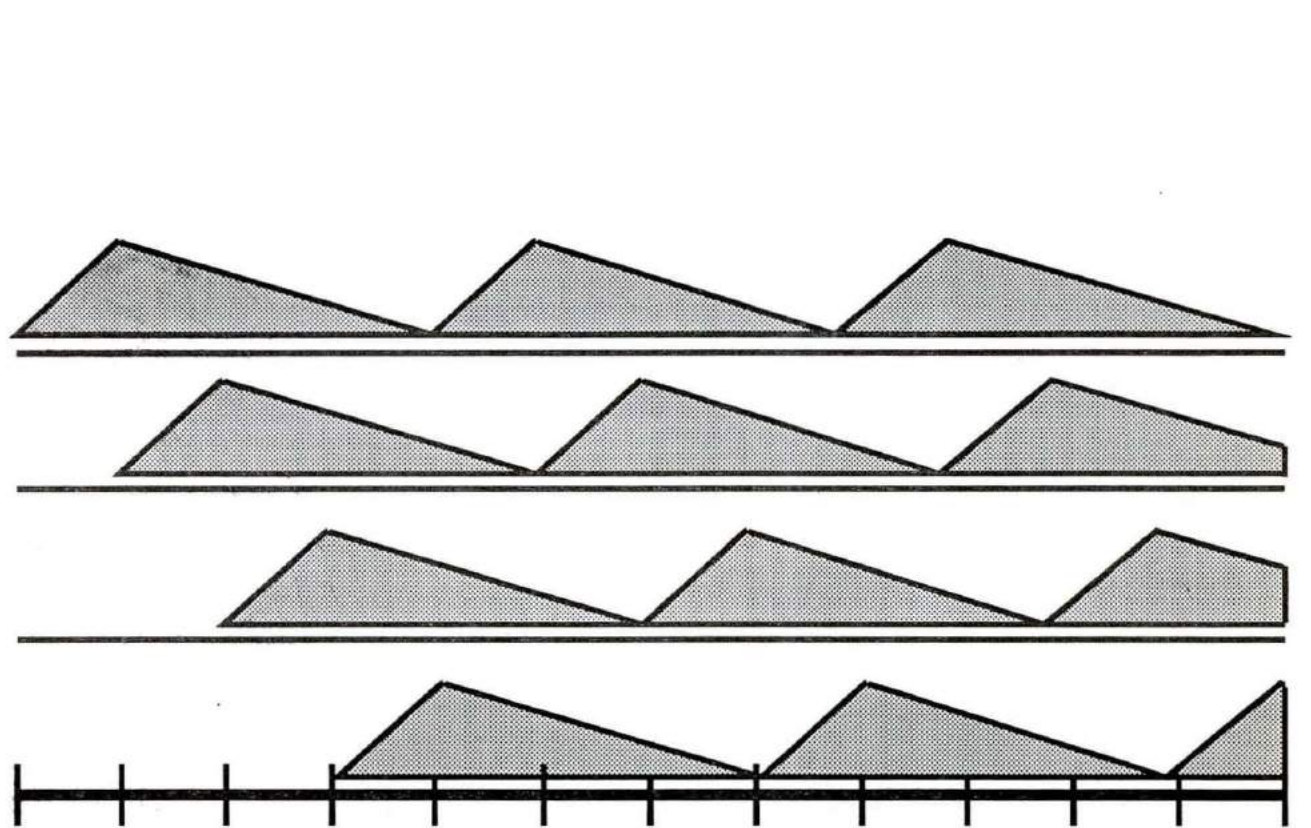
Resistance Level

Insecticide A

Insecticide B

Insecticide C

Insecticide D



| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D | |

Insecticide Applied

Generation

CASE STUDY: Insecticide Resistance in Field Populations of *Helicoverpa armigera* in India

Cotton Yield in Guntur District, Andhra Pradesh

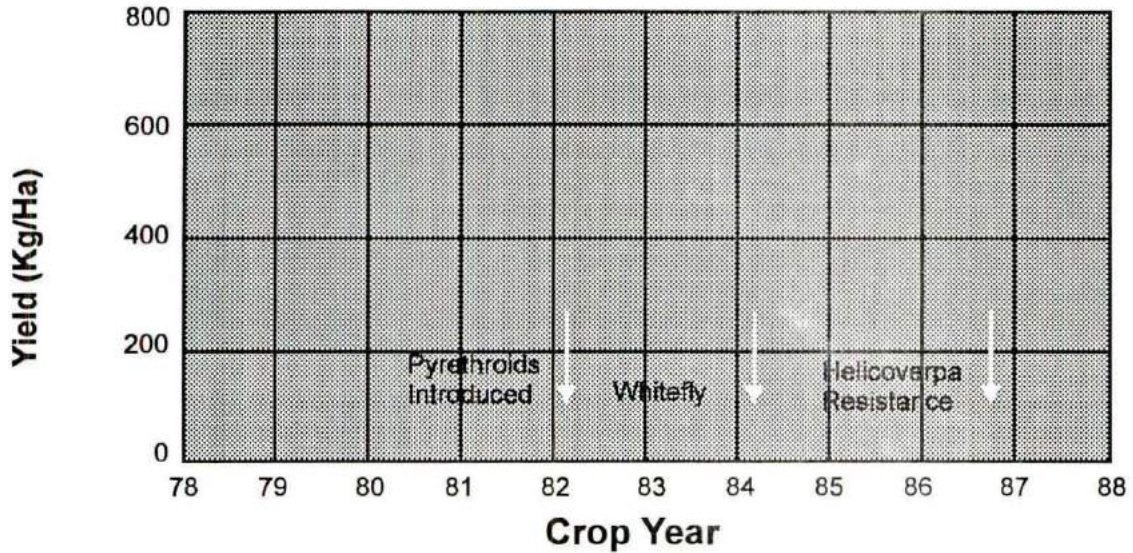


Figure No. 7

Summary of Pyrethroid Resistance Monitoring Data for Louisiana Populations of *Heliothis virescens* Progression of Resistance Over Time

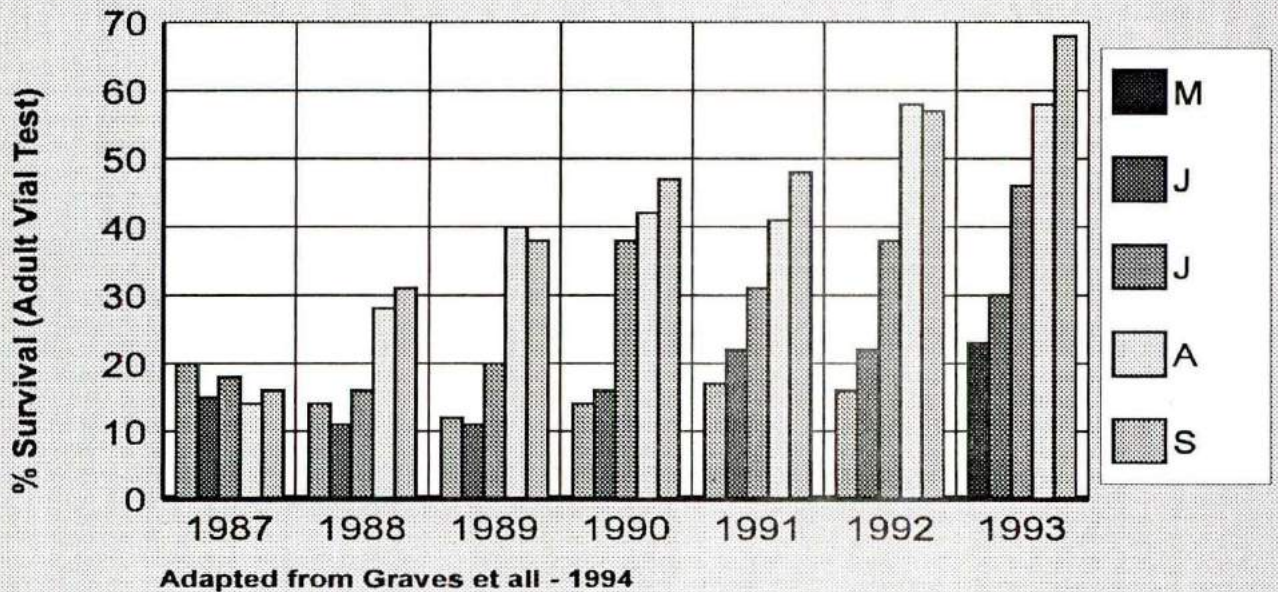


Figure No. 8

THE ROLE OF WEEDS IN INTEGRATED PEST MANAGEMENT

Robert F. Norris²

SUMMARY

Weeds and insects occur simultaneously in crops and interact with each other. Weeds, like crops, are producers in an ecological sense, and thus can serve as a direct resource for phytophagous insects. Weeds growing external to the crop ecosystem can serve as alternate hosts for *Lygus bugs*, *Heliothis* spp., numerous aphid species, stinkbugs, leafminers, and many other arthropods. Weeds supporting these insects lead to increased populations of insects overwintering, provide overwintering sites, lead to increased population in the spring, and can nullify gains from rotations to non host crops. Attempts to manage those insects has led to the development of area-wide IPM for a few species, such as *Heliothis* spp. Weeds growing within the crop ecosystem also support many pest arthropods. Controlling weeds within the crop can drive insects like cutworms, *Lygus bugs*, and false chinchbug to the crop. The presence of weeds in the crop may lead to elevated damage from insect pests developing on the weeds; the increased damage to red pine by the Saratoga spittlebug in the presence of sweetfern is a good example. Weeds can also host beneficial insects by serving as an alternate host for prey or directly by providing nectar or pollen for adult beneficials. It has been proposed that weeds should be managed so that beneficial insect complexes are enhanced. When crops are damaged by insect pests they are less able to compete with weeds; this interaction represents a top-down driven trophic interaction. In the alfalfa ecosystem damage by cutworms led to greater invasion of grass weeds in the summer. The presence of a weed canopy alters the microclimate. Such microclimate alteration has the potential to modify insect development and survival, but there is little documentation of this interaction. Tactics used to mitigate pests can also lead to interactions. Reductions in tillage due to use of herbicides for weed control can enhance survival of insects that pupate in the soil, such as *Heliothis*. Herbicides can have direct effects on insect development, but this type of interaction does not appear to be important. When herbicides and insecticides are mixed there is potential for interaction. Several herbicides have been shown to potentiate the action of insecticides against fruitflies, houseflies, and mosquitos. Conversely several insecticides have been reported to reduce the selectivity of herbicides on crops; the case of carbamate or organophosphate insecticides causing propanil to loose its selectivity to rice is particularly important. It is clear that interactions do occur between insects, and insect management, and weeds, and weed management. It is necessary to determine if these interactions are positive, negative, or are neutral in a pest management sense. lack of yield and economics data preclude being able to make such a decision for much of the published information. The challenge

² Section of Plant Biology, University of California. Davis, California 95616, U.S.A.

to IPM is to establish the importance of the interactions so that farmers can make more informed IPM decisions.

1. INTRODUCTION

Interactions between weeds and arthropods must be known in order to develop cross-disciplinary integrated pest management (IPM) programs. Nearly 1400 green peach aphids (*Myzus persicae* Sulzer) occurred per m² on weeds in Washington (Annis *et al.*, 1981), each clump of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.) in Louisiana hosted up to 400 individuals of the chinch bug (*Blissus leucopterus* Say) (Negrón and Riley, 1991), and weeds yielded 80 to 95% of the leaf miners collected adjacent to tomato fields in Florida (Schuster *et al.*, 1991). Interactions occur, in fact, much more frequently than is often recognized.

Although arthropods and weeds do interact with each other, strategies aimed at managing one or other class of pest rarely consider such interactions. Newsom (1980) noted that 'we are unable to answer even the simple sorts of questions that growers are asking about pest complexes'. The ability to answer these questions has improved little since then. Unless agriculture builds an understanding of these interactions and their implications to IPM strategies it will be inevitable that we will not achieve any true integration of pest management, and we will almost certainly not achieve optimum crop management strategies.

Interactions between weeds and arthropod pests have received considerable attention in recent years. Lists of weeds hosting crop-damaging insects have been developed (Bendixen *et al.*, 1981). The possible interactions between weeds and both pest or beneficial insects and how this fits into IPM have been reviewed (Norris, 1986, 1992; William, 1981). Interactions between classes of pests in wheat and cotton (Andow, 1983), in rice (Moody, 1990) and alfalfa (Norris, in press) have also been prepared. Other authors have assessed the role of weeds strictly from the point of view of how they may alter insect management (Altieri and Whitcomb, 1979a, b; Altieri 1988; Andow 1988). The contribution of weeds to diversity in the agricultural system has also received considerable attention (Van Emden and Williams, 1974; Perrin, 1980; Altieri and Letourneau, 1984; Baliddawa, 1985; Andow 1991). Higgins (1985) provided a framework for research approaches to studying weed/insect interactions.

This review synthesizes the state of the knowledge based on these reviews and more recent publications, and develops a framework for discussion of weed/arthropod interactions. There is no attempt to cover all the material presented in the papers noted above. As we move to more sustainable systems for managing pests it will be necessary that more attention be paid to interactions between pests. This review clearly demonstrates the

magnitude of some interactions between weeds and pests. It also emphasizes that such interactions should be anticipated.

A basic assumption must be made at the outset of discussions about interactions between weeds and other pest organisms. The negative impact of many weed species on crop yield, and related impacts on human activities, are sufficiently great that some form of weed management will be required in most situations. Interactions between arthropods and weed management are thus inevitable and should thus be part of IPM programs.

Interactions between weeds and arthropod pests in IPM programs can result from three interacting mechanisms (Figure 1). These are ecosystem/energy resource flow (trophic relationships), habitat (microenvironment) modification by pest species, and by control tactics employed to mitigate pests.

2. INTERACTIONS DRIVEN BY ENERGY/RESOURCE AVAILABILITY

Fundamental ecological theory involves understanding energy and resource flow within the ecosystem. This leads to concept of food webs and trophic levels within the community. The trophic dynamics/energy resource flow concept provides a good model for explaining interactions between weeds and arthropod pests.

All organisms require resources in order to live and reproduce. These resources are obtained from the immediate environment. The resources required by green plants are different from those required by arthropods. In a trophic dynamics sense green plants are producers (Figure 2); they are considered to be autotrophic, or are 'autotrophs'. They utilize light energy, carbon dioxide, water and mineral nutrients, to manufacture all biochemicals needed to live. Crops are producers (Figure 2). Weeds, and all other plants, are also producers.

Pests, other than those that feed on animals or are weeds, occupy the trophic dynamics position of being primary consumers, or herbivores (as they feed directly on plants) (Figure 2). Plant pest arthropods are phytophagous and utilize crops as their food sources. Many such pest species are polyphagous and can also feed on weeds. If they utilize the latter then there is potential for direct interaction between arthropod pests and weeds/weed management.

Beneficial arthropods, not including those that control weeds, are secondary consumers in a trophic dynamics sense and utilize a primary consumer, pest or beneficial, prey species as their food source. Arthropods that feed on weeds can serve as a food source (prey) for these secondary consumer beneficial insects. This leads to complex interactions between classes of pests.

Secondary, or higher level, consumer organisms are primarily carnivores, but they may also be herbivores, in which case they are considered to be omnivorous. Many beneficial arthropods (secondary consumers) also feed directly on producers at some stage in their life cycle. Such beneficial insects thus have the potential to interact with weeds both as primary consumers and as secondary consumers (Figure 2; dotted lines). This leads to increased complexity of interactions.

Many of the interactions between weeds and pest or beneficial arthropods are collectively referred to as the weed acting as an alternate host plant. The weed serves as an alternate food source when the useful 'crop' host plant is absent. These type of interactions are considered to be bottom-up driven as changes in the lower trophic level (plants) impacts organisms (arthropods) at trophic levels higher up the food chain.

Many interactions between weeds and insects that are energy/resource driven are also modified by alterations in habitat. Published examples of weed/insect interactions do not always permit determination of whether the interaction was driven by trophic mechanisms or through habitat modification.

Direct interactions

Pest arthropods feed on weeds.

Arthropods that are monophagous feed only on a single plant species. Such insects that utilize weeds as a food source are not crop pests and provide biological weed control. This aspect of IPM is beyond the scope of this review. Arthropods that are polyphagous can feed on several to many plant species. Such insects frequently feed both on one to several crops and from a few to many weeds. Examples of the latter are pest species like Lygus bugs, worms in the genus *Heliothis*, and various aphids.

Weeds growing external to managed ecosystem. The significance of this type of interaction is two-fold. The weeds may serve as an alternate host for a crop-damaging arthropod and thus serve as source for population build-up in adjacent crops. Of equal or greater significance to IPM is the occurrence of both a vector insect and a virus (or other pathogen) in the weed. This topic has been covered by Duffus (1971) and Thresh (1981).

There are numerous examples of arthropod pests of crops that can also live on weeds (Bendixen et al., 1981). A few examples are presented here to show the significance to pest insect populations being supported on weeds. The movement of Say stinkbugs (*Chlorochroa sayi* Stal.) into wheat (*Triticum aestivum* L.) provides a classic example of an interaction between weeds external to the crop ecosystem and insect damage in the crop (Jacobsen, 1945). Russian thistle (*Salsola kali* L.) growing in an abandoned field resulted in stinkbug damage to wheat in the adjacent fields which showed a direct relationship

between degree of damage and distance from the weed/stinkbug source. A recently published similar example is the hosting of chinch bugs by broomsedge (Negron and Riley, 1991). Each clump of broomsedge hosted between 150 and 370 chinch bugs during the winter, which migrated back to cereal crops in the spring.

Many species of aphids are reported to build-up on weeds. The green peach aphid has been reported from many weed hosts. The figure of 1.4 billion aphids per hectare on flixweed (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) and other weeds reported by Tamaki et al., 1980) is one of the most striking examples. It is assumed that destruction, or natural death of the annual weeds in the late spring drives the aphids to adjacent crops like peaches, sugarbeets, etc. The groundnut (peanut) aphid (*Aphis craccivora* Koch) builds up on several weeds and moves back to crops in Africa (Ofuya, 1988).

Not all aphids present on weeds are crop pest species. Before condemning weeds because they host aphids it is critical that the aphid species be correctly identified. The aphids may in fact be providing some control of the weed, and may also be serving as an alternate resource for aphid predators and parasites. A good example of the latter interaction is the occurrence of aphids on sowthistles. These aphids are specific to sowthistles³ (*Sonchus* spp.) and are thus not crop pests, yet they support various beneficial insects important to IPM such as parasitic wasps, lady beetles, and syrphid flies.

Lygus spp. have been reported living on numerous weed species growing in non-cropped areas, and then moving into crops (e.g. Young, 1986; Fleischer and Gaylor, 1988; Graham et al., 1982, 1986).

Several grass weeds have been reported to serve as alternate hosts for the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) in the USA, and to result in increased populations that move to adjacent corn fields (Showers, et al., 1980). These authors suggest that controlling the grass might be a usable IPM approach to managing the insect. Johnsongrass (*Sorghum halapense* (L.) Pers.) was shown to serve as an alternate host for the related Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis* Gueneé), where it too supported populations that migrated to the crop.

Both the tobacco bud worm (*Heliothis virescens*) and cotton boll worm (*Heliothis* [*Helicoverpa*] *zea* Bodie) can live on several weeds (e.g. Hallman, 1985; Mitchell et al., 1990; Bell, 1991). The role of cutleaved geranium (*Geranium dissectum* L.) in the southeast as an alternate host of these insects has received special attention. It seems very clear from the literature that these insects are to considerable degree maintained on weedy vegetation when crops are not present. This has also led to suggestion that weed

³ Personal communication, Dr. H. Lange, Entomology Dept., University of California, Davis.

manipulation may be an IPM tool to manage the insects.

The preceding examples, and many others not cited, document that weeds can substantially alter both the survival and population increase of many pest arthropod species. This leads to consideration that control of weedy vegetation surrounding crop areas as an IPM tactic to delay insect pest build-up in the adjacent crops. Examples cited include destruction of grass weeds to control European corn borer (Showers, et al., 1980), control of alternate hosts of *Heliothis* spp. for area-wide management of these destructive pests (Knipling and Stadelbacher, 1983), and vegetation management to reduce native weed hosts of tarnished plant bug (*Lygus lineolaris* Palisot de Beauvais) (Fleischer and Gaylor, 1987). Burning weedy hosts of the green peach aphid led to 51-91% reduction in aphids, and hence virus diseases, in adjacent sugarbeets (*Beta vulgaris* L.) (Wallis and Turner, 1969). An IPM conflict may arise as the same weeds may also be a source of beneficials living both on the target pest insect or on other non-pest species.

A similar IPM tactic involves controlling the insect pest while it is still on the weedy alternate hosts. The beet leaf hopper in California overwinters on weedy vegetation in the coast range and the foothills of the Sierra Nevada. A program to control the insect before it migrates from the overwintering sites is organized by the California Department of Food and Agriculture to delay build-up of the insect, and the associated virus diseases that it vectors, in crops in the Central Valley. The control of *Heliothis* spp. on geraniums and other wild alternate host plants before they migrate to adjacent cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is another example (Knipling and Stadelbacher, 1983).

The foregoing examples serve to illustrate that weedy vegetation around crop fields can contribute to the insect pest problems in the crop. Whether controlling insects on such weedy vegetation would make useful contribution to crop insect management is difficult to ascertain. Knowledge of, or even monitoring, the insect pests hosted by weeds can permit a manager to better anticipate insect problems in the adjacent crop. This technique is used in California to predict development of *Lygus* populations in cotton⁴.

Weeds growing within managed ecosystems. The presence of weeds in the crop system may alter both the population dynamics of phytophagous primary consumer pests and may also modify the degree of damage caused by such pests. The interactions are to a great extent probably mediated by resource alteration, but may also be modified by alteration of the ability of the crop to withstand stresses resulting from multiple pest attack.

Probably one of the best documented examples of integration between weed management and insect management is the case of the Saratoga spittlebug (*Aphrophora saratogensis*

⁴ Personal communication from Larry Gallion, Manager, Visalia Coop. cotton Gin, Visalia, California.

Fitch). This insect injures or kills young red pine (*Pinus resinosa* Ait.) and jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) trees in Michigan (Wilson *et al.*, 1977; Kennedy and Wilson, 1971; Heyd *et al.*, 1987). The bug develops on many understory plants, but the sweet fern (*Comptonia peregrina* (L.) L.Coult.) is considered the primary alternate host, and supports full development of the insect. A rating system was established to predict spittle bug damage in relation to the degree of understory sweetfern cover. Although insecticides can be used for short-term control the best long-term management of the insect requires reduction of sweetfern and other alternate hosts. Using herbicides to reduce the sweetfern thus reduces the insect damage and losses due to competition. Replacement of the alternate host species with non-host species is also considered to be a useful IPM tactic.

Cutworms also provide a striking example of the impact of weed vegetation on development of insects within the crop. Canada thistle and field bindweed increased rebacked cutworm (*Euxoa ochrogaster* Guenée) in asparagus by as much as 250- to 300-fold in comparison with weed-free crop (Tamaki *et al.*, 1975). The weeds provide a food source for the cutworms at a time of the year when the amount of asparagus available is still low. Although weed management would appear to be a useful IPM tactic in this system no recommendation was made, and no yield data were obtained.

A major significance of weeds to IPM occurs when the arthropod pests they support transfer to the crop when the weeds are controlled for weed management purposes. This phenomenon has been reported for several different weed/insect/crop associations, but is often not recognized as part of an IPM program. There are several examples that document the magnitude of this problem.

The lesser cornstalk borer (*Elasmopalpus lignosellus* Zell.) in California corn crops utilizes many grass weeds as alternate hosts (Reynolds *et al.*, 1959). These authors state 'Cultivating out infested weed hosts just before or after planting a susceptible crop can be disastrous, as it forces virtually the entire resident population to feed upon the seedling plants'. The southern false chinchbug (*Nysius raphanus* Howard) overwinters on several members of the Cruciferae, including London rocket (*Sisymbrium irio* L.), in California. Natural senescence of these weeds in the spring, or cultivation, drives the insect to cotton (Leigh, 1961) or grapes (Barnes, 1970). In the latter case timing cultivation so that it occurs prior to renewed growth of the grapes in the spring can substantially reduce the impact of the insects.

The aster leafhopper (*Macrosteles fascifrons* Stål) builds up on weeds in the rice ecosystem (Way *et al.*, 1983, 1984). Late application of herbicides to control the weeds drives the insects to the crop. Herbicide application correctly timed resulted in little insect movement. These results demonstrate that interactions can change rapidly during crop, weed, and insect development. Spiny amaranth (*Amaranthus spinosus* L.) is the preferred host of subterranean cutworms (*Agrotis subterranea* Fab.) in the everglades of Florida

(Genung, 1959). If dense stands of amaranth were cultivated for weed management almost total crop destruction by cutworms has been observed within 24 to 48 hours. Insecticidal control of cutworms on amaranth may be necessary prior to cultivation to avoid driving the insect to the crop plants.

Weeds alter corn borer population biology but the IPM impacts were not consistent. In the case of the European corn borer Weber *et al.* (1990) reported that various weeds in sweet corn increased the infestation of the insect. Pavuk and Stinner (1991) showed that broadleaved weeds decreased the infestation and damage by the insect in field corn, but grass weeds may attract the *Ostrinia nubilalis* to corn fields. These results emphasize that generalized statements about weeds are probably not justified, but that weed and insect species must be known in order to discuss interactions.

When weeds do not support a pest arthropod as well as the preferred host crop then weed presence can lead to reduced insect numbers. Foxtails (*Setaria* spp.) in corn are a good example; they do not serve as a very good host for corn rootworm (*Diabrotica undecipunctata* Barber) and thus weedy fields tend to have less rootworm (Johnson *et al.*, 1984). A similar interaction has been reported between potato leafhopper (*Empoasca fabae* Harris) invasion in alfalfa (*Medicago sativa* L.) and the presence of grass weeds (Lamp *et al.*, 1984). The presence of weeds is thus beneficial to IPM programs in these situations.

Beneficial arthropods feed on weeds.

Beneficial arthropods must, by definition, feed on a pest species. However, they often, as noted earlier, may become primary consumers at some stage in their life cycle and feed directly on plants. When weeds serve as both an indirect and a direct food source the complexity of interactions is increased in relation to the role of weeds in the ecosystem (Figure 2).

Many beneficial insects require a plant food source, typically pollen or nectar, during their adult life stage. Nectar feeding typically increases life span of the adult and makes the insect more effective in controlling the target pest. Leius (1967) and Syme (1975) showed the importance of nectar or pollen for the success of several parasitic insect species. Bugg *et al.* (1987) and Naranjo and Stimac (1987) showed that weedy vegetation substantially altered the development of populations of big-eyed bugs (*Geocoris punctipes* Say), but a beneficial relationship to IPM in adjacent crops could not be established. Likewise Bugg and Wilson (1989) showed that toothpick ammi (*Ammi visnaga* (L.) Lam.) provided pollen and nectar to the minute pirate bug (*Orius tristicolor* White), but again the connection to IPM could not be established. Nectar feeding by adults of *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck), a parasitoid of the black cutworm (*Agrotis ipsilon* Hufnagel), increased longevity and fecundity, but no benefit in black cutworm control could be established in a no-till corn system (Foster and Ruesink, 1984, 1986).

Decreased abundance of two spurge in Hawaii due to improved weed control in non-cropped areas contributed to decreased effectiveness of *Lixophaga sphenophori* (Villeneuve), a parasitic tachinid fly, due to decrease in nectar supply for the adults (Leeper, 1974; Topham and Beardsley, 1975). Topham and Beardsley reported that only 10% of target larvae of the New Guinea sugarcane weevil (*Rhabdoscelus obscurus* Boisduval) were parasitized in a cane field in and around which weeds had been controlled versus 65% parasitization in a situation where weeds had not been controlled. This is one of the few examples where the abundance of a nectar source was connected to parasitization of a pest in the adjacent crop.

Adults of twenty eight species of entomophagous Hymenoptera fed on nectaries of several weeds in Mexico (Pereyra and Villaneuva, 1987). The authors did note that several of the wasp species had been observed attacking lepidopterous pests in pecans but no additional connections between the weeds and a crop pest were made.

Pollen can serve as part of the diet of adults of the predaceous earwig *Doru taeniatum* Dohrn (Jones et al., 1987). The contribution of pollen feeding to overall success of the predator was not established.

These examples demonstrate that weeds can directly alter the survival and fecundity of several beneficial insects. Except in the case of the tachinid fly *Lixophaga sphenophori* the direct connection to insect IPM was not established. Unless the connection can be established the hazard exists that the weeds providing nectar to beneficial insects might also provide nectar to crop damaging pest. As noted earlier the fecundity of adult velvetbean caterpillar and soybean loopers was increased when they obtained nectar from flowering weeds (Collins and Johnson, 1985).

Indirect interactions

Arthropod feeding can indirectly interact with weeds in two ways. Insect feeding can alter competitive ability of crop plants, and weeds can support herbivorous insect populations which serve as prey for beneficial insects. In either case the insects in question do not feed directly on the weed plants.

Beneficial arthropods feed on prey living on weeds

Weeds that grow externally to the target ecosystem may support alternate prey for beneficial insects. When the prey living on weeds is not the crop pest there can be clear advantage to leaving the weeds as they can serve to maintain beneficial populations when the crop pest insect host is not present. When the prey living on the weeds is the same crop pest the role of weed manipulation is not always clear. Lack of either direct

connection between the beneficials living on weeds and the crop pest arthropod, and the lack of yield data, make interpretation of most of the published work difficult at the IPM level.

Overwintering of the grape leafhopper parasite *Anagrus epos* (Girault) on the blackberry leafhopper (*Dikrella cruentata* Gilette) on blackberries (*Rubus* spp.) growing in riparian areas in California is a classic example of a weed providing an alternate prey source that is not a crop pest (Doutt and Nakata, 1973). The degree of parasitism in vineyards adjacent to the riparian habitats was higher than in vineyards not associated with these habitats. Although the phenomenon has been well documented it has not led to successful manipulation of the parasite by creating artificial blackberry habitats.

Ground beetles and spiders are generalist predators that are universally considered to be beneficial for arthropod management and for weed seedbank regulation. Weed cover, particularly grasses, enhances the numbers and activity of these generalist predators (Thiele, 1977; Kromp and Steinberger, 1992; Hassall *et al.*, 1992). This is probably a combination of direct resource for the polyphagous species, indirect prey resource for predaceous species, and habitat modification. For example, the number of carabid beetles is linearly related to the presence of annual bluegrass (Speight and Lawton, 1976). It is assumed that such increases lead to decreased pest arthropod presence or damage. In most cases no direct connection has been made.

Kromp and Steinberger (1992) felt that grassy field borders could serve as a source of carabids to replace those killed in adjacent fields by intense cultivation. Similarly Thomas *et al.* (1991) found that 'islands' of grass vegetation in cereal fields helped to maintain carabid populations. The authors noted that habitat creation schemes could (my emphasis) be a useful measure to strengthen natural control mechanisms disrupted by intensive farming methods. No direct connection between predators and crop pest arthropods was established.

Imported fire ants (*Solenopsis invicta* Buren) are also generalist predators, and are considered to be the most important predator of the sugarcane borer (Ali *et al.*, 1984). The ant is much more prevalent in systems with weeds present than those where weeds were controlled. Presence of grass weeds was more important to the interaction than broadleaf weeds. The interaction was driven by increased abundance of alternate prey in the weedy systems. Judicious management of weedy vegetation so that it does not compete with sugarcane **might** (my emphasis) contribute to a more stable insect IPM program.

The degree of parasitization of crop pest insects that are living on weedy vegetation has not received much attention. Gordon *et al.* (1987) have shown that egg parasitoids of Lygus bugs and threecornered alfalfa hopper (*Spissistulus festinus* Say) were recovered from redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and lambsquarters (*Chenopodium album* L.)

in New Mexico. The extent that this might contribute to insect suppression in adjacent crops was not clear.

A major egg parasite of *Lygus* bugs could be recovered from insects living on weeds (Graham et al., 1986); parasitism reached 100% on some weed species at specific times of the year. Whether the parasites were making significant regulation of the pest populations was not established. Streams et al (1968) showed up to 30% parasitization of tarnished plant bug collected from various *Erigeron* spp. in Connecticut, but that nymphs collected from several other species were not parasitized. The latter authors felt that the primary value of the parasite *Leiophron pallipes* (Curtis) would be on control exerted on the tarnished plant bug developing on weeds rather than alfalfa before it moved into adjacent cultivated fields.

Many weeds support development of the first generation of *Heliothis zea* and *H. virescens* throughout much of the southern USA, as noted earlier. These insects also support development of their predators (Harris and Phillips, 1986). Mowing weeds decreases the development of the parasites. The effect of mowing differed with predator species; *Orius* spp. were not affected, while *Geocoris* and lady beetles were reduced by about 50%. Mowing has less overall impact on predators than on the phytophagous pests. This could lead to judicious use of weed vegetation manipulation in an IPM program such that it maximizes impact on the crop pests and minimizes the impact on the predators.

Weeds that grow within the target ecosystem may also support prey used by beneficial insects. Presence of the weeds can be considered as increased diversity. Within the alfalfa crop Barney et al (1984) concluded that substrate predator diversity was reduced and the foliage predator complex was increased by weeds. Differences were observed between the impacts of grass weeds and broadleaf weeds on the predator communities. No attempt was made to relate the predators assessed to their trophic level one phytophagous hosts, and thus the reasons for the interactions cannot be established. The authors concluded that an insect management program might be able to use selective weed manipulation as a way to enhance selected predatory insect species.

Aphids living on weeds have been shown to support populations of beneficial arthropods. Orchard weeds support aphids that serve as alternate prey for parasitic wasps (Carroll and Hoyt, 1986). The authors felt that orchard weeds could (my emphasis) be managed to favor species beneficial to the parasitoids. Again, no direct connection between weeds and parasitism of the pest insect was established. However, weeds in cereals in England did not influence the parasitoids that attack cereal aphids (Powell et al., 1986).

Weedy backgrounds in cole crops have been shown to result in decreased presence of aphids and worms (Smith, 1976a,b). This was related to increased presence of predators in the weedy systems; particularly ground beetles. Utilization of uncontrolled weed

vegetation was not considered feasible due to yield reduction resulting from competition.

Horn (1984, 1988) raises an important issue concerning parasitism of parasitoids. Under a collard/green peach aphid system it was shown that the greatest activity of the secondary parasites was in the weed free plots, and was attributed to greater density of the parasitoid prey species. If this phenomenon is typical then activity of secondary parasites might negate any impact that weeds might have in increasing diversity. Smith (1976b) also noted that larger aphid populations in weed-free brussels sprouts attracted more natural enemies. This makes discussion of the impact of weeds on overall insect pest management very difficult due to opposing phenomena occurring that interact with the pest population dynamics.

Arthropod feeding alters crop growth.

It is generally accepted that weeds invade crops when they are weakened by other factors. Any factor that reduces the competitive ability of the crop has the potential to increase growth of weeds. This is a top-down driven resource based interaction; it could also be considered to be an example of resource feedback. If the crop has less leaves to intercept light, or the root system is impaired, then resources that would have been utilized by the crop become available for other plants in the system. The 'other plants' are typically weeds. Damage to 'crop' plants by arthropod pests can thus be a factor contributing to invasion of weeds into crops. This type of interaction has traditionally been recognized but there is little research information to substantiate it and it is usually ignored by weed IPM programs.

The alfalfa agroecosystem has demonstrated substantial reductions in weed growth when the crop is protected from defoliation, but the impact of changes in competition following arthropod attack in annual crops is less clear.

Hutchins *et al* (1990) reviewed this phenomenon in relation to impacts of insect damage on alfalfa regrowth. The rapidity of invasion of yellow foxtail (*Setaria lutescens* (Weigel) Hubb.) into alfalfa during the season is increased by lack of control of Egyptian alfalfa weevil (EAW) (*Hypera brunneipennis* Boh.) prior to the first cutting in the early spring (Norris and Schoner, 1975; Schoner and Norris, 1975; Summers and Newton, 1989). Control of EAW in an alfalfa field with a good stand resulted in 30% less yellow foxtail being harvested for three out of four summer cuttings, and even in a field with a weak alfalfa stand yellow foxtail invasion was also reduced by 25% for two cuttings. Summers and Newton (1989) reported that winter weed problems in alfalfa in California were also increased by lack of control of EAW and aphids.

Godfrey and Yeargan (1987) reported increased weed (species not specified) biomass when alfalfa weevil (*Hypera postica* Gyllenhal) was not controlled in comparison with yield where

weevil was controlled. Defoliation of stubble by the alfalfa weevil (Buntin, 1989) and by variegated cutworm (*Peridroma saucia* Hübner) (Buntin and Pedigo, 1986) likewise resulted in increased grass (primarily *Setaria* spp.) weed growth. Duration of variegated cutworm feeding, and increasing density of larvae, increased the damage to the alfalfa which resulted in a corresponding increase in weed growth.

In annual cropping systems the impact of defoliation of the crop on weed growth has been minimal. Simulated greenclover worm (*Plathypena scabra* F.) defoliation in soybeans did not result in significant increase in growth of competing velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) (Higgins et al, 1984a, b). Tobacco thrips damage (*Frankliniella fusca* Hinds) to peanuts did not substantially alter the growth of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) (Murdock et al., 1986). The lack of effects were attributed to insect attack being too late to alter the growth of the weed through alter competition. Damage to wheat by the wheat bulbfly did, however, result in increased incidence of mayweed and blackgrass (Lawes Agric. Trust, 1974). In the latter case the crop stand was reduced and it is feasible that crop stand reduction by insects might be more important in regulating crop competitive ability vs weeds than defoliation unless the latter is severe.

The foregoing examples document what many researchers and managers have known intuitively. The implications for IPM are clear; good insect control increases crop competitive ability, which can substantially reduce the magnitude of weed problems in some ecosystems. The gain in weed suppression by the insect control should become part of the economics used to judge the utility of insect control, and will lead to a reduction in the threshold for the insects. Such alteration of insect threshold based on impacts on weed invasion have not yet been implemented. More data on the interactions is required before farmers will be able to justify such changes in management.

3. INTERACTIONS DRIVEN BY HABITAT (MICROENVIRONMENT) MODIFICATION

The presence of plants modifies the immediate environment. Light is attenuated with depth into the canopy. Temperature is moderated; day-time temperatures are cooler than ambient and night-time temperatures are higher. Wind speed is typically decreased with depth into the canopy, and relative humidity is increased. Plants can also shelter other organisms from being seen. Anything that alters the status of the plants present in an ecosystem therefor has the potential to alter all of these parameters. The degree of modification depends on quantity of vegetation present, which is often related to age, and to a lesser degree by the qualitative nature of the species present.

Impacts on arthropods

Stress to the crop from one type of pest can reduce the ability of the crop to withstand

stress imposed by another type of pest. Competition from weeds can reduce the ability of alfalfa to tolerate attack by insects. This has been demonstrated for the alfalfa weevil in Oklahoma (Berberet et al, 1987), and the EAW in California (Norris et al, 1984). In these cases the alfalfa was less able to tolerate the insect attack when also competing with weeds. Oloumi-Sadeghi et al. (1988) report the opposite response for the presence of summer annual grasses and the interaction with potato leafhopper damage. Increased weeds resulted in decreased hopper damage. The presence of weeds thus altered the insect population density at which the crop starts to sustain economic damage. The data suggest that insect economic thresholds may be lower in weedy fields than in weed free fields. Insect IPM programs that alter the action threshold in relation to weediness have yet to be adopted.

Weed impacts on habitat

Impacts of weeds on habitat can occur at several different levels. Resource concentration is considered to be very significant in relation to the ability of insects to find their food source. Weeds increase diversity, and decrease resource concentration for monophagous pest insects. Apparency is also related to the ease with which insects can find their food; again weeds can alter the apparency of the food source. These two effects of weeds are frequently considered together as they are frequently difficult to distinguish.

The microclimate to which an arthropod is exposed regulates the development of the organism (Willmer, 1982). Temperature drives development rates of poikilothermic organisms, which includes arthropods. Degree-day models are used as predictors of insect population dynamics. Weeds can alter temperature at the microclimate level. Weeds can also alter wind speeds and humidity which can also modify insect distribution and survival. Physical shelter can also be provided by weeds for such processes as oviposition.

Light attenuation is very important to other plants (competition), but is of limited significance to other arthropod pests, except in overall context of 'shelter'.

Although temperature modification is potentially very significant no specific examples of interactions between weeds and arthropods were located. Zero-till has permitted determination of effects in soil. Plant cover (weeds) results in lower soil temperatures in the spring and summer, and warmer soil temperatures in the fall and winter. The magnitude of diurnal fluctuations are reduced, and the maxima and minima are offset. This temperature modification is typically ± 5 C (to as much as 10 C). Environmental temperature regulates metabolic activity of poikilothermic (**cold-blooded**) organisms. Therefore weeds have the potential to alter the rate of arthropod development. This could lead to less accurate prediction of pest populations by degree-day models. It is feasible that weeds may alter validity of degree-day models. The implications are considerable for predictive IPM but are not typically considered.

One of the major ways in which weeds create habitat modification is through provision of sites that are suitable for oviposition. Many arthropod pests utilize weeds as oviposition sites even if not used as a food source. Weeds provide sites for oviposition of the southern corn rootworm (Brust and House, 1990); broadleaf weeds were preferred over grasses. Weeds were not, however, preferred oviposition sites for the northern corn rootworm (Boetel et al., 1992). Gravid female beetles chose corn for oviposition over weedy sites. These opposite results for two related insect pests again emphasizes the difficulty of attempting to make universal statements about the role of weeds in IPM.

Splitting the alfalfa stem and counting eggs is a technique used to assess alfalfa weevil egg populations. Pass (1967) and Ben Saad and Bishop (1969) reported that henbit (*Lamium amplexicaule* L.) was a suitable host for alfalfa weevil egg oviposition. The latter authors also reported that several other weed species, including shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.) and common chickweed (*Stellaria media* L.), also served for oviposition by the weevil. Wolfson and Yeargan (1983) also recovered alfalfa weevil eggs from henbit and common chickweed. There was no feeding by the weevil on any of the weed species evaluated for oviposition and thus the weeds did not act a food source for the weevil larvae. Failure to include weeds when censusing insect populations could lead to erroneously low counts. In the above examples presence of uncensused weeds could thus lead to incorrect decisions being reached concerning treatment thresholds or initiation of population dynamics models (Ruesink et al., 1980; Gutierrez et al., 1976). The type of interaction described above underscores the importance of understanding the biology of the organisms involved in order to make correct IPM decisions.

A clear example of an insect using weeds as shelter and oviposition is provided by the predaceous earwig *Doru taeniatum* (Jones et al., 1987). The earwig prefers large grasses, including johnsongrass, where the leaf sheaths provide protection and oviposition sites. The plants also provide pollen that is eaten by the insect (see earlier section). The earwig passed the dry season as inactive adults in the leaf sheaths of the grasses.

Impacts on weeds

Many pest arthropods feed only on the crop or a few closely related species, and usually cannot utilize other plant species. If the crop is weakened by the insect attack, such as stand density reduction, or partial to total canopy removal, it is less able to compete with weeds. Crop plants attacked by insects use less ecosystem resources (light, water, nutrients) which are then available to weeds. This is a classic feed-back situation, and, as noted earlier, leads to top-down driven trophic interactions which have already been discussed.

Habitat modification by weeds can also interfere with pesticide use. Littsinger (1993) notes that dense weed canopy can interfere with insecticide application, resulting in decreased

efficacy or increased application rate. It seems intuitive that this type of interaction must occur, but there is little documentation of its occurrence.

4. INTERACTIONS DRIVEN BY TACTICS USED TO MITIGATE PESTS

Most interactions between weeds and arthropods result from alteration in the floristic composition resulting from weed control. This was noted, for example, by Fox (1964) for herbicide use in pastures, by Thiele (1977) for carabid beetles, and Dewey (1986) for aquatic systems. Interactions driven by resource flow or habitat modification are thus independent of method used for weed or insect control. Management practices to mitigate damage by one type of pest, regardless of technology used, may, however, have indirect and direct effects on another type of pest. This section explores the IPM significance of such 'non-target' effects of weed and arthropod pest control.

Indirect interactions

Insect attack alters efficacy of herbicide. Arthropod attack causes physical damage to plants which could alter herbicide uptake. Defoliation and removal of sinks (e.g. damage to flowers, fruits, and underground storage structures) leads to alteration in herbicide translocation. The potential therefore exists for interactions between arthropod feeding and herbicide efficacy.

Control of quackgrass (*Agropyron repens* L.) by glyphosate was reduced by feeding damage from the weevil *Notaris bimaculatus* (Westra et al, 1981). Application of insecticides to control the weevil larvae resulted in increased herbicide efficacy. The latter response was attributed to increased translocation to the rhizomes when the latter were not damaged by larval feeding. Foliar damage by soybean thrips (*Sericothrips variabilis* Beach.) on soybean leaves did not alter the penetration of acifluorfen (Huckaba and Coble, 1991) although previous work had shown that high infestations of soybean thrips led to increased soybean injury following application of acifluorfen (Huckaba et al, 1988).

Defoliation of soybean resulted in a more rapidly attained height differential between velvetleaf and the crop which permitted earlier use of rope-wick application of glyphosate (Higgins, 1982). Insect attack thus provided an earlier 'window' for application of the weed management strategy.

Pesticide alters physiology of host plants. Herbicides alter the physiology of treated plants. Susceptible plants are killed and cannot support arthropods. Crop plants, and tolerant or resistant weeds, are not killed by the herbicide, but their physiology may be temporarily or permanently altered. Such herbicide-induced changes in physiology can lead to alteration in insect numbers on crops primarily through changes in the quantity or quality of the food supply to the insect. Campbell (1988) thoroughly reviewed these

types of interactions and provided extensive tabulated examples of the degree to which such interactions are occurring.

Aphids and corn borer were increased in corn (Oka and Pimentel, 1976), and wireworms were increased in wheat (Fox, 1948) following application of 2,4-D. Similarly 2,4-D increased the reproductive rate of pea aphids in broadbeans (*Vicia faba* L.) (Maxwell and Harwood, 1960). These interactions were thought not to have resulted from direct action of the herbicide on the insects, but rather reflected 2,4-D-induced alteration of the nutritive value of the host plants. Soybeans treated with sethoxydim, and lima beans treated with fluzifop-butyl, had increased larval weight of Mexican bean beetle (*Epilachnia varivestis*) at pupation and delayed pupation (Agnello et al., 1986). The authors speculated that alteration of the physiology of the plants resulted in the changes in insect growth. A corollary to these observations is that moribund docks treated with asulam were less able to support the beetle *Gastrophysa* (Speight and Wittaker, 1987).

Although these are documented examples of interactions there are no studies that permit determination of the significance at an IPM level, or permit economic analysis of the importance of the interactions.

Insecticide kills insects attacking weeds. Insecticides applied to protect the crop may inadvertently kill insects attacking weeds. If such insects are pests then such control is useful. If the insects are not crop pests but are feeding on the weed then the insecticide application may result in reduction in biological control of the weed. Although such an interaction between insect management and weed control should be expected there has been little documentation of its magnitude. This is probably due to lack of documentation of the levels of endemic biological weed control in crop systems.

The weed seed bank is recognized a major contributor to the long-term difficulty of weed management but the dynamics of its regulation is poorly understood. Several authors have demonstrated high levels of predation on weed seeds by various insects (e.g. Brust and House, 1988). The extent to which methods used to manage pest insects might also alter seed predators, and how this may impinge on weed population dynamics is currently conjecture.

Insecticide decreases damage to crop and improves competitive ability. This topic was covered under crop vigor alteration discussed earlier. When insecticides are used to manage crop arthropod pests alteration in the competitive ability of the crop is likely to occur.

Direct interactions

Impact of tillage. Tillage causes major changes in the habitat for all soil-inhabiting organisms. Numerous insect pests have a life-stage (e.g. pupae) that overwinter in the soil, and tillage reduces the numbers of this stage that survive. Alteration in frequency and severity of tillage for weed control thus has the potential to alter populations of insects that inhabit the soil.

Reduced level of tillage. The use of herbicides has led to decreased use of tillage for weed control. Increased survival of insects has been noted for several species.

The grape root borer (*Vitacea polistiformis* Harris) pupates in the soil and overwinters in this form. Cultivation of the vineyard is considered to be a tool for managing this pest (Sarai, 1969), but increasing use of herbicides is reducing the need to tillage (Kennedy et al., 1979). The possibility that the decrease in tillage will increase the severity of problems caused by the moth, and it has been suggested that management of the insect may have to be altered if tillage in vineyards is reduced.

Emergence of bollworm and budworm has similarly been shown to increase in cotton, sorghum and corn when tillage was reduced by increased reliance on herbicides for weed control (Hopkins et al, 1972). A reduction in tillage in mint (*Mentha piperita* L.) through use of herbicides likewise led to increases in mint root borer (*Fumibotys fumalis* Guenée) (Pike and Glazer, 1982). Periodic rotary strip tillage is recommended and can reduce borer populations by as much as 80%. Alteration in tillage does change survival of insects, but the overall the extent to which these types of changes in tillage have resulted in changes in IPM are not well documented.

No-till. This is ultimate reduction in level of tillage. The intent of no-till is to maintain organic material cover on the soil at all times. This provides a very different environment for organisms living on or in the soil. Changes in resource supply and habitat modification are the ecological principles involved in the interaction. Herbicides provide the mechanism by which weedy vegetation can be managed in a no-till system. Thus no-till systems become, arguably, the ultimate example of interactions between technology used for weed management and insects.

Insects are one of the limiting pest factors to successful no-till crop establishment (All and Musick, 1986). The reader is referred to the proceedings of a conference on this topic for more in-depth coverage as numerous papers indicate changes in pest management in relation to the change in cultural practices (Hill, et al., 1986). The review by All and Musick (1986) is also particularly useful for IPM interactions between no-till and arthropod pests.

Interactions resulting from pesticide use.

Pesticides can affect non-target organisms. There are many recorded examples of direct effects of herbicides on insects and mites. Likewise there are numerous examples of insecticides altering weed control. These non-target effects need to be incorporated into IPM programs.

Herbicide effects on arthropods. The original impetus for research in this area came from observations early in the use of 2,4-D that following treatments for weed control the sugarcane borer populations were increased (Ingram et al., 1947). The changes were attributed to reductions in the parasitoid *Trichogramma minutum* Riley caused by the 2,4-D. A summary of responses of insects to herbicides was provided by Campbell (1988); only highlights and recent information are provided here.

Most herbicides probably have very little direct effect on arthropod populations. Due to the screening techniques used by the pesticide industry it is likely that any novel pesticide chemistry that has potential to control arthropods would be utilized for that purpose. Examples in the literature where no-effect of herbicides on insects include the following. Asulam did not affect most growth stages of the Chrysomelid beetle *Gastrophysa viridula* which attacks broadleaf dock (*Rumex obtusifolius*) (Speight and Whittaker, 1987). Acifluorfen and bentazon did not affect arthropod populations in soybeans (Farlow and Pitre, 1983). Soybean thrips (*Sericothrips variabilis*) was not affected by preplant or preemergence applications of vernolate, alachlor, metribuzin or postemergence applications of sethoxydim or bentazon (Huckaba and Coble, 1990).

Herbicides used for orchard floor weed management were evaluated for activity against phytophagous mites (*Tetranychus urticae*) and predatory mites (*Metaseiulus fallacis*) (Rock and Yeagan, 1973). The predatory mites were more sensitive to several herbicides than the phytophagous mites, including paraquat, 2,4-D, terbacil and dalapon. Using these herbicides thus has the potential in a situation where these mites could be contacted with the chemical to change the ratio of mites in favor of the phytophagous mites, which would be counter productive to integrated mite management programs. Diuron and simazine were not toxic to the mites, and would appear to be a better choice for orchard floor weed management in an IPM program.

Several herbicides have been evaluated (Arzone and Patetta, 1986; Moffett et al., 1972; Morton and Moffett, 1972; Leppick, 1951; Johanssen, 1959; King, 1964) for activity against honey bees (*Apis mellifera*). Drawing conclusions from these reports is difficult. 2,4-D was, for example, reported as both toxic and non-toxic by different researchers. Conditions under which the tests were conducted, the method of pesticide presentation, other food supply, and carrier used for application may all alter the results. From an IPM perspective the significant question is whether these herbicides

might be used on plants at a time when honey bees would be working the flowers. The herbicides used in the papers listed above are unlikely to be applied to mature flowering plants as they are typically applied preemergence or to seedlings.

Meisner et al (1987) demonstrated that pronamide has antifeedant properties against *Spodoptera littoralis*. Dry weight gain of larvae feeding on herbicide treated foliage was reduced by over 50% when rates of 0.1 to 0.3 ppm were applied to alfalfa leaves. There was no effect when the herbicide was applied topically to the larvae. Residues of protham and simazine on leaves also demonstrated antifeedant properties. If these types of interactions are widespread the impact of herbicide application would have to be judged in relation to alteration of IPM thresholds for insects. In many cases, however, herbicide applications are made at times when insect activity is minimal, and the crop grows new foliage (presumably without herbicide residue) before insect feeding occurs.

In many of the published examples the herbicides were presented to the insects in such manner that they were either forced to ingest it in the diet, were directly sprayed, or were in some way directly exposed to the chemical (e.g. dipped into solution or syringe application to body). It is doubtful if the particular insect would ever contact the herbicide, as pointed out above for paraquat and honey bees. It is thus essential that the likelihood of contact be assessed in attempting to make any judgement of the potential significance to IPM. A further note of caution should be raised in relation to the impact of the carrier used. This was clearly demonstrated by Moffet et al., (1972) in that various oils used as adjuvants or carriers for 2,4-D were themselves toxic to bees.

Insecticide activity can be altered by the plant on which the insect is feeding. Variegated cutworms feeding on curly dock (*Rumex crispus* L.) (Berry, et al., 1980) had reduced midgut aldrin epoxidase activity in comparison with larvae fed on peppermint (*Mentha piperita* L.). This could potentially lead to differences in the activity of insecticides such as acephate, methomyl and malathion. Wahl and Ulm (1983) showed the toxicity of several herbicides to honey bees was altered by the physiological condition of the bees and the quality of the pollen on which they had been feeding. Both these examples again alter how potential toxicity should be viewed from an IPM sense.

Insecticide effects on weeds. Documentation in this area is minimal. Direct toxicity to weeds does occur but no effort has been made here to document the extent. It is assumed that if an insecticide caused sufficient damage to a weed such a compound would be developed for weed management.

Interactions due to mixtures of insecticides and herbicides. The probability that herbicides and insecticides will be applied to the same crop is high. Interactions between such chemicals placed in the ecosystem at the same time (not necessarily, however, sprayed at the same time) should be anticipated.

Insecticides alter herbicide activity. Interactions with crop plants can alter herbicide selectivity. Insecticide alteration of the physiological response of a crop to herbicide application has been well documented (Hatzios and Penner, 1985). Decreased tolerance of soybeans to metribuzin when applied in combination with phorate or disulfoton is a particularly striking example of the magnitude of such interactions (Hammond, 1983, 1986). The importance of some interactions is sufficiently great that several herbicide labels preclude application in combination (as tank mix or in time) with certain insecticides; the classic example would be use of propanil in rice which cannot be combined with the use of carbamate or organophosphate insecticides.

The loss of propanil selectivity in rice when the herbicide is applied within a few days of application of carbamate or organophosphate insecticides was one of the earliest examples of crop tolerance to a herbicide being altered by insecticides (Bowling and Hudgins, 1966; Bowling and Flinchum, 1968). The loss of selectivity was attributed to decreased rates of propanil hydrolysis in insecticide treated rice plants (Matsunaka, 1968). Activity of the enzyme aryl acylamidase (EC 3.5.1.13), which is involved in the hydrolysis of propanil to less active forms, is inhibited by the insecticides in treated rice plants (Matsunaka, 1968, 1971; Frear and Still, 1968). This results in higher herbicide activity due to reduced degradation. The environmental conditions and degree to which various insecticides alter the activity of propanil continues to be expanded (Khodayari et al., 1986; Wills and Street, 1988). Other enzymes involved in metabolism of herbicides in plants have been shown to be inhibited by various insecticides (see Hatzios and Penner, 1985).

Not all herbicide/insecticide combinations result in decreases in selectivity. Increased crop tolerance to herbicides when applied in combination with insecticides can also occur. This is the opposite type of interaction to those noted above. Application to Citrus of bromacil and dimethoate together was less toxic than application of either one alone (Meyer and van Dyk, 1987). Uptake of ¹⁴C-bromacil by the roots of *Citrus jambhiri* was lower in the presence of dimethoate than when bromacil was applied alone. Disulfoton and phorate greatly reduced the chlorosis, stunting, and death of cotton seedlings caused by clomazone (York et al., 1991). Aldicarb did not alter the injury. No explanation of mechanisms involved in altering selectivity were provided.

The preceding discussion serves as a warning. Although phytotoxic interactions are infrequent (Nash and Harris, 1973) they can result in considerable damage to the crop. Not all combinations are equally likely to demonstrate altered activity, and whether antagonism or synergism will occur cannot be predicted.

Herbicides alter activity of insecticides. Herbicides can alter the activity of insecticides in three ways. Metabolism of the insecticide may be altered in plants treated with herbicides, penetration and uptake of the insecticide into the insect can be enhanced, or the herbicide can inhibit the metabolism of the insecticide in the insect.

Alteration of insecticide metabolism in plants is a similar phenomenon to that discussed above concerning insecticide alteration of herbicide metabolism. The phenomenon has received little attention, which may reflect on the lack of such interactions or their lack of significance. Dyfonate and malathion metabolism in bean leaf tissue was inhibited by linuron and propanil, and carbaryl metabolism in tomato leaf tissue was inhibited by linuron but was stimulated by propanil (Chang, et al., 1971). Dicamba, pyrazon, and pronamide did not alter the metabolism of the above noted insecticides. When a herbicide inhibits the degradation of an insecticide there is potential for increased residue in the product.

Uptake of insecticides may be altered by herbicides (Lichtenstein et al., 1973), but this has not been unequivocally demonstrated. The latter authors argued that because several different insecticides were potentiated by several different herbicides applied to three different insect species that inhibition of specific enzyme systems were not a likely explanation.

That herbicides can alter production and/or activity of enzymes in non-target insects is now clear, and this can lead to alteration of activity of insecticides applied for control of those organisms. Herbicides that block microsomal electron flow can potentiate the toxicity of certain insecticides, possibly by alteration of microsomal detoxification processes. Sub-lethal concentrations of diquat and paraquat caused 2.2 and 1.3-fold synergistic increases respectively in activity of the insecticide propoxur against mosquito larvae (Georghiou et al., 1974). This synergism was not considered to be of practical importance to IPM as the herbicides rates were much higher than those used for weed control. In vitro studies showed that these herbicides were potent inhibitors of microsomal oxidases from vertebrate and invertebrate sources. Inhibition of mixed function oxidases was implicated as the reason that several seed safeners, in particular cyometrinil, increased toxicity of propoxur to house flies (Ketchersid et al., 1985).

Atrazine increased the toxicity of parathion 5.3-fold against fruit flies (*Drosophila melanogaster* Meigen) and mosquito larvae (*Aedes aegypti* L.), and by 4.1-fold against the house fly (*Musca domestica* L.) (Lichtenstein et al., 1973). The activity of paraoxon, diazinon, diazoxon, phorate, DDT, and dieldrin were all increased in excess if 3-fold against house flies when combined with atrazine. Simazine, monuron, and 2,4-D also increased the activity of the insecticides, but the effect was not as great as that for atrazine. Atrazine also increased the activity of carbofuran against earthworms,

crickets, Collembolans, and carabid beetles in the soil (Lardier and Chiavon, 1989). No mechanisms for the interactions were provided. Metabolism of carbofuran in the house cricket (*Acheta domesticus* L.) was inhibited in the presence of atrazine (Chio and Sanborn, 1977). The inhibition occurred at the level of hydroxylation of carbofuran at its carbon-3 position, which supported the hypothesis that insecticides may be potentiated by compounds capable of blocking microsomal electron flow.

The importance of the preceding examples, and those provided by Hatzios and Penner (1985), of herbicides synergistically increasing activity of insecticides must not be overlooked. The examples clearly demonstrate that changes in insecticide activity can occur. The paper by Reed et al. (1989) provides a theoretical framework for evaluating herbicide/insecticide interactions. It also emphasizes that mechanisms regulating synergism and antagonism between pesticides is poorly understood. Several insecticides used for corn rootworm control were antagonized by herbicides used in corn in one year, but the same combinations acted synergistically the next year.

5. SIGNIFICANCE TO INTEGRATED PEST MANAGEMENT

The preceding sections clearly document that interactions occur between weeds and arthropods that are important to IPM programs. There are many additional examples that have not been cited. The significance of the interactions that occur must be judged in relation to their importance to integrated pest management. Interactions may be:

- a). Beneficial - leaving weeds or insects decreases overall problems.
- b). Neutral - presence or absence of one type of pest does not alter other pests.
- c). Detrimental - leaving one type of pest makes other pests problems worse.

A fundamental question must be asked of all interactions. Should all interactions be judged on an equal basis? Much of the literature on interactions involving beneficial insects appear to equate a single interaction with a relatively minor beneficial insect as if it were of equal importance to an interaction involving a major pest insect. In most cases the damage caused by the pest insect is well documented, but the benefit from the beneficial insect is usually implied rather than documented.

When weeds host pest arthropods the interaction is clearly negative in nearly every instance. The ways in which this information can be incorporated into an IPM program was noted in the earlier discussions. Lack of yield data for these interactions is not critical as the yield losses caused by the pest insect usually have been well documented

When the weeds are maintaining populations of beneficial insects the IPM significance is frequently not clear. The IPM tactic of leaving weeds around crop fields as a means to support beneficial insect populations has been proposed (Altieri and Whitcomb, 1979; Andow, 1988). Using weeds to increase diversity within the crop has also been suggested as a means to augment beneficial arthropod complexes. As noted above, lack

of a direct connection between pest arthropods on weeds and crop yield loss is not too critical as there are large quantities of data on the losses that these pests can cause. Yield data are lacking for impacts of most beneficial arthropods maintained on weeds. This is much more serious. Without documentation of yield responses the impact of beneficial arthropods cannot be properly determined. Documentation of the presence of the beneficial arthropod is probably not, in itself, sufficient justification to warrant changing management practices, especially in light of potential additional interactions between weeds and other types of pests (Figure 3).

The ultimate test for using weed manipulation as a means to manage insect populations is the yield of the crop. Most papers on weed/insect interactions do not include valid yield measurements and thus the real benefit, or lack thereof, cannot be ascertained. To show that an insect population is changed may be biologically valid, but may have no intrinsic use in IPM. What can be demonstrated biologically is only of theoretical interest unless there is a benefit (usually economic, but it could also be less pesticide use, etc.) to the grower.

There is an additional major problem with the whole concept of leaving weeds as a means to maintain beneficial insects. If the same weeds that host beneficial insects also host a pest insect then the losses from one pest may outweigh the gain from all the beneficials. This thinking must be extended beyond just arthropod management. Weeds that are maintaining beneficial insects may also host pathogens of crops or plant parasitic nematodes. They may also serve as cover or resources for vertebrate pests, or even may just resupply the seedbank such that the weed is increased in following rotational crops. The benefits of leaving such weeds for purely undocumented beneficial insect management may thus be very questionable. I believe that these types of questions explain why most farmers have not been willing to adopt the concept of leaving weeds as a means to manipulate beneficial insects. Until the proponents of using weeds as a means to manipulate beneficial insects place the concept into the framework of the pest pentagon and overlay both the short- and long-term economics (Figure 3) I see very little reason for a farmer, or land manager, to leave weeds for insect management reasons. Most growers are not willing to take the risk that a) the pest insect attack will be controlled, b) that the weed will not cause problems itself now or in the future, and c) the weed will not exacerbate other pest problems. With a lack of unequivocal benefit data weeds probably should not be used for insect management purposes.

Increased vegetational complexity (diversity) leads to increased complexity for weed management if the species used to achieve the diversity are interspersed with the crop plants. This will be less of a problem where weed management is dependent on hand labor, is more difficult when extensive cultivation is used, and becomes critical where herbicides are used (due to selectivity problems). Diverse systems might well preclude

the use of herbicides for weed management.

After reviewing several hundred papers on weed/arthropod interactions, including several that propose that weeds can be managed to enhance arthropod management, I am forced to conclude that no general conclusions can be made about the role of weeds in arthropod management. Most interactions are species specific and thus change when the species involved change. In the absence of rigorous yield data it is frequently not possible to decide if positive aspects of an interaction outweigh the negative aspects, and vice versa. It is clear that the single most important area for future research in relation to weed/arthropod interactions is to develop reliable economic data; until this is done we will be guessing about the importance of interactions at an integrated management level. One of the difficulties that I perceive with much of the research is that it is assumed that showing an ecological connection is adequate. The farmer cannot eat or sell ecological principles. The only legitimate IPM test for weed/insect interactions is the long-term impact on the usable product.

LITERATURE CITED

- Agnello, A. M., J. R. Bradley Jr., and J. W. VanDuyn. 1986. Plant-mediated effects of postemergence herbicides on *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 15:216-220.
- Ali, A. D., T. E. Reagan, and J. L. Flynn. 1984. Influence of selected weedy and weed-free sugarcane habitats on diet composition and foraging activity of the imported fire ant (Hymenoptera:Formicidae). *Environ. Entomol.* 13:1037-1041.
- All, J. N. and G. J. Musick. 1986. Management of vertebrate and invertebrate pests. Pp:347-387. In: M. A. Sprague and G. b. Triplett (eds.), *No-tillage and Surface-tillage Agriculture: The Tillage Revolution*, John Wiley and Sons, Inc.
- Altieri, M. A. and D. K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2:131-169
- Altieri, M. A. and W. H. Whitcomb. 1979a. Manipulation of insect populations through seasonal disturbance of weed communities. *Prot. Ecol.*, 1:185-202.
- Altieri, M. A. and W. H. Whitcomb. 1979b. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hortscience* 14:12-18
- Altieri, M. A. 1988. The dynamics of insect populations in crop systems subject to weed interference. Pp: 205-247. In: E. A. Heinrichs (ed), *Plant Stress-Insect*

Interactions, Wiley Interscience Pub., John Wiley & Sons, New York

- Andow, D. A. 1983. Effect of agricultural diversity on insect populations. Pp. 91-115. In: W. Lockeretz (ed.), Environmentally Sound Agriculture, Praeger Publishers, New York.
- Andow, D. A. 1988. Management of weeds for insect manipulation in agroecosystems. Pp:265-301. In: M. A. Altieri and M. Liebman (eds), Weed management in agroecosystems: ecological approaches. CRC Press, Inc., Boca Raton FL 33431.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.*, 36:561-586.
- Annis, B., G. Tamaki, and R. E. Berry. 1981. Seasonal occurrence of wild secondary hosts of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), in agricultural systems in the Yakima valley. *Environ. Entomol.* 10:307-312.
- Arzone, A. and A. Patetta. 1986. Esame dell'azione sull'ape di cypermethrin, fenprothrin, simazine e triazophos. *Apicoltura Moderna* 77:155-163
- Baliddawa, C. W. 1985. Plant species diversity and crop pest control. An analytical review. *Insect Sci. Applic.* 6:479-487.
- Barnes, M. M. 1970. Genesis of a pest: *Nysius raphanus* and *Sisymbrium irio* in vineyards. *J. Econ. Entomol.* 63:1462-1463.
- Barney, R. J., W. O. Lamp, E. J. Armbrust, and G. Kapusta. 1984. Insect predator community and its response to weed management in spring-planted alfalfa. *Prot. Ecol.* 6:23-33
- Bell, M. R. 1991. Effectiveness of microbial control of *Heliothis* spp developing on early season wild geraniums - field and field cage tests. *J. Econ. Entomol.* 84:851-854.
- Ben Saad, A. A. and G. W. Bishop. 1969. Egg-laying by the alfalfa weevil in weeds. *J. Econ. Entomol.* 62:1226-1227.

- Bendixen, L. C., K. U. Kim, C. M. Kozak, and D. J. Horn. 1981. An Annotated Bibliography of Weeds as Reservoirs of Organisms Affecting Crops. IIa. Arthropods. Res. Bull. 1125, Ohio Agric. Res. Dev. Center, Wooster, OH 117 pp.
- Berberet, R. C., J. F. Stritzke, and A. K. Dowdy. 1987. Interactions of alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) and weeds in reducing yield and stand of alfalfa. J. Econ. Entomol., 80:1306-1313.
- Berry, R. E., S. J. Yu, and L. C. Terriere. 1980. Influence of host plants on insecticide metabolism and management of variegated cutworm. J. Econ. Entomol. 73:771-774.
- Boetel M. A., D. D. Walgenbach, G. L. Hein, B. W. Fuller, and M. E. Gray. 1992. Oviposition site selection of the northern corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 85:246-249
- Bowling, C. C. and H. R. Hudgins. 1966. The effect of insecticides on the selectivity of propanil on rice. Weeds 14:94-95.
- Bowling, C. C. and W. T. Flinchum. 1968. Interaction of propanil with insecticides applied as seed treatments on rice. J. Econ. Entomol. 61:67-69.
- Brust, G. E. and G. J. House. 1988. Weed seed destruction by arthropods and rodents in low-input soybean agroecosystems. Am. J. Alt. Agric. 3:19-25.
- Brust, G. E. and G. J. House. 1990. Influence of soil texture, soil moisture, organic cover, and weeds on oviposition preference of southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 19:966-971.
- Bugg, R. L. and L. T. Wilson. 1989. *Ammi visnaga* (L.) Lamark (Apiaceae) associated beneficial insects and implications for biological control, with emphasis on the bell pepper agroecosystem. Biol. Agric. Hortic. 6:241-268
- Bugg, R. L., L. E. Ehler, and L. T. Wilson. 1987. Effect of common knotweed (*Polygonum aviculare*) on abundance and efficiency of insect predators of crop pests. Hilgardia 55(7):1-53.
- Buntin, G. D. and L. P. Pedigo. 1986. Enhancement of annual weed populations in alfalfa after stubble defoliation by variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol., 79:1507-1512.

- Buntin, G. D. 1989. Competitive interactions of alfalfa and annual weeds as affected by alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) stubble defoliation. *J. Entomol. Sci.* 24:78-83.
- Campbell, B. C. 1988. The effects of plant growth regulators and herbicides on host plant quality to insects. Pp: 205-247. In: E. A. Heinrichs (ed), *Plant Stress-Insect Interactions*, Wiley Interscience Pub., John Wiley & Sons, New York
- Carroll, D. P. and S. C. Hoyt. 1986. Hosts and habitats of parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae) implicated in biological control of apple aphid (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.*, 15:1171-1178.
- Chang, F-Y., L. W. Smith, and G. R. Stephenson. 1971. Insecticide inhibition of herbicide metabolism in leaf tissue. *J. Agr. Food Chem.* 19:1183-1186.
- Chang, F-Y., L. W. Smith, and G. R. Stephenson. 1971. Influence of herbicides on insecticide metabolism in leaf tissues. *J. Agr. Food Chem.* 19:1187-1190.
- Chio, H. and R. J. Sandborn. 1977. Atrazine inhibition of carbofuran metabolism in the house cricket. *J. Econ. Entomol.*, 70:544-546.
- Dewey, S. L. Effect of herbicide atrazine on aquatic insect community structure and emergence. *Ecology* 67:148-162.
- Doutt, R. L. and J. Nakata. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. *Environ. Entomol.* 2:381-386.
- Duffus, J. E. 1971. Role of weeds in the incidence of virus diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 9:319-340.
- Farlow, R. A. and H. N. Pitre. 1983. Bioactivity of the postemergent herbicides acifluorfen and bentazon on *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 76:200-203
- Fleischer, S. J. and M. J. Gaylor. 1987. Seasonal abundance of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) and selected predators in early season uncultivated hosts: implications for managing movement into cotton. *Environ. Entomol.* 16:379-389.

- Fleischer, S. J. and M. J. Gaylor. 1988. *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) population dynamics: nymphal development, life tables, and Leslie matrices on selected weeds and cotton. *Environ. Entomol.*, 17:246-253.
- Foster, M. A. and W. G. Ruesink. 1984. Influence of flowering weeds associated with reduced tillage in corn on a black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoid, *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck). *Environ. Entomol.* 13:664-668.
- Foster, M. A. and W. G. Ruesink. 1986. Impact of common chickweed, *Stellaria media*, upon parasitism of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Meteorus rubens* (Nees von Esenbeck). *J. Kansas Entomol. Soc.*, 59:343-349.
- Fox, C. J. S. 1964. The effects of five herbicide on the numbers of certain invertebrate animals in grassland soil. *Can. J. Plant Sci.*, 44:405-409.
- Fox, W. B. 1948. 2,4-D as a factor in increasing wireworm damage of wheat. *Sci. Agric.* 28:423-424.
- Frear, D. S. and G. G. Still. 1968. The metabolism of 3,4-dichloropropionanilide in plants: partial purification and properties of an aryl acylamidase from rice. *Phytochemistry* 7:913-920.
- Genung, W. G. 1959. Ecological and cultural factors affecting chemical control of subterranean cutworms in the Everglades. *Florida State Hort. Soc.* 72:163-167.
- Georghiou, G. P., A. L. Black, R. I. Krieger, and T. R. Fukoto. 1974. Joint action of diquat and related one-electron transfer agents with propoxur and fenthion against mosquito larvae. *J. Econ. Entomol.* 67:184-186.
- Godfrey, L. D. and K. V. Yeargan. 1987. Effects of interactions of early season pests on alfalfa yield and quality. *J. Econ. Entomol.*, 80:248-256.
- Gordon, R., J. Ellington, G. F. Faubion, and H. Graham. 1987. A survey of the insect parasitoids from alfalfa and associated weeds in New Mexico. *Southwest. Entomol.* 12:335-350.
- Graham, H. M., C. G. Jackson, and G. D. Butler. 1982. Composition of the *Lygus* complex in some crop and weed habitats in Arizona. *Southwest. Entomol.* 7:105-110.

- Graham, H. M., C. G. Jackson, and J. W. Debolt. 1986. *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) and their parasites in agricultural areas of southern Arizona. *Environ Entomol.* 15:132-142.
- Gutierrez, A. P., J. B. Christensen, C. M. Merritt, W. B. Loew, C. G. Summers, and W. R. Cothran. 1976. Alfalfa and the Egyptian alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Can. Entomol.* 108:635-648
- Hallman, G. J. 1985. Comparison and contrast of cotton and *Desmodium tortuosum* as hosts of *Heliothis virescens*. *Insect Sci. Applic.* 6:573-578.
- Hammond, R. B. 1983. Phytotoxicity of soybean caused by the interaction of insecticide-nematicides and metribuzin. *J. Econ. Entomol.*, 76:17-19.
- Hammond, R. B. 1986. Phytotoxic interactions among phorate, metribuzin, and certain soybean cultivars. *J. Econ. Entomol.* 79:1338-1342.
- Harris, V. E. and J. R. Phillips. 1986. The effect of mowing spring weed hosts of *Heliothis* spp. on predatory arthropods. *J. Agric. Entomol.* 3:77-86
- Hassall, M., A. Hawthorne, M. Maudsley, P. White, and C. Cardwell. 1992. Effects of headland management on invertebrate communities in cereal fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* 40:155-178
- Hatzios, K. K and D. Penner. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. *Rev. Weed Sci.* 1:1-63
- Heyd, R. L., R. L. Murray, and L. F. Wilson. 1987. Managing Saratoga spittlebug in pine plantations by suppressing sweetfern. *North. J. Appl. For.* 4:16-17
- Higgins, R. A. 1985. Approaches to studying interactive stresses caused by insects and weeds. Pp.641-649. In: R. Shibles (ed), *World Soybean Res. Conf. III: Proceedings*, Westview Press, Boulder.
- Higgins, R. A., L. P. Pedigo, D. W. Staniforth, and I. C. Anderson. 1984. Partial growth analysis of soybeans stressed by simulated green cloverworm defoliation and velvetleaf competition. *Crop Sci.*, 24:289-293.
- Higgins, R., A., D. W. Staniforth, and L. P. Pedigo. 1984. Effects of weed density and defoliated or undefoliated soybeans (*Glycine max*) on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) development. *Weed Sci.* 32:511-519.

- Hill, R. R. Jr., R. O. Clements, A. A. Hower, T. A. Jordan, and K. E. Zeiders (eds). 1986. Proceedings of an International Symposium on Establishment of Forage Crops by Conservation Tillage: Pest Management, U. S. Regional Pasture Lab., University Park, PA, 145 pp.
- Hopkins, A. R., H. M. Taft, and W. James. 1972. Comparison of mechanical cultivation and herbicides on emergence of bollworms and tobacco budworms. *J. Econ. Entomol.*, 65:870-872.
- Horn, D. J. 1984. Vegetation complexity and parasitism of green peach aphids (*Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphidae)) on collards. *New York Entomol. Soc.* 92:19-26.
- Horn, D. J. 1988. Parasitism of cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on collards in relation to weed management. *Environ. Entomol.* 17:354-358.
- Horn, D. J. 1988. Ecological approach to pest management. The Guildford Press, New York. 285 pp.
- Huckaba, R. M. and H. D. Coble. 1990. Effect of herbicides on soybean thrips (*Sericothrips variabilis*) in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technol.*, 4:475-477.
- Huckaba, R. M. and H. D. Coble. 1991. Effect of soybean thrips (Thysanoptera, Thripidae) feeding injury on penetration of acifluorfen in soybean. *J. Econ. Entomol.* 84:300-305.
- Huckaba, R. M., H. C. Coble, and J. W. van Duyn. 1988. Joint effects of acifluorfen applications and soybean thrips (*Sericothrips variabilis*) feeding on soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.*, 36:667-670.
- Hutchins, S. H., G. D. Buntin, and L. P. Pedigo. 1990. Impact of insect feeding on alfalfa regrowth: a review of physiological responses and economic consequences. *Agron. J.*, 82:1-35-1044.
- Ingram, J. W., E. K. Bynum, and L. J. Charpentier. 1947. Effect of 2,4-D on sugarcane borer. *J. Econ. Entomol.* 40:745-746.
- Jacobsen, L. A. 1945. The effect of stinkbug feeding on wheat. *Can. Entomol.*, 77:200.

- Jones, R. W., F. E. Gilstrap and K. L. Andrews. 1987. Activities and plant associations of the earwig, *Doru taeniatum*, in a crop-weed habitat. *Southwest. Entomol.* 12:107-118
- Kennedy, J. M., R. E. Talbert, and J. R. Morris. 1979. Weed control in 'Concord' grapes in Arkansas. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:713-716.
- Kennedy, P. C. and L. F. Wilson. 1971. Understory vegetation associated with Saratoga spittlebug damage in Michigan red pine plantations. *Can. Entomol.* 103:1421-1426.
- Ketchersid, M. L. F. W. Plapp, and M. G. Merkle. 1985. Sorghum (*Sorghum bicolor*) seed safeners as insecticide synergists. *Weed Sci.* 33:774-778.
- Khodayari, K. R. J. Smith, and N. P. Tugwell. 1986. Interaction of propanil and selected insecticides on rice (*Oryza sativa*). *Weed Sci.* 34:800-803.
- Knipling, E. F. and E. A. Stadelbacher. 1983. The rationale for areawide management of *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) populations. *Bul. Entomol. Soc. Am.* 29:29-37.
- Kromp, B. and Steinberger, K. H. 1992. Grassy field margins and arthropod diversity - a case study on ground beetles and spiders in eastern Austria (Coleoptera, Carabidae, Arachnida, Aranei, Opiliones). *Agric. Ecosyst. Environ.* 40:71-93.
- Lamp, W. O., M. J. Morris and E. J. Armbrust. 1984. Suitability of common weed species as host plants for the potato leafhopper, *Empoasca fabae*. *Entomol. Exp. Appl.* 36:125-131.
- Lardier, P. A. and M. Schiavon. 1989. Toxicité du carbofuran et activité synergique de l'atrazine sur son action vis-à-vis de quelques espèces animales. *Agronomie* 9:559-563
- Lawes Agricultural Trust. 1974. Rothamsted Experimental Station Guide, Harpenden, Herts., U.K.
- Leeper, J. R. 1974. Adult feeding behaviour of *Lixophaga spenophori*, a Tachinid parasite of the New Guinea sugarcane weevil. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 21:403-412.
- Leigh, T. 1961. Insecticidal susceptibility of *Nysius raphanus*, a pest in cotton. *J. Econ. Entomol.* 54:120-123.

- Leius, K. 1967. Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. *Can. Entomol.* 99:444-446.
- Lichtenstein, E. P. T. T. Liang, and B. N. Anderegg. 1973. Synergism of insecticides by herbicides. *Science*, 181:847-849.
- Matsunaka, S. 1968. Propanil hydrolysis inhibition in rice plants by insecticides. *Science* 160:1360-1361
- Maxwell, R. C. and R. F. Harwood. 1960. Increased reproduction of pea aphids on broad beans treated with 2,4-D. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 53:199-205.
- Meisner, J., N. Lifshitz, and K. R. S. Ascher. 1987. Antifeedant properties of herbicides against *Spodoptera littoralis* larvae (Lepidoptera: Noctuidae), with special reference to pronamide. *J. Econ. Entomol.* 80:724-727.
- Meyer, J. J. M. and P. Van Dyk. 1987. The phytotoxic interaction between bromacil and dimethoate in Citrus plants. *Pestic. Biochem. Physiol.* 29:10-16.
- Mitchell, E. R., F. C. Tingle, and R. R. Heath. 1990. Ovipositional response of three *Heliothis* species (Lepidoptera: Noctuidae) to allelochemicals from cultivated and wild host plants. *J. Chem. Ecol.* 16: 6, 1817-1827.
- Moffett, J. O., H. L. Morton, and R. H. Macdonald. 1972. Toxicity of some herbicidal sprays to honey bees. *J. Econ. Entomol.* 65:32-36.
- Moody, K. 1990. Pest interactions in rice in the Philippines. Pp.269-299. In: B. T. Grayson, M. B. Green, and L. G. Copping (eds), *Pest Management in Rice*, Elsevier Applied Science, London.
- Morton, H. L. and J. O. Moffett. 1972. Ovicidal and larvicidal effects of certain herbicides on honey bees. *Environ. Entomol.* 1:611-614.
- Murdock, E. C., J. A. Alden, and J. E. Toler. 1986. Interactive effects of tobacco thrips control and herbicides on competition between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) and peanuts (*Arachis hypogaea*). *Weed Sci.* 34:896-900.
- Naranjo, S. E. and J. L. Stimac. 1985. Development, survival, and reproduction of *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae): effects of plant feeding on soybean and associated weeds. *Environ Entomol.* 14:523-530.

- Naranjo, S. E. and J. L. Stimac. 1987. Plant influences on predation and oviposition by *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae) in soybeans. *Environ. Entomol.* 16:182-189.
- Nash, R. G. and W. G. Harris. 1973. Screening for phytotoxic pesticide interactions. *J. Environ. Quality* 2:493-497.
- Negron, J. F. and Riley T. J. 1991. Seasonal migration and overwintering of the chinch bug (Hemiptera, Lygaeidae) in Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 84:1681-1685.
- Newsom, L. D. 1980. The next rung up the intergrated pest management ladder. *Entomol. Soc. Amer. Bull.* 26:369-374
- Norris, R. F. 1986. Weeds and integrated pest management systems. *Hortscience* 21:402-410.
- Norris, R. F. 1992. El MIP Multidisciplinario: El Papel de las Malezas. *Ceiba* 33:215-233.
- Norris, R. F., W. R. Cothran, and V. E. Burton. 1984. Interactions between winter annual weeds and Egyptian alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) in alfalfa. *J. Econ. Entomol.* 77:43-52
- Norris, R. F. and C. A. Schoner, Jr. 1975. Summer annual grasses: problems and control. *Proc. California Alfalfa Symp.* 5:104-112.
- Ofuya, T. I. 1988. Occurence, growth and survival of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on some weeds in a rainforest area of Nigeria. *Ann. Appl. Biol.* 113:229-233.
- Oka, I. N. and D. Pimentel. 1976. Herbicide (2,4-D) increases insect and pathogen pests on corn. *Science*, 193:239-240.
- Oloumi-Sadeghi, H. L., R. Zavaleta, S. J. Roberts, E. J. Armbrust, and G. Kapusta. 1988. Changes in morphological stage of development, canopy structure, and root nonstructural carbohydrate reserves of alfalfa following control of potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) and weed populations. *J. Econ. Entomol.* 81:368-375.

- Pass, B. C. 1967. Observations on oviposition of the alfalfa weevil. *J. Econ. Entomol.* 60:288.
- Pavuk, D. M. and B. R. Stinner. 1991. Influence of weeds in corn plantings on population densities of and damage by second-generation *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera, Pyralidae) larvae. *Environ. Entomol.* 20:276-281.
- Pereyra, C. A. and F. R. Villanueva. 1987. Himenopteros entomofos adultos que se alimentan en los nectarios de algunas malezas comunes en Nuevo Leon, Mexico. *Southwest. Entomol.* 12:205-210
- Perrin, R. M. 1980. The role of environmental diversity in crop protection. *Prot. Ecol.* 2:77-114.
- Powell, W., the late G. J. Dean, and N. Wilding. 1986. The influence of weeds on aphid-specific natural enemies in winter wheat. *Crop Prot.* 5:182-189.
- Reed, J. P., A. J. Keaster, R. J. Kremer, and G. F. Krause. 1989. Synergistic and antagonistic responses of soil insecticide combinations for corn rootworm, *Diabrotica* spp. control. *J. Environ. Sci. Health B.* 24:325-334.
- Reynolds, H. T., L. D. Anderson, and L. A. Andres. 1959. Cultural and chemical control of the lesser cornstalk borer in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 52:63-66.
- Rock, G. C. and D. R. Yeargan. 1973. Toxicity of apple orchard herbicides and growth regulating chemicals to *Neoseiulus fallacis* and two-spotted mite. *J. Econ. Entomol.* 66:1342-1343.
- Ruesink, W. G., C. A. Shoemaker, A. P. Gutierrez, and G. W. Fick. 1980. The systems approach to research and decision making for alfalfa pest control. Pp:217-247. In: C. B. Huffaker (ed.), *New Technology for Pest Control*, John Wiley and sons Inc. New York.
- Sarai, D. S. 1969. Effect of burial of grape root borer pupae on adult emergence. *J. Econ. Entomol.* 62:1507-1508.
- Schoner, C. A. Jr. and R. F. Norris. 1975. Windrow effects on weevils and weeds. *Proc. California Alfalfa Symp.* 5:41-48.

- Schuster, D. J., J. P. Gilreath, R. A. Wharton, and P. R. Seymour. 1991. Agromyzidae (Diptera) leafminers and their parasitoids in weeds associated with tomato in Florida. *Environ. Entomol.* 20:720-723.
- Showers, W. B. E. C. Berry, and L. Von Kaster. 1980. Management of second generation European corn borer by controlling moths outside the cornfield. *J. Econ. Entomol.* 73:88-91.
- Smith, J. G. 1976a. Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on Brussels sprouts. *Ann. Appl. Biol.* 83:1-13.
- Smith, J. G. 1976b. Influence of crop background on natural enemies of aphids on Brussels sprouts. *Ann. Appl. Biol.* 83:15-29.
- Speight, M. R. and J. H. Lawton. 1976. The influence of weed cover on the mortality imposed on artificial prey by predatory ground beetles. *Oecologia* 23:211-223.
- Speight, R. I. and J. B. Whittaker. 1987. Interactions between the Chrysomelid beetle *Gastrophysa viridula*, the weed *Rumex obtusifolius*, and the herbicide asulam. *J. Appl. Ecol.* 24:119-129.
- Streams, F. A., M. Shahjahan, and H. G. LeMasurier. 1969. Influence of plants on the parasitization of the tarnished plant bug by *Leiophron pallipes*. *J. Econ. Entomol.* 61:996-999
- Summers, C. G. and A. S. Newton Jr. 1989. Relationship of herbivore-imposed stress to weeds in alfalfa. *Environ. Entomol.* 18:958-963.
- Syme, P. D. 1975. The effects of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. *Environ. Entomol.* 4:337-346.
- Tamaki, G., H. R. Moffit, and J. E. Turner. 1975. The influence of perennial weeds on the abundance of the redback cutworm on asparagus. *Environ. Entomol.* 4:274-276.
- Tamaki, G., L. Fox, and R. L. Chauvin. 1980. Green peach aphid: orchard weeds are host to fundatrix. *Environ. Entomol.* 9:62-66.
- Thiele, H. -U. 1977. Carabid beetles and their environments. *Zoophysiology and Ecology* 10, Springer-Verlag, Berlin

- Thomas, M., B. Wratten, S. D. and Sotherton M. W. 1991. Creation of island habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods - predator densities and emigration J. Appl. Ecol. 28:906-917
- Thresh, J. M. 1981. The role of weeds and wild plants in the epidemiology of plant virus diseases. Pp: 53-70. In: J. M. Thresh (ed.), Pests, Pathogens and Vegetation, Pitman, London. 517 pp.
- Topham, M. and J. W. Beardsley, Jr. 1975. Influence of nectar source plants on the New Guinea sugarcane weevil parasite, *Lixophaga sphenophori* (Villeneuve). Proc. Hawaii Entomol. Soc. 21:145-157.
- Van Emden, H. F. and G. F. Williams. 1974. Insect stability and diversity in agro-ecosystems. Annu. Rev. Entomol. 19:455-475
- Wahl, O. and K. Ulm. 1983. Influence of pollen feeding and physiological condition on pesticide sensitivity of the honey bee *Apis mellifera carnica*. Oecologia 59:106-128.
- Wallis, R. L. and J. E. Turner. 1969. Burning weeds in drainage ditches to suppress populations of green peach aphids and incidence of beet western yellows disease in sugarbeets. J. Econ. Entomol. 62:307-309.
- Way, M. O., A. A. Grigarick, and S. E. Mahr. 1983. Effects of rice plant density, rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) damage to rice, and aquatic weeds on aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) density. Environ. Entomol. 12:949-952.
- Way, M. O., A. A. Grigarick, and S. E. Mahr. 1984. The aster leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) in California rice: herbicide treatment affects population density and induced infestations reduce rice yield. J. Econ. Entomol. 77:936-942.
- Weber, D. C., F. X. Mangan, D. N. Ferro, and H. V. Marsh, Jr. 1990. Effect of weed abundance on European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) infestation of sweet corn. Environ. Entomol. 19:1858-1865.
- Westra, P. H., D. L. Wyse, and E. F. Cook. 1981. Weevil (*Notaris bimaculatus*) feeding reduces effectiveness of glyphosate on quackgrass (*Agropyron repens*). Weed Sci. 29:540-547.

- William, R. D. 1981. Complementary interactions between weeds, weed control practices, and pests in horticultural cropping systems. *HortScience* 16:10-15.
- Willmer, P. G. 1982. Microclimate and the environmental physiology of insects. *Adv. Insect Physiol.* 16:1-57.
- Wills, G. D. and J. E. Street. 1988. Propanil plus methyl parathion on rice (*Oryza sativa*). *Weed Sci.* 36:335-339.
- Wilson, L. F., G. C. Heaton, and P. C. Kennedy. 1977. Development and survival of Saratoga spittlebug nymphs on alternate host plants. *Great Lakes Entomol.* 10:95-105.
- Wolfson, J. L. and K. V. Yeorgan. 1983. The effects of metribuzin on larval populations of alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Kan. Entomol. Soc.* 56:40-46
- York, A. C., D. L. Jordan, and R. E. Frans. 1991. Insecticides modify cotton (*Gossypium hirsutum*) response to clomazone. *Weed Technol.* 5:729-735.
- Young, O. P. 1986. Host plants of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79:747-762.

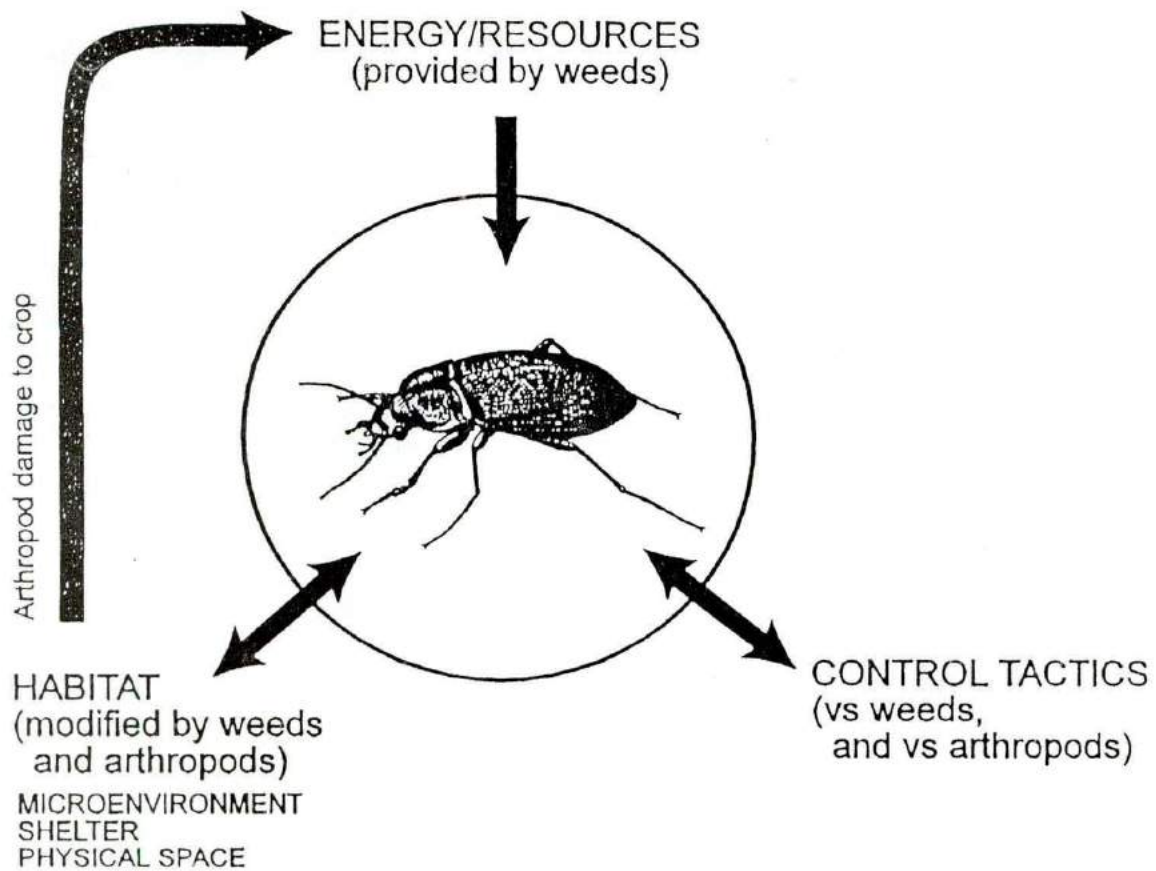


Figure 1. Diagrammatic presentation of the major factors that influence arthropod development, with special reference to impacts of weeds. Grey arrow outside circle represents resource feedback resulting from arthropod damage.

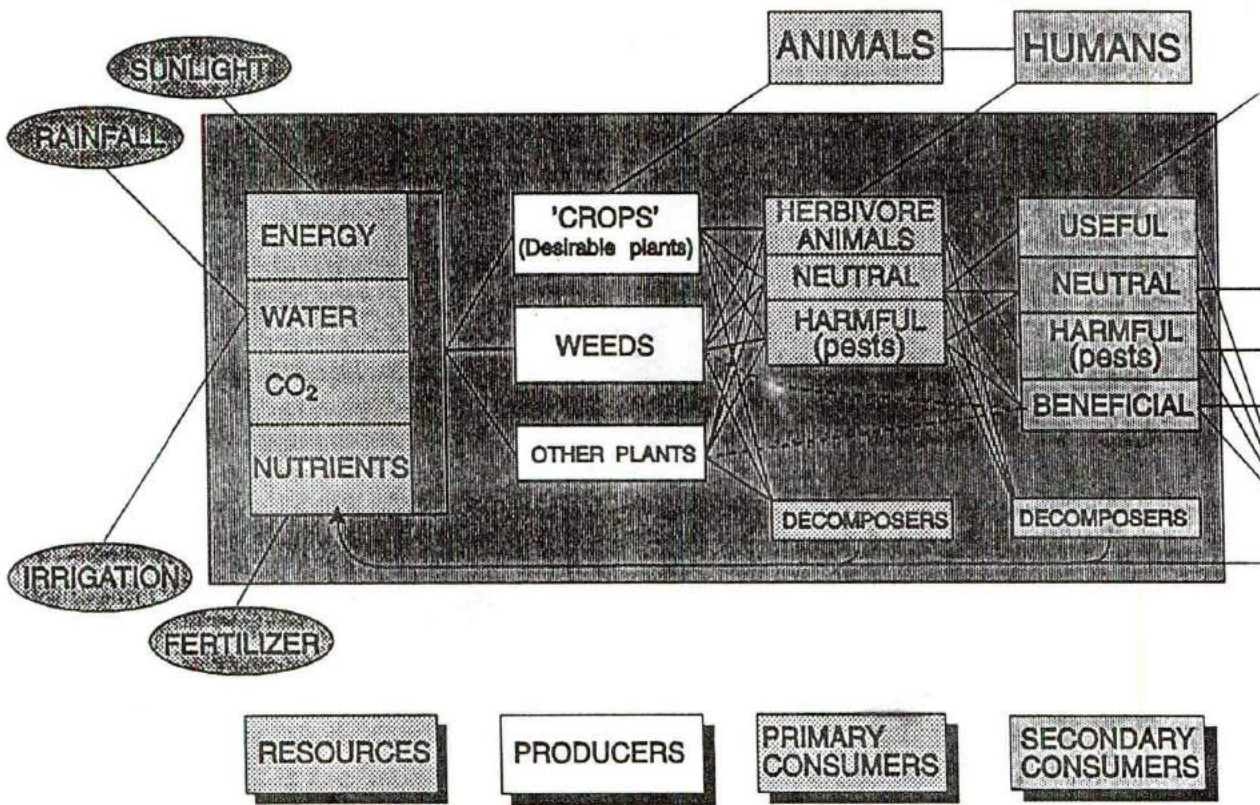


Figure 2. Diagram depicting energy/resource flow in the ecosystem, modified to separate producers into 'crops' (or other plants deemed useful by humans), weeds, and other plants. All 'flows' are from left to right, or trophically bottom-up, except for the flow from decomposers which is right to left. The overall grey-shaded box represents the agroecosystem.

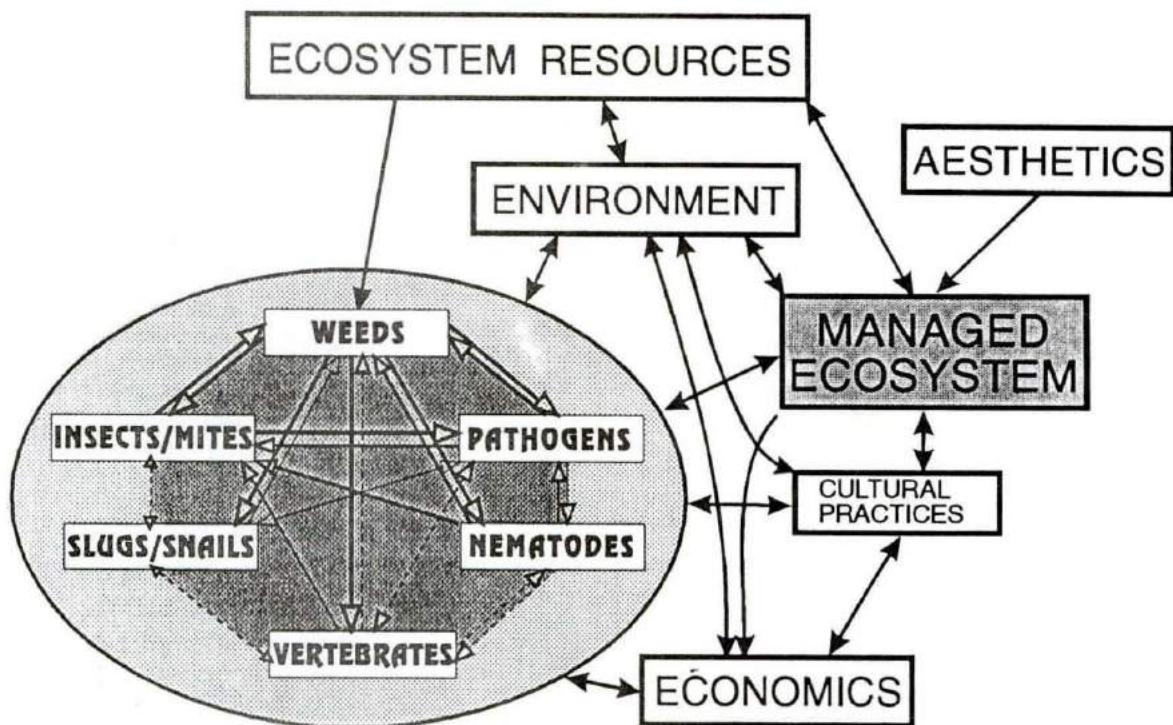


Figure 3. Diagrammatic presentation of interactions between different classes of pests, the 'pest pentagon' (inside circle), and their interaction with external variables in managed ecosystems.

APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGIA AL CONTROL DE INSECTOS DAÑINOS

Sergio Orduz Peralta¹

INTRODUCCION

La biotecnología se define como la aplicación de los principios básicos de las ciencias e ingenierías al procesamiento de materiales y agentes biológicos para producir bienes y servicios. Aunque este término ha sido acuñado recientemente, el hombre ha estado desarrollando esta ciencia prácticamente desde el inicio de los procesos de la civilización, cuando descubrió la posibilidad de fermentar la leche y algunas frutas como mecanismo para alargar la vida útil de sus alimentos.

En este artículo se hará referencia fundamentalmente a los procesos biotecnológicos aplicados al control de insectos que quedan cobijados dentro de dos grandes grupos. El conocimiento que se ha empleado para lograr el desarrollo y producción de bioinsecticidas, tal como el hombre los ha encontrado en la naturaleza, y en segundo lugar las modificaciones y aplicaciones que se han logrado obtener con el conocimiento avanzado de la bioquímica y la biología molecular, que han dado como resultado el mejoramiento de algunos agentes de control y el diseño de nuevas estrategias para el control de insectos.

1. PRODUCCION DE ENTOMOPATOGENOS

Entre las bacterias que causan enfermedad o toxicidad en insectos tal vez la más importante es *Bacillus thuringiensis*, (Bt) una bacteria gram positiva formadora de esporas que fue descubierta por Ishiwata en el Japón en 1901 y descrita formalmente por Berliner en Alemania (1911, 1915). Desde entonces, considerable atención ha sido dedicada a la investigación de esta bacteria como agente de control de insectos. Hasta la fecha se conocen 45 subespecies de acuerdo a su antígeno fagelar, y han sido aisladas de los cinco continentes. Su rango de acción esta restringido a cuatro órdenes de la Clase Insecta, y recientemente se ha descrito actividad contra algunos nemátodos y ácaros (Bone, 1989, Feitelson et al., 1992).

Los primeros ensayos de utilización de Bt para el control de insectos se desarrollaron entre las décadas del 20 y 30 para el control del barrenador europeo del maíz *Ostrinia nubilalis* en el sur de Europa, como parte de un programa internacional auspiciado por el gobierno de Estado Unidos. Durante las siguientes dos décadas se condujeron evaluaciones de campo en Europa y Estados Unidos para demostrar actividad contra varias plagas del orden

¹ Coordinador de Investigaciones. Unidad de Control Biológico. Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB). A.A. 7378. Medellín, Fax: 441-5514.

Lepidoptera. El primer producto comercial, Sporeine se lanzó en Francia en 1938, mientras que en los años 50 se desarrolló una más extensa producción en la ex-Unión Soviética, Checoslovaquia, Francia y Alemania. En Estados Unidos el primer producto comercial se vendió bajo el nombre de Thuricide en 1957 producido por la compañía Bioferm Corporation.

En la década del 60, se condujo una extensiva evaluación en varios países que dio como resultado información muy variable, y finalizando esta década, el hallazgo de la cepa HD-1 que mostró actividad muy superior a las previamente conocidas (Dulmage, 1970), mejoró significativamente la actividad de Bt en el campo. La estandarización de los ensayos para determinar la potencia de una preparación definitivamente aclaró el panorama de Bt en el contexto del control de plagas de insectos en agricultura.

En la década del 80, se estableció definitivamente su producción comercial y utilización mundial. El mercado de Bt es fundamentalmente controlado por productos que utilizan la cepa HD-1 como ingrediente activo, básicamente para el control de insectos del orden Lepidoptera (Luthy et al., 1982). El mercado más importante es el del control de insectos en cultivos forestales, donde Bt ha reemplazado parcialmente a utilización de insecticidas químicos, y hacia la mitad de la década del 80 significó el 60% de las ventas mundiales (Burgues and Daoust, 1986). En la misma época se estima que las ventas mundiales fueron del orden de 50 millones de dólares, lo cual solamente representa el 1% del mercado mundial de insecticidas (Baldwin, 1987). La utilización de Bt entró en una fase diferente a partir de la segunda mitad de la década del 80, debido fundamentalmente a la restricción al uso de insecticidas químicos que varios países impusieron, a la elevada resistencia de los insectos a estos insecticidas, y al alto costo que conlleva el desarrollo de este tipo de productos agroquímicos.

El éxito comercial de Bt subesp. *kurstaki* en el campo agrícola, el descubrimiento de Bt subesp. *israelensis* en los últimos años de la década del 70, y de Bt subesp. *morrisoni*, patovariedades *tenebrionis* y *san diego* en los 80's, definitivamente concentró la atención del mundo sobre la utilidad de esta bacteria (Tabla 1). La nueva tecnología del ADN recombinante y otros descubrimientos en el campo genético han ampliado las posibilidades de desarrollar organismos transgénicos que contengan los genes de las toxinas de Bt. El esfuerzo dedicado por parte de los gobiernos, las universidades y la industria ha dado como resultado un espectacular desarrollo en los últimos 10 años, situación a la que me referiré más adelante en las secciones de plantas y microorganismos transgénicos.

Aunque *Bacillus sphaericus*, (Bs) otra bacteria gram positiva formadora de esporas ha sido extensamente estudiada, y es actualmente usada en programas operativos de control de larvas de mosquito, su uso no ha sido tan espectacular como el caso de Bt, fundamentalmente debido a su alta especificidad sobre larvas de mosquito, sin embargo, su utilidad es innegable, sobre todo para el control de mosquitos del género *Culex* que en

algunos países es un vector muy importante de filariosis y algunas enfermedades virales. A esta especie también me referiré de nuevo en la parte correspondiente a microorganismos transgénicos.

De los restantes entomopatógenos, tal vez el más importante desde el punto de vista de las aplicaciones biotecnológicas es *Beauveria bassiana*, por su amplio uso en Colombia para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). En el caso específico de Colombia, *B. bassiana* ha sido estudiada en el contexto del control de *H. hampei*. Y aunque se han realizado algunos ensayos para la producción industrial de este hongo en la que cierto grado de capacitación está involucrado, los resultados son bastante pobres (Bustillo, comunicación personal). Con la introducción de la broca del cafeto en Colombia, se han diseñado estrategias de control integrado en las que la utilización de *B. bassiana* es un elemento fundamental. Dada la reducida producción industrial de este hongo en Colombia, la Federación Nacional de Cafeteros decidió implementar la producción local a nivel de los cultivadores, y para ello ha lanzado un programa, que aunque podría suministrar el bioinsecticida necesario para combatir la broca en el área cafetera, a juicio de los expertos en micología tiene un inconveniente muy grave dada la baja capacitación que tienen la mayoría de los cultivadores de café. Esto significa que a nivel de producción artesanal, el productor de café podría estar produciendo material de muy baja calidad y en el peor de los casos ni siquiera *B. bassiana*, ya que existe innumerable cantidad de hongos blancos ambientales de crecimiento rápido, que podrían estar creciendo como contaminantes. Estas dos circunstancias podrían dar como resultado la total ineficacia de *B. bassiana* en el programa de control de la broca, y lo que la mayoría de la gente verá es la ineficacia del entomopatógeno y no los problemas derivados de su producción artesanal.

Otros entomopatógenos están siendo o han sido utilizados para el control de insectos, como es el caso del hongo *Metarhizium anisopliae*, *Verticillium lecanii* y otros. Así mismo el microsporidia *Nosema necatrix* algunos nemátodos y virus han tenido aplicaciones y aunque su producción implica procesos biotecnológicos, no son tan importantes, aunque todos ellos representan estrategias válidas en la lucha contra los insectos. Por lo tanto, solamente me referiré a aquellas especies de entomopatógenos en las que las aplicaciones biotecnológicas son de gran importancia en nuestros días. En la tabla 2 se observa un resumen de las diversas especies de hongos entomopatógenos que se han producido.

2. ORGANISMOS RECOMBINANTES

La aplicación de la biología molecular al control de insectos se ha hecho más importante en los últimos años, debido al inmenso desarrollo logrado en este campo. En esta sección quiero hacer énfasis en organismos y plantas que han sido modificados genéticamente con el propósito de hacerlos resistentes al ataque de las plagas o más adaptados a las condiciones de los agroecosistemas industriales. Varias especies de plantas, bacterias y virus han sido utilizadas como huéspedes de las toxinas de Bt para el control de plagas de

insectos en agricultura y salud pública.

Microorganismos. A pesar de los continuos esfuerzos dedicados a la búsqueda de nuevas cepas de Bt y rangos de acción, cada cepa de Bt se caracteriza por una alta especificidad y la mayoría de las cepas tienen una mayor actividad contra larvas de estadios tempranos. Por lo tanto, los entomólogos se ven forzados a evaluar intensamente los cultivos con el propósito de obtener la mejor información posible para decidir sobre el mejor tiempo de aplicación de Bt. Sin embargo, el mejoramiento genético de las cepas puede llegar a representar una mejor arma en el combate de insectos. Este mejoramiento se ha realizado básicamente siguiendo dos esquemas 1. Transferencia de los genes de las toxinas de Bt a una cepa de Bt no homóloga con lo cual se espera lograr efectos aditivos o sinérgicos y de esta manera ampliar el rango de acción o a una bacteria no homóloga, con lo cual se espera mejorar la disponibilidad de las toxinas y 2. Transferir los genes de las toxinas de Bt a un baculovirus, con lo cual se espera mejorar su actividad.

Crickmore et al. (1990), usando electroporación introdujeron el gen *cryIIA* de Bt subesp. *morrisoni*, patotipo *tenebrionis* en Bt subesp. *israelensis*, y la bacteria transgénica resultante mostró toxicidad como era de esperar en larvas de dípteros y coleópteros, sin embargo también encontraron actividad contra lepidóptera. De la misma manera introdujeron el gen *cryIA(b)* en una cepa con actividad para coleóptera, y encontraron actividad no solamente contra lepidóptera y coleóptera, como era de esperar, sino que también demostró actividad contra mosquitos, introduciendo de esta manera el nuevo concepto de que las proteínas de Bt interactúan de manera sinérgica para aumentar el rango de acción (tabla 3).

Con el propósito de evitar las regulaciones asociadas a bacterias transgénicas, Carlton et al., (1990) produjeron el primer bioinsecticida transconjugante (Foil[®]) con actividad para insectos de los órdenes lepidóptera y coleóptera. El virus de la polihedrosis nuclear de *Autographa californica* (AcNPV) tiene un rango de huéspedes grande y es capaz de matar insectos en estadios tempranos y tardíos. Sin embargo, los intentos que se han realizado para introducir los genes *cryIA(c)* y *cryIA(B)* en el genoma del virus han dado como resultado poca actividad, aunque se ha demostrado que los virus transgénicos sí producen la delta endotoxina (Martens et al., 1990; Merrywater et al., 1990).

Mejoramiento de la actividad foliar y presentación de las toxinas. Bajo condiciones naturales existen algunas limitaciones a la actividad de Bt. Una de éstas es la incapacidad de las delta endotoxinas de ser translocadas a los tejidos de las plantas; por lo tanto, su eficacia para el control de insectos que se alimentan en el interior de las plantas es limitado. Crop Genetics International, una compañía de biotecnología de Estados Unidos ha usado la bacteria endofítica *Clavibacter xyli* como vehículo para presentar las toxinas de Bt en el interior de la planta (Gelernter y Schwab, 1993).

La segunda limitación de los insecticidas basados en Bt tiene que ver con la baja residualidad en las hojas de las plantas. Mycogen Corp. ha diseñado una cepa de *Pseudomonas fluorescens* transgénica que contiene los genes de las toxinas de Bt. Cuando se produce en fermentadores, esta bacteria transgénica produce las toxinas entre en 10 y 20% del total de proteína celular. Durante la etapa final de la fermentación, las células son fijadas y muertas, lo cual causa que la membrana celular forme un arreglo, que da como resultado paredes celulares más gruesas y por lo tanto crea una barrera de protección contra la radiación ultravioleta (Gelernter y Schwab, 1993). En 1991 dos de estas bacterias recombinantes fueron formuladas y se empezaron a vender como M-Track* para coleópteros e InCide* para lepidópteros.

Mejoramiento de la disponibilidad en ambientes acuáticos. Desde su descubrimiento en 1978 por Golberg y Margalit, Bt subesp. *israelensis* ha sido usado en muchas partes del mundo para el control de culícidos y simúlidos. Sin embargo, este bioinsecticida también presenta limitaciones derivadas de su baja residualidad y adsorción a materiales orgánicos lo cual disminuye su eficacia bajo condiciones naturales. Con el propósito de mejorar estas limitaciones se ha intentado transformar varias especies de bacterias acuáticas que viven normalmente en los criaderos de larvas de mosquito y se mantienen en la zona de alimentación. De esta manera las toxinas activas contra larvas de mosquito se mantienen durante períodos prolongados en los hábitats naturales y aumentan su número a concentraciones que hacen posible el control de los mosquitos. El gen *cryIVB* ha sido usado para transformar las cianobacterias *Agmenellum quadruplicatum* (Angsuthansombat y Panyim, 1989), *Synechocystis* PCC6803, (Chungjatupornchai, 1990), en ellas se observó expresión de la toxina y mortalidad en larvas de *Aedes aegypti*, sin embargo los niveles de expresión fueron bajos, posiblemente debido a la falta de un promotor muy fuerte, un sitio más adecuado de unión al ribosoma, o a diferencias en la interpretación del código genético.

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

Otras especies de bacterias acuáticas se han usado como huéspedes de las toxinas de *B.*

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

Otras especies de cianobacterias han sido estudiadas como vehículos para aumentar la eficacia de estas toxinas mosquitocidas en la zona de alimentación de las larvas de mosquitos (Angsuthanasombat y Panyim, 1989, Chungjatupornchai, 1990, de Marsac et al., 1987, Murphy y Stephens, 1992). Al igual que *C. crescentus*, las especies de cianobacterias son ubicuas, viven en las inmediaciones de la zona de alimentación de las larvas y toleran diferentes rangos de salinidad y temperatura; además siendo fotoautótrofas, tienen requerimientos nutricionales limitados (Rippka et al., 1979). Los genes de las toxinas de *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* y *B. sphaericus* han sido clonados en las cianobacterias *Agmenelum quadruplicatum* (*Synechococcus* sp. cepa PCC 7002), *Synechococcus* sp. strain PCC 6803, *A. quadruplicatum* PR-6, *Anacystis nidulans* R2, también denominada *Synechococcus* sp. cepa R2, *Anabaena* sp. PCC 7120. Sin embargo en todo los casos los niveles de expresión han sido bajos (Angsuthanasombat y Panyim, 1989, Chungjatupornchai, 1990, de Marsac et al., 1987, Murphy y Stephens, 1992, Xudong et al., 1993). En la tabla 5 se aprecia un resumen de las bacterias usadas con este fin.

Con el propósito de evitar las regulaciones sobre organismos recombinantes se ha propuesto encapsular el complejo espora-cristal del Bt subesp. *israelensis* en el protozoo unicelular *Tetrahymena pyriformis*. Este organismo ingiere normalmente material particulado, y bajo condiciones de campo se ha demostrado que *T. pyriformis* alimentado con el complejo Bt subesp. *israelensis* spore-crystal aumenta su actividad de 24 a 71 horas (Zaritsky et al., 1991).

Plantas. Al igual que las cepas de Bt empleadas para el control de dípteros, las cepas de Bt usadas en el control de plagas en agricultura presentan algunos inconvenientes en su actividad para ciertas especies de insectos que se alimentan en los tejidos interiores de las plantas. Los recientes desarrollos de la biología molecular han permitido la introducción de genes en plantas de importancia económica, incluyendo las monocotiledóneas (Elly, 1993). Hasta la fecha se ha reportado la transformación estable de cerca de 50 especies de plantas (tabla 4), con la consecuente ventaja de la protección vegetal, aún en los tejidos

internos. En consecuencia, en control de insectos se puede extender a toda la temporada del cultivo, mientras que la población de insectos expuesta a este tipo de toxinas es solamente aquella que se encuentra comiendo de los tejidos de las plantas, minimizando de esta manera la exposición de insectos no dañinos y evitando así la posible aparición de resistencia.

Toxinas de *B. thuringiensis* dicotiledóneas. En 1987, Vaeck *et al.*, introdujeron el gen *cryIA(b)* truncado en plantas de tabaco, bajo el control de un promotor de *Agrobacterium tumefaciens* en fusión con el gen marcador de neomicina (*neo*). Las plantas seleccionadas de esta manera produjeron toxicidad en larvas de *Manduca sexta* alcanzando un 45 a 66% de mortalidad. En experimentos similares utilizando el gen *cryIA(b)* truncado para transformar plantas de tomate y papa se ha logrado buena expresión de la toxina (Ely, 1993). Perlak *et al.*, (1990) usaron el sistema de transformación de *A. tumefaciens* para introducir los genes de Bt *cryIA(b)* y *cryIA(c)* pero no lograron buen control de los insectos plaga: sin embargo, cuando hicieron cambios en el promotor y en el gen estructural, estas modificaciones permitieron la expresión de la toxina a niveles que controlaron efectivamente las plagas

Toxinas de *B. thuringiensis* en monocotiledoneas. Recientemente se ha reportado la transformación de células de arroz en suspensión con genes de la delta endotoxina de Bt bajo el control del promotor de la fracción 35 del ARN ribosomal del virus del mosaico de la coliflor (Ely, 1993). Koziel *et al.*, (1993) lograron la transformación de plantas de maíz con una versión truncada del gen *cryIA(b)* de Bt por medio de bombardeo de partículas cubiertas por el ADN extraño en embriones inmaduros de esta especie, también bajo el control del promotor de la fracción 35 del ARN ribosomal del virus del mosaico de la coliflor y una combinación de dos promotores de tejidos de las plantas de maíz. Las plantas transgénicas resultantes produjeron la delta endotoxina a niveles que pudieron controlar larvas de *O. nubilalis* en repetidas infestaciones. Varios factores como la fortaleza del promotor, la secuencia y estructura del ARNm, la presencia de intrones y el contexto molecular de los sitios de iniciación de la traducción pueden afectar la expresión de estos genes en las plantas, al igual que otros factores no muy bien conocidos.

Los genes de las delta endotoxinas tienen un promedio de adenina + timina de 64% mientras que el contenido en mono y dicotiledoneas es de 44% y 55%, respectivamente. Estas diferencias pueden ocasionar un procesamiento incorrecto de los transcritos. Perlack *et al.* (1990) realizaron alteraciones en los codones del gen *cryIA(b)* para mejorar la expresión en algodón. Estos experimentos han demostrado que los genes modificados parcial y totalmente incrementan la expresión de estas proteínas, y por lo tanto su acción sobre larvas de *M. sexta* se ha aumentado. En los experimentos de modificación de los genes se han removido las regiones ricas en AT lo cual reduce la presencia de las señales de poliadenilación que podrían interferir en el procesamiento de la información en los tejidos vegetales; así mismo se han reducido los intrones, con lo cual la eficiencia en la

expresión génica se ha mejorado.

En la medida en que se avanza en la producción de plantas transgénicas con las delta endotoxinas de *B. thuringiensis*, se empieza a pensar en la posibilidad del desarrollo de resistencia por parte de las plagas a estas nuevas variedades. Para evitar tal situación, se han propuesto varias estrategias que podrían minimizar la aparición de este fenómeno: 1. Sembrar plantas transgénicas alternadas con plantas normales, lo que permitirá exposición diferencial de la población de insectos y consecuentemente evitará una reducción en el pool genético, 2. Explorar la posibilidad de introducir los genes de Bt bajo el control de un promotor de la planta huésped con el propósito de que los genes se expresen de manera selectiva, especialmente cuando las plantas son más susceptibles al ataque de los insectos.

Plantas con genes de inhibidores de proteinasas. Otra estrategia que se está diseñando para su empleo en el control de las plagas en los cultivos ha sido recientemente introducida al conocer el efecto inhibitorio de las proteasas intestinales que ciertas plantas pueden producir sobre las plagas que se alimentan de ellas. Esta estrategia ha evolucionado en las plantas para protegerse de los insectos herbívoros y los inhibidores de proteasas se han detectado acumuladas en los tejidos de las plantas en concentraciones que alcanzan hasta un 10% del total de proteína vegetal (Strittmatter y Wegener, 1993). Al menos 8 familias no homólogas de inhibidores de proteasas se conocen en plantas. En su conjunto, estas familias cubren los 4 grupos de acción de las enzimas proteolíticas de los insectos como son las proteasas de serina, cisteína, aspártico, y metales. Sin embargo la gran mayoría de estos inhibidores actúa contra las proteasas de serina (tripsina, quimotripsina, elastasa, subtilisina y kalicreína), y actúan al inhibir los complejos mecanismos que controlan el balance entre el suministro de alimento y las actividades digestivas del insecto.

El primer inhibidor de proteasas producido en una planta transgénica fué el inhibidor de tripsina de caupí (CpTI), el cual pertenece a la familia de inhibidores de proteasas de serina. Este inhibidor de proteasas fué seleccionado porque se conocía su acción contra el escarabajo *Callosobruchus maculatus* y por su actividad contra un grupo grande de insectos de importancia económica. El cADN completo del CpTI fué puesto bajo el control del promotor del fragmento 35 del ARN ribosomal del virus del mosaico de la coliflor y transferido a plantas de tabaco, donde se detectó un amplio rango de expresión alcanzando a producir hasta el 0.9% del total de la proteína soluble. Estas plantas transgénicas se han catalogado como potencialmente resistentes para larvas de *Heliothis virescens* (Strittmatter y Wegener, 1993). Posterior estabilización del gen en plantas por medio de la generación de progeñe homocigótica, demostró que las plantas habían desarrollado una resistencia significativa al ataque de larvas de *H. virescens*.

Depredadores transgénicos. Aunque se encuentra en etapa preliminar, la posibilidad de desarrollar ácaros transgénicos resistentes a insecticidas químicos se ha venido investigando recientemente. *Metaseiulus occidentalis*, un importante enemigo natural de ácaros plagas

en los cultivos, es el candidato más importante. El uso de insecticidas químicos para el control de plagas del cultivo de almendras, dispara la población de ácaros plaga, al eliminar los más sensibles depredadores como *M. occidentalis*. Hasta el presente, se han identificado varios genes que confieren la resistencia de los insectos a los insecticidas químicos, por lo tanto, la posibilidad de desarrollar un ácaro depredador transgénico, resistente a los insecticidas, introducirá un factor muy importante para evitar la aparición de desequilibrios poblacionales en los que las plagas salen favorecidas (Goodman, 1993).

Mosquitos transgénicos. La posibilidad de utilizar la resistencia natural e inducida a los insectos hematófagos, ha venido tomando mayor fuerza a raíz de los recientes desarrollos de la biología molecular y al espectacular desarrollo logrado con la vacuna sintética contra la malaria y vacuna convencional y recombinante contra las garrapatas.

El conocimiento de las proteínas inducibles de acción antibacteriana y antiparasitaria en los insectos ha permitido explorar otras posibilidades (Azambuja et al., 1989, Boman et al., 1989, Gwadz et al., 1989, Wade et al., 1990). Hoy día se conocen varias de ellas que por el grado de homología que tienen se pueden clasificar en 6 familias, cecropinas, atacinas, defensinas lisozimas, abaecinas y apidaecinas, estas dos últimas recientemente descubiertas en *Apis mellifera* (Kimbrell, 1991). Se ha sugerido la posibilidad de introducir algún gen de estas proteínas para las que se ha demostrado actividad contra *Plasmodium* bajo el control del gen promotor de vitelogenina, una proteína normalmente depositada en los huevos después de que la hembra del mosquito toma comida de sangre. De esta manera, cada vez que el mosquito tome su comida de sangre se disparará la producción de esta sustancia que matará al *Plasmodium* dentro del mosquito (Marshall, 1990).

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

3. VACUNAS CONTRA INSECTOS HEMATOFAGOS Y CAUSANTES DE MIASIS

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

Anticuerpos antigarrapatas. Las garrapatas representan un factor muy importante dentro de la problemática de la producción pecuaria, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, fundamentalmente debido a las enfermedades que transmiten y el costo que representa su control. Las pérdidas causadas por las garrapatas se han calculado en 7000 millones de dólares al año (de Castro y Newson, 1993). El control convencional con uso de acaricidas tiene serios problemas como son su alto costo, el desarrollo frecuente de resistencia y el peligro de contaminación residual en la carne y la leche (de Castro y Newson, 1993). Desde hace varios años se ha empezado a estudiar la resistencia natural de cierta razas de ganado a la infestación por garrapatas. En 1986, Kemp et al.

inmunizaron ganado usando extractos derivados de hembras de la garrapata *Boophilus microplus* y lograron encontrar mortalidad de las garrapatas en algunos casos, mientras que en otros se encontró daño en el tejido epitelial del intestino y de estas muchas murieron antes de poner huevos. Willadsen et al. (1993) lograron aislar el gen de la proteína más importante desde el punto de vista inmunogénico designado como Bm86. Su producción en *Escherichia coli* y baculovirus recombinantes se ha obtenido, y en algunos casos se ha logrado que su efectividad sea muy comparable a la del antígeno nativo. Actualmente se encuentra en estudio una vacuna experimental contra *B. microplus* a la que el gobierno de Australia le ha concedido una licencia provisional.

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

- Alger, N.E., and E.J. Cabrera. 1972. An increase in dath rate of *Anopheles stephensi* fed on rabbits immunized with mosquito antigen. J. Econ. Entomol. 65:165-168.
- Angsuthansombat, C., and S. Panyim, 1989. Biosynthesis of 130-kilodalton mosquito larvicide in the cyanobacterium *Agmenellum quadriplicatum* PR-6. Appl. Environm. Microbiol. 55:2428-2430.
- Azambuja, P. de, Mello, CB., and E.S. Garcia. 1989. Immunity of *Rhodnius prolixus*: Inducible peptides active against bacteria and trypanosomes. In: Ed. D. Borovsky and A. Spielman. Host regulated developmental mechanisms in vector arthropods. p 270-276. University of Florida, IFAS, Vero Beach.
- Baldwin, B. 1987. Commercialization of microbially produced pesticides. Intern. Industr. Biotechn. 7:290-293.
- Baumann, P., M. A. Clark, L. Baumann, and A. H. Broadwell. 1991. *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxin. Microbiol. Rev. 55:425-436.
- Baumann, P., B. M. Unterman, L. Baumann, A. H. Broadwell, S. J. Abbene and R. D. Bowditch. 1985. Purification of the larvicidal toxin of *Bacillus sphaericus* and evidence for highmolecular-weight precursors. J. Bacteriol. 163:738-747.
- Beard, C.B., Mason, P.W., Aksoy, S., Tesh, R.B. and F.F. Richards. 1992. Transformation of an insect symbiont and expression of a foreign gene in the Chagas' disease vector *Rhodnius prolixus*. Amer. J. Trop. Med. Hyg. 46:195--200.
- Berliner, E. 1911. Uber die schalffsucht der mehlmottentaupe. Z. Gesamte Getreidewes 3:63-70.
- Berliner, E. 1915. Uber die schalffsucht der mehlmottentaupe. Z. angew. Ent. 2:29-56.
- Boman, H.G., Wade, D., Boman, I.A., Wahlin, B., and R.B. Merrifield. 1989. Antibacterial and antimalarial properties of peptides that are cecropin-mellitin hybrids. FEBS 259:103-106.
- Bone, L.W., 1989. Activity of commercial *Bacillus thuringiensis* preparations against *Trichostrongylus colubriformis* and *Nippostrongylus brasiliensis*. J. Invertebr. Pathol. 53:276-277.

- Bourgouin, C., A. Delécluse, F. de la Torre, and J. Szulmajster. 1990. Transfer of the toxin protein genes of *Bacillus sphaericus* into *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and their expression. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:340-344.
- Burgues, H.D. and R.A. Daoust. 1986. Current status of the use of bacteria as biocontrol agents. In: *Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology* (Eds. R.A. Samson, J.M. Vlak and D. Peters) pp. 514-517, Soc. Invertebr. Pathol. Wageningen
- Carlton, B.C., C. Gawwron-Burke, and T.B. Johnson. 1990. Exploiting the genetic diversity of *Bacillus thuringiensis* for the creation of new bioinsecticides. In: *Proceedings, Fifth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control*. pp. 18-22. August 20-24, 1990, Society for Invertebrate Pathology, Adelaide, Australia.
- Chungjatupornchai, W. 1990. Expression of the mosquitocidal protein genes of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and the herbicide resistance gene bar in *Synechocystis* PCC6803. *Curr. Microbiol.* 21:283-288.
- Crickmore, N., C. Nicholls, D.J. Earp, T.C. Hodgman, and D.J. Ellar. 1990. The construction of *Bacillus thuringiensis* strains expressing novel entomocidal delta-endotoxin combinations. *Biochem. J.* 270:133-136.
- De Castro, J.J., and R.M. Newson. 1993. Host resistance in cattle tick control. *Parasitol. Today* 9:13-17.
- De Marsac, N. T., F. de la Torre, and J. Szulmajster. 1987. Expression of the larvicidal gene of *Bacillus sphaericus* 1593M in the cyanobacterium *Anacystis nidulans* R2. *Mol. Gen. Genet.* 209:396-398.
- Dulmage, H.T. 1970. Insecticidal activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. *J. Invertebr. Pathol.* 15:232-239.
- East, I.J., Fitzgerald, C.J., Pearson, R.D., Donaldson, R.A., Vuocolo, T., Cadogan, L.C., Tellam, R.L., and C.H. Eisemann. 1993. *Lucilia cuprina*: inhibition of larval growth induced by immunization of host sheep with extracts of larval peritrophic membrane. *Int. J. parasitol.* 23:221-229.
- Ely, S., 1993. The engineering of plants to express *Bacillus thuringiensis* delta endotoxins. In: *Bacillus thuringiensis*, an environmental biopesticide: Theory and Practice (Eds. P.F. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey, and S. Higgs). pp 37-70. John Wiley and Sons, Chichester.

- Feitelson, J.S., Payne, J., and L. Kim. 1992. *Bacillus thuringiensis*: Insects and beyond. *Bio/Technology* 10:271-276.
- Gelernter, W., and G.E. Scwab. Transgenic bacteria, viruses, algae, and other microorganisms as *Bacillus thuringiensis* toxin delivery systems. In: *Bacillus thuringiensis*, an environmental biopesticide: Theory and Practice (Eds. P.F. Entwistle, J.S. Cory, M.J. Bailey, and S. Higgs). pp 37-70. John Wiley and Sons, Chichester.
- Goodman, W. 1993. Debating the use of transgenic predators. *Science* 262:1507.
- Goldberg, L., and J. Margalit. 1978. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sargentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti*, and *Culex pipiens*. *Mosq. News*, 37:355-358.
- Gwadz, R.W., Kaslow, D., Lee, J.Y. Maloy, W.L., Zasloff, M. and L.H. Millr. 1989. Effect of magainins and cecropins on the sporogenic development of malaria parasites in mosquitoes. *Infect. Immun.* 57:2628-2633.
- Ishiwata, S. 1901. On a kind of severe flacherie (sotto disease). *Dainihon Sanshi Kaiho* 114:1-5.
- Kemp, D.H., Agbede, R.I.S., Johnson, L.A.Y., and J.M. Gough. 1986. Immunization of cattle against *Boophilus microplus* using extracts derived from adult female ticks: Feeding and survival of the parasite on vaccinated cattle. *Int. J. Parasitol.* 16:115-120.
- Kimbrell, D.A. 1991. Insect antibacterial proteins: Not just for insect and against bacteria. *BioEssays* 13:657-663.
- Koziel, M.G., Beland, G.L., Bowman, C., Carozzi, N., Crenshaw, R., Crossland, L., Dawson, J., Desai, N., Hill, M., et al., 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing the insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 11:194-200.
- Lal, A.A., Schriefer, M.E., Sacci, J.B., Goldman, I.F., Louis-Wileman, V., Collins, W.E., and A.F. Azad. 1994. Inhibition of malaria parasite development in mosquitoes by anti-mosquito-midgut antibodies. *Infect. Immun.* 62:316-318.
- Luthy, P., Cordier, J.L., and H.M. Fisher. 1982. *Bacillus thuringiensis* as a bacterial insecticide: basic considerations and applications. In *Microbial and Viral Pesticides* (Ed. E. Kurstak) pp. 35-74. Marcel Dekker, New York.

- Marshall, E. 1990. Malaria research: What next. *Science* 247:399-402.
- Martens, J.W.M., G. Honée, Zuidema, D., J.W.M. van Lent, B. Visser, and J. Vlak. 1990. Insecticidal activity of the bacterial crystal protein expressed by a recombinant baculovirus in insect cells. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:2764-2770
- Merritt, R. W., R. H. Dadd, and E. D. Walker. 1992. Feeding behaviour, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitoes. *Annu. Rev. Entomol.* 37:349-376.
- Merrywater, A.T., Weyer, U., M.P.G. Harris, T. Booth and R.D. Possee. 1990. Construction of genetically engineered baculovirus insecticides containing the *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD-73 delta endotoxin. *J. Gen. Virol.* 71:1535-1544.
- Miller, L.H., Sakai, R.K., Romans, P., Gwadz, R.W. Kantoff, P., and H.C. Coon. 1987. Stable integration and expression of a bacterial gene in the mosquito *Anopheles gambiae*. *Science* 237:779-781.
- Monroe, T.J., Muhlman-Diaz, M.C., Kovach, M.J., Carlson, J.O. Bedford, J.S., and B.J. Beaty. 1992. Stable transformation of a mosquito cell line results in extraordinarily high copy numbers of the plasmid. *Proc. natl. Acad. Sci. USA.* 89:5725-5729.
- Murphy, R. C., and S. E. Stephens, Jr. 1992. Cloning and expression of the *cryIVD* gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the cyanobacterium *Agmenelum quadruplicatum* PR-6 and its resulting larvicidal activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:1650-1655.
- Opdebeeck, J.P., and B. Slacek. 1993. An attempt to protect cats against infestation with *Ctenocephalides felis felis* using gut membrane antigens as a vaccine. *Int. J. Parasitol.* 23:1063-1067.
- Perlak, F.J., R.W. Deaton, T.A. Armstrong, R.L. Fuchs, S.R. Sims, J.T. Greenplate, and D.A. Fischhoff. 1990. Insect resistant cotton plants. *BioTechnology* 8:939-943.
- Poindexter, J. S. 1981. The caulobacters: ubiquitous unusual bacteria. *Microbiol. Rev.* 45:123-179.
- Ramasamy, M.SS., Sands, M., Kay, B.H., Fanning, I.D., Lawrence, G.W., and R. Ramasamy. 1990. Anti-mosquito antibodies reduce the susceptibility of *Aedes aegypti* to arbovirus infection. *Med. Vet. Entomol.* 4:49-55.

- Rippka, R., J. Deruelles, J. B. Waterbury, M. Herman, and R. Y. Stanier. 1979. Genetic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.* 111:1-61
- Strittmatter, G., and D. Wegener. 1993. Genetic engineering of disease and pest resistance in plants: Present state of the art. *Z. Naturforsch.* 48c:673-688.
- Thanabalu, T., J. Hindley, S. Brenner, C. Oei, and C. Berry. 1992. Expression of the mosquitocidal toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israeensis* by recombinant *Caulobacter crescentus*, a vehicle for biological control of aquatic insect larvae. *Appl. Environm. Micobiol.* 58:905-910.
- Thanabalu, T., J. Hindley, J. Jackson-Yap, and C. Berry. 1991. Cloning, sequencing, and expression of a gene encoding a 100-kilodalton mosquitocidal toxin from *Bacillus sphaericus* SSII-1. *J. Bacteriol.* 173:2776-2785.
- Vaeck, M., A. Reynaerts, H. Hofte, S. Jansens, M. DeBeuckeleer, C. Dean, M. Zabeau, M. van Montagu, and J. Leemans. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. *Nature (London)* 328:33-37.
- Wade, D., Boman, A., Wahlin, B., Drain, C.M. Andreu, D., Boman, H.G., and R.B. Merrifield. 1990. All D amino acid containing channel-forming antibiotic peptides. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87:4761-4765.
- Willadsen, P., Eiseman, C.H., and R.L. Tellam. 1993. Concealed antigens: Expanding the range of immunological targets. *Parasitol. Today* 9:132-135.
- Xudong, X., Renqiu, K., and H. Yuxiang. 1993. High larvicidal activity of intact recombinant cyanobacteria, *Anabaena* sp PCC 7120 expressing gene 51 and gene 42 of *Bacillus sphaericus* sp. 2297. *FEMS Microbiol. Lett.* 107:247-250.
- Zaritsky, A., Zalkinder, A., Ben-Dov, E., and Z. Barak. 1991. Bioencapsulation and delivery to mosquito larvae of *Bacillus thuringiensis* H14 toxicity by *Tetrahymena pyriformis*. *J. Invertebr. Pathol.* 58:455-457.

Table 1. Desarrollo del interés industrial en *Bacillus thuringiensis* antes y después de 1980.

| Compañía | Cepas sin modificar | Cepas Mejoradas | Cultivos resistentes | Microbe mediated delivery |
|------------------------|---------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|
| antes de 1980 | | | | |
| Abbott | * | | | |
| Biochem | * | | | |
| Zoecon | * | | | |
| Duphar | * | | | |
| después de 1980 | | | | |
| Abbott | *1 | * | | |
| Solvay/Duphar | *2 | * | | |
| Zoecon/Sandoz | *3 | * | * | |
| Novo | *4 | * | | |
| Ciba Geigy | *5 | * | | |
| ICI | *6 | * | * | |
| Sumitomo | * | * | | |
| Dow Elanco | * | * | | |
| Ecogen | *7 | *7 | | |
| Mycogen | *8 | *8 | | * |
| Monsanto | | | * | * |
| Rohm and Haas | | | * | |
| Plant Genetic System | | | * | |
| Agracetus | | | * | |
| Calgene | | | * | |
| Sungene Techn. Inc. | | | * | |
| Agrigenetics | | | | * |
| Crop Genetics Intl. | | | | * |

Productos registrados basados en:

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Bt kurstaki</i> | <i>Bt israelensis</i> | <i>Bt tenebrionis</i> |
| 1. Dipel | Vectobac | |
| 2. Bactospeine, Futura, Florbac | Bactimos | |
| 3. Thuricide, javelin | Teknar | Trident |
| 4. Foray, Biobit | Skeetal | Novodor |
| 5. Agree | | |
| 6. Biodart | | |
| 7. Cutlass, Condor, Foil | | Foil |
| 8. MVP | | M-One. MTrack |

Tabla 2. Hongos entomopatógenos producidos y en fase experimental de producción para el control de insectos plaga en agricultura.

| Especie hongo | Productos usados | Productor |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <i>Aschersonia aleyrodis</i> | Aseronija | All Union Institute (Rusia) |
| <i>Beauveria bassiana</i> | Biotrol FBB | Nutriline Products (USA) |
| | Boverin | Glavmikrobioprom (Rusia) |
| | ABG-6178 | Abbott labs. (USA) |
| | Boveril | Laverlam (Colombia) |
| <i>Hirsutella thompsoni</i> | Mycar | Abbott labs. (USA) |
| <i>Metarhizium anisopliae</i> | Biotrol FMA | Nutriline Products (USA) |
| | Metaquino | CODECAP (Brasil) |
| | Destruxin | Laverlam (Colombia) |
| <i>Verticillium lecanii</i> | Vertalec | Tate and Lyle (England) |
| | Mycotol | Tate and Lyle (England) |

Tabla 3. Cepas de *Bacillus thuringiensis* mejoradas por recombinación genética

| Gen | Vector | Ventajas |
|---|-----------------------------------|--|
| <i>cryIII A</i> (<i>tenebrionis</i>) | <i>Bt israelensis</i> | Incrementa rango de huésped sinergismo |
| <i>cryIA(b)</i> (<i>aizawai</i>) | <i>Bt tenebrionis</i> | Incrementa rango de huésped sinergismo |
| <i>cryIII A</i> (<i>tenebrionis</i>) | <i>Bt kurstaki</i> | barrenadores de maiz y papa actividad contra crisomélidos |
| <i>cryIA(b)</i> (<i>aizawai</i>) | <i>Autographa californica</i> NPV | Incrementa rango de huésped actividad en larvas grandes |
| <i>cryIA(c)</i> (<i>kurstaki</i>) | <i>Autographa californica</i> NPV | Incrementa rango de huésped actividad en larvas grandes |

Tabla 4. Especies de plantas que han sido transformadas con los genes de las toxinas de *Bacillus thuringiensis*.

| Cultivo | | Insectos susceptibles |
|----------------|--|-------------------------|
| DICOTILEDONEAS | | |
| Papa | <i>Solanum tuberosum</i> | Lepidoptera, Coleóptera |
| Remolcha | <i>Beta vulgaris</i> | |
| Zanahoria | <i>Daucus carota</i> | |
| Coliflor | <i>Brassica juncea</i> | Lepidoptera, Coleoptera |
| Apio | <i>Apium graveolens</i> | |
| Lechuga | <i>Latuca sativa</i> | |
| Tomate | <i>Lycopersicum esculentum</i> | Lepidoptera, Coleoptera |
| Berenjena | <i>Solanum melongena</i> | |
| Pimientos | <i>Capsicum annum</i> | |
| Melon | <i>Cucumis melo</i> | Lepidoptera, Coleoptera |
| Pepino | <i>C. sativus</i> | |
| Soya | <i>Glycine canescens</i> | Lepidoptera |
| Arveja | <i>Pisum sativum</i> | |
| Manzano | <i>Malus pumila</i> | Lepidoptera |
| Ciruelo | <i>Prunus domestica</i> | |
| Nogal | <i>Juglans regia</i> | Lepidoptera |
| Naranja | <i>Citrus sinensis</i> <i>C. jambhiri</i> | |
| Moplar | <i>Populus spp.</i> | Lepidoptera |
| Grosello | <i>Ribes nigrum</i> | Lepidoptera |
| Fresa | <i>Fragaria ananassa</i> | |
| Cereza | <i>Rubus sp.</i> | |
| Arándano | <i>Vaccinium macrocarpum</i> | |
| Vid | <i>Vitis vinifera</i> | |

| Cultivo | | Insectos susceptibles |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| DICOTILEDONEAS | | |
| Papaya | <i>Carica papaya</i> | Lepidoptera |
| Clavel | <i>Dianthus</i> sp. | Lepidoptera |
| Don Diego de día | | <i>Convolvulus arvensis</i> |
| Periwinkle | <i>Catharanthus roseus</i> | |
| Petunia | <i>Petunia hybrida</i> | |
| Algodón | <i>Gossypium hirsutum</i> | Lepidoptera, Coleoptera |
| Tabaco | <i>Nicotiana tabacum</i> | Lepidoptera |
| Girasol | <i>Helianthus annuus</i> | Lepidoptera |
| Alfalfa | <i>Medicago sativa</i> | Lepidoptera |
| Nabo silvestre | <i>Brassica napus</i> | Lepidoptera |
| Menta | <i>Mentha citrata</i> | Lepidoptera |
| MONOCOTILEDONEAS | | |
| Maiz | <i>Zea mays</i> | Lepidoptera, Coleoptera |
| Arroz | <i>Oryza sativa</i> | Lepidoptera |
| Esparrago | <i>Asparagus officinalis</i> | Lepidoptera, Coleoptera |

Tabla 5. Bacterias acuáticas recombinantes con los genes mosquitocidas de *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* y *Bacillus sphaericus*.

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

LA AVERSION AL RIESGO EN LA DECISION ENTOMOLOGICA: IMPLICACIONES EN EL USO DE INSECTICIDAS

César Cardona¹

RESUMEN

La aversión al riesgo por parte de agricultores y técnicos es uno de los obstáculos más grandes para la racionalización del uso de plaguicidas. En el presente artículo se hace una revisión sobre el tema: naturaleza, factores que influyen en ella, métodos para su medición, implicaciones de su ocurrencia en el uso de insecticidas, efectos que tiene en el concepto y utilización del umbral de acción y su importancia como factor limitante en la implementación de sistemas de Manejo Integrado de Plagas.

INTRODUCCION

La evaluación económica de los métodos de control de plagas sigue más o menos esta secuencia: primero, se compara la efectividad de las diversas alternativas de control midiendo la respuesta del cultivo en términos de rendimiento y de calidad del producto final; segundo, se determina el costo asociado con cada método de control propuesto; finalmente, se mide la eficiencia relativa de los diversos métodos propuestos mediante la comparación de su utilidad neta (precio x rendimiento - costo). Aquel con mayor efectividad y eficiencia es escogido por el investigador y presentado al agricultor como mejor alternativa. Sin embargo, muchas recomendaciones han fallado o no han sido adoptadas porque no se ha tenido en cuenta al agricultor. En especial, su actitud hacia el riesgo.

En la actualidad se acepta que las consideraciones de riesgo influyen en los niveles de uso de plaguicidas y de otros insumos y se admite que la actitud hacia el riesgo tiene mucho que ver en la implementación de estrategias de manejo, en particular en el proceso de adopción del Manejo Integrado de Plagas (MIP). A continuación se presenta una revisión sobre el riesgo desde el punto de vista económico (no ambiental, ni de salud), su naturaleza, sus implicaciones en el mayor o menor uso de insecticidas, su relación con el umbral de acción y su impacto en las tasas de adopción de MIP.

DEFINICIONES

Para mayor claridad de la exposición se adoptan las siguientes definiciones tomadas del diccionario de la Real Academia de la Lengua:

¹ Entomólogo, Programa de Frijol, CIAT, A.A. 6713, Cali.

aversión: oposición y repugnancia que se tiene a alguna persona o cosa.

correr riesgo: estar una cosa expuesta a perderse o a no verificarse.

incertidumbre: falta de certidumbre; duda, perplejidad.

riesgo: contingencia o proximidad de un daño.

NATURALEZA DEL RIESGO

Tal como lo señala Mumford (1981), los agricultores usan insecticidas como respuesta al riesgo de ataques de plagas que generalmente no se pueden predecir y lo hacen de tres maneras:

1. Mediante aplicaciones por calendario.
2. Mediante aplicaciones oportunistas (como cuando añaden un insecticida para aprovechar una aplicación de fungicidas).
3. Con base en recuentos de poblaciones.

El autor distingue entonces dos clases de agricultores o técnicos encargados de hacer recomendaciones: los "aseguradores", o sea aquellos que protegen de cualquier manera y no quieren ver daño en sus cultivos y los "inversionistas", o sea aquellos que aplican pero esperan ganancias de su inversión en insumos. Los segundos hacen un uso más racional de los insecticidas que los primeros.

Dent (1991) hace una excelente revisión sobre las actitudes de los agricultores con respecto al daño causado por insectos. Comienza por decir que uno de los mayores temores de los agricultores es a perder su cultivo y que quieren a toda costa reducir el riesgo de que esto ocurra, lo cual es apenas natural. Los insecticidas son herramientas que los agricultores encuentran muy útiles para lograr reducir ese riesgo. Es por esto que los agricultores adversos al riesgo aplican apenas ven los primeros signos de daño al cultivo sin tener en cuenta el número de insectos presentes en él. Se llega al extremo de aplicar en forma profiláctica, tomando la aplicación como una especie de póliza de seguro contra un riesgo que en muchos casos el agricultor magnifica en su mente.

Varios estudios indican claramente que la mayoría de los agricultores son adversos al riesgo y no son maximizadores de ganancias, recurriendo al uso de insecticidas aún cuando no haya necesidad de ellos. Más aún, Dent (1991,) conceptúa que cuando un agricultor o técnico es adverso al riesgo pone mayor énfasis en opciones de control que den protección total aún cuando al hacerlo así, gaste más en insumos y gane menos (Figura 1). El agricultor adverso al riesgo está interesado en minimizar la variación en sus ingresos mientras que el agricultor que asume riesgos se concentra en obtener un ingreso promedio

alto utilizando una estrategia de control. Si es neutral al riesgo, las medidas de control que adopte producirán en promedio ingresos que excederán suficientemente a los costos.

La aversión al riesgo se origina por el miedo a perder y ésta, a su vez nace de la incertidumbre sobre el comportamiento de las poblaciones de plagas. A mayor incertidumbre, mayor uso de insecticidas porque aumentan las dudas sobre el valor económico o efectividad del método de control (Tisdell, 1986). En algunos casos la incertidumbre puede afectar agricultores que normalmente muestran una actitud de neutralidad hacia el riesgo y convertirlos en adversos a él.

El fenómeno de la aversión al riesgo nace de la preferencia de los agricultores por manejar los recursos de producción y por escoger entre diversas opciones de control de una manera tal que les permita **asegurar** retornos económicos suficientes que cubran los costos y las necesidades de subsistencia. Pero como señalan Moscardi y Janvry (1977), el problema radica en los excesos en que se incurre cuando la aversión es muy alta o extrema.

Pannell (1991) distingue las siguientes clases de agricultores según sea su actitud hacia el riesgo:

1. Aquellos que no muestran aversión y prefieren correr riesgos.
2. Aquellos que muestran aversión y prefieren gastar en insumos con tal de maximizar la producción.
3. Aquellos que muestran aversión extrema e incurren en excesivos costos porque quieren maximizar la utilidad sin tener en cuenta que sus costos pueden resultar excesivos.

Estos últimos tienden a hacer un uso calendario de insecticidas aunque como veremos después no todos los autores aceptan que el riesgo sea la principal fuerza motivadora del excesivo uso de plaguicidas. La aversión al riesgo puede ser tan extrema que puede llegar al grado que Pannell (1991) denomina maximin o sea el grupo de aquellos que quieren maximizar un retorno mínimo. Se contentan con un retorno mínimo con tal de que sea ganancia, no importan los costos.

Es importante recalcar que la aversión al riesgo no necesariamente maximiza las ganancias porque se puede incurrir en costos excesivos, lo cual, como es lógico, da lugar a menores ganancias netas (Webster, 1977; Osteen et al., 1988). El agricultor adverso al riesgo tiende a exagerar la capacidad de daño de la plaga y quiere acabar con ella recurriendo al uso de un método rápido y generalmente efectivo como son los insecticidas. Al mismo tiempo, la aversión al riesgo puede dar lugar a la utilización de dosis excesivas, lo cual reduce las utilidades (Figura 2) y aumenta los riesgos ambientales y a la salud (Osteen et al., 1988).

FACTORES QUE AUMENTAN LA AVERSION AL RIESGO

De acuerdo con Moscardi y Janvry (1977) algunos de los factores que afectan la aversión al riesgo son:

1. La edad. Las personas mayores son más adversas al riesgo.
2. La educación. Las personas educadas son menos adversas al riesgo.
3. La situación de familia. Entre más hijos tenga una persona, más adversa al riesgo será.
4. La capacidad económica. Los pobres son más adversos al riesgo.
5. La participación en empresas comunitarias. Los agricultores que tienen intereses comunitarios son menos adversos que aquellos que trabajan como individuos aislados.

En general, agricultores de subsistencia son más adversos al riesgo que los agricultores pequeños y estos a su vez más adversos que los que denominamos agricultores empresariales (Dillon y Scandizzo, 1987).

Un factor que influye mucho en la actitud hacia el riesgo es el grado de "dramatismo" en el daño que causan las plagas. El agricultor será más reacio a correr riesgos con un insecto que él ve fácilmente y cuyo daño es dramático que con insectos que ni siquiera ve o cuyo daño es difícil de detectar.

La misma naturaleza humana es un factor. Así como al ser humano le estremece la muerte de un ser querido y apenas si le presta atención a la noticia sobre la muerte de 100.000 chinos en un desastre natural, así mismo los agricultores muestran mucha aversión al riesgo económico y poca o ninguna importancia le dan a los riesgos ambientales o de salud cuando de usar insecticidas se trata. Esto fue demostrado por Tait (1982) en un estudio sobre la aversión al riesgo en una comunidad británica en la cual se hace control químico de áfidos en *Brassica* sp. (Figura 3).

MEDICION DE LA AVERSION AL RIESGO

Hay dos formas básicas de medir el grado de aversión al riesgo:

Método directo: se hacen encuestas en las cuales se pide a un número sustancial de agricultores que tomen decisiones sobre un número grande de opciones y esquemas de seguridad en la producción del cultivo(s).

Método indirecto: consiste en el cálculo del parámetro denominado grado o índice de aversión al riesgo (r). Los economistas usan la siguiente fórmula (Moscardi y Janvry, 1977):

$$r = \frac{1}{\phi} \left(1 - \frac{P_i X_i}{P f_i M_y} \right)$$

En la cual:

r = índice de aversión al riesgo

ϕ = coeficiente de variación del rendimiento

P_i = factores de precio del producto cosechado

X_i = valor de los insumos

P = precio del producto cosechado

f_i = elasticidad de producción del insumo i

M_y = medida del ingreso neto de la población estudiada

Binswanger (1980) clasifica los índices de aversión al riesgo de la siguiente manera:

| Índice de aversión al riesgo | Clasificación de la aversión al riesgo |
|------------------------------|--|
| 7.51 - ∞ | Extrema |
| 1.71 - 7.5 | Severa |
| 0.81 - 1.7 | Intermedia |
| 0.31 - 0.8 | Moderada |
| 0.1 - 0.3 | Neutral a ligera |
| - ∞ - 0 | Negativa a neutral |

Los índices así calculados se utilizan para adelantar estudios sobre la importancia del riesgo en la toma de decisiones y en la comparación de alternativas de control (Moffitt et al., 1983). Pannell (1991), hizo una interesante revisión sobre los métodos denominados Bayesiano, Estocástico, Programación Dinámica, Analítico-Numérico y de Simulación que no son discutidos en esta presentación.

LA AVERSION AL RIESGO Y EL USO DE INSECTICIDAS

Desde luego, hay variación en los grados de aversión al riesgo tal como encontraron Moscardi y Janvry (1997) (Figura 4), aunque en general se acepta que la mayoría de los agricultores son adversos (Feder, 1979; Reichelderfer, 1980; Pannell, 1991 ; Dent, 1991, otros autores) y se reconoce que los insecticidas son usados a manera de pólizas de seguro contra las pérdidas causadas por insectos (Roumasset, 1976; Mumford, 1981; Lazarus y Swanson, 1983, otros autores).

Si bien se acepta por muchos autores que los insecticidas reducen riesgo económico, hay algunos como Webster (1977) que opina que esto no es así. Este autor concluyó que por lo menos en el caso del uso de fungicidas para cereales en Inglaterra la decisión de aplicar o no aplicar no dependía de la aversión al riesgo. En forma semejante, Tisdell (1986), Plant (1986) y Pannell (1991) consideran que es la incertidumbre y no la aversión la que motiva el uso de insecticidas y hace que en algunos casos un agricultor neutral al riesgo se vuelva adverso a él. Sin embargo, tal como lo expresan Norton y Mumford (1993) la explicación más aceptada sigue siendo que la aversión al riesgo es la principal motivación para que se haga uso desordenado de los insecticidas, aunque es de anotar que Pannell (1991) sugiere incluir la incertidumbre sobre factores tales como precio de cosecha, facilidad de venta del producto, clima y otros imponderables en el análisis de riesgo.

Algunos ejemplos ilustran la importancia de la aversión en el mayor uso de insecticidas: Osteen et al. (1988), encontraron una relación directa entre el grado de aversión al riesgo (índice de aversión) y la dosis y cantidad promedio de nematicida usado por agricultores en maíz (Figura 5). En ocasiones la aversión puede ser tan poderosa que actúa como agente de cambio en las prácticas de control seguidas por los agricultores. Esto fue demostrado por Lazarus y Swanson (1983). Ellos encontraron que los agricultores más adversos al riesgo fueron quienes adoptaron más fácilmente la rotación con soya y quienes bajaron los umbrales de acción para el control de *Diabrotica virgifera* LeConte y *D. longicornis* (Say) en maíz (Cuadro 1).

En estudios recientes conducidos por la Secretaría de Agricultura de Antioquia y el CIAT en el Oriente Antioqueño (resultados no publicados), se halló que los cultivadores de frijol han mantenido los mismos regímenes de aplicación intensiva contra mosca blanca a pesar de que el insecto virtualmente ha desaparecido en las tres últimas cosechas. Respuestas

tales como "porque estoy acostumbrado a aplicar", "porque lo hago con base en un calendario", "porque el cultivo necesita ser aplicado" (Cuadro 2), son indicativas de un alto grado de aversión al riesgo.

La aversión al riesgo puede tener importantes repercusiones en la economía del agricultor. Dent (1991), indica que los agricultores son adversos al riesgo y no maximizadores de ganancias y es por eso que muchas veces aplican un insecticida aunque no se necesite. El agricultor adverso al riesgo prestará mucha más atención a las opciones de control que le ofrezcan protección total aunque sus beneficios netos o ganancias disminuyan. Estará interesado en minimizar la varianza de sus ingresos mientras que el agricultor que no es adverso y quiere tomar riesgos concentrará sus esfuerzos en obtener la mayor ganancia posible de una estrategia de control de insectos. En este caso sus beneficios excederán en buena medida a los costos de control (Figura 6).

Esta es exactamente la situación que se ha encontrado en el proyecto MIP (colaboración CIAT-Programas Nacionales de Colombia, Ecuador y Perú) con respecto a la actitud de los agricultores hacia el minador del frijol, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). En 22 ensayos conducidos a través de la zona Andina se ha encontrado que este insecto no disminuye los rendimientos del frijol y se ha demostrado que, desde el punto de vista económico, siempre es más beneficioso para el agricultor abstenerse de aplicar (control natural) que hacerlo en forma rutinaria (control profiláctico) (Cuadro 3). Consistentemente, es mucho más ventajoso para el agricultor no aplicar que aplicar (Figura 7). Y sin embargo lo hacen como consecuencia de su aversión al riesgo.

La aversión puede dar al traste con programas en los cuales se involucra la resistencia varietal como principal método de control. Un ejemplo dramático es el manejo que muchos agricultores dan en Asia a variedades de arroz tolerantes a saltahojas (Herdt et al., 1984). Siguen tratándolas con insecticidas como si fueran susceptibles y de paso acaban con toda la ventaja económica que se podría derivar de la resistencia de esas variedades (Figura 8).

EL RIESGO Y EL UMBRAL DE ACCION

Lichtenberg y Zilberman (1986) resumen la respuesta al uso de insecticidas como un proceso de dos etapas: el insecticida mata insectos y es la reducción en los niveles de población lo que aumenta los rendimientos. Si tenemos una población de insectos P que es función de la densidad inicial P_0 y una función de mortalidad que depende de la dosis aplicada $M(d)$ (proporción de insectos muertos por el insecticida a la dosis d), entonces

$$P = P_0 [1 - M(d)]$$

El rendimiento real obtenido R es función del rendimiento sin insectos R_0 y la función de daño $F(D)$ que mide la pérdida de rendimiento a la densidad de población P :

$$R = R_0 [1 - F(D)]$$

La utilidad U o ganancia obtenida con el control será entonces:

$$U = R_p - dC_i - C_a - C_g$$

en donde R es el rendimiento, d es la dosis, C_i es el costo del insecticida, C_a es el costo de la aplicación y C_g son los otros costos del cultivo.

Este modelo ha sido la base para calcular el umbral de acción (UA), la población del insecto a la cual la aplicación de un control produce beneficios mayores que los costos. O como lo definen Norton y Mumford (1993): la población a la cual la aplicación de un producto reduce el valor del daño causado por el insecto en una cantidad igual al costo de control.

La literatura sobre el UA es muy extensa y no es la finalidad de este escrito revisarla en profundidad. Baste decir que como elocuentemente lo expresan Osteen et al. (1988), el UA elimina las aplicaciones profilácticas o de calendario. El uso del UA facilita el MIP, reduce los costos de control, reduce la variabilidad de los riesgos financieros y reduce los efectos ambientales adversos porque reduce y racionaliza las aplicaciones de insecticidas. Sin embargo, muchos umbrales han sido calculados y probados sin tener en cuenta la actitud del agricultor hacia el riesgo. Por esta razón, Osteen y sus colegas, así como Moffitt (1986), Mumford y Norton (1984), Waibel (1986) y otros autores, abogan por la utilización de un UA que incluya la aversión al riesgo. Al incorporar la aversión, el UA así calculado permitirá maximizar los beneficios netos esperados para un nivel dado de riesgo financiero para el agricultor (minimización del riesgo financiero para un beneficio esperado).

En general, está ampliamente aceptado que la aversión al riesgo baja los umbrales de acción porque precisamente por su aversión y temor a perder, el agricultor tiende a usar un UA cada vez más bajo y en algunos casos revierte a la práctica de hacer aplicaciones de tipo profiláctico. Irónicamente, en algunos casos los agricultores más adversos al riesgo pueden subir el UA (Figura 9) porque a medida que por su misma aversión suben la dosis, entonces se confían y tratan con menos frecuencia (Osteen et al., 1988).

LA AVERSION AL RIESGO Y EL MIP

Norgaard (1976) fue uno de los primeros en reconocer que la percepción del riesgo y la generalizada aversión al riesgo entre los agricultores es uno de los mayores obstáculos para la adopción del MIP. Como manifiestan Musser et al. (1986), el propósito del control de plagas no puede ser ni la maximización de las utilidades ni la aversión total. Tiene que haber un punto medio y racional: el MIP. Pero a éste se opone la aversión porque ésta refleja una actitud de "seguridad primero". Los agricultores que adoptan el MIP lo hacen porque creen que aumenta o por lo menos mantiene las utilidades y reduce el riesgo de pérdida. Los adversos al riesgo no lo adoptan porque consideran que los sacrificios que hacen en términos de utilidades no compensan la reducción del riesgo. Algunos creen firmemente que se aumentan los riesgos.

Sin embargo, el panorama no es completamente oscuro. Greene et al. (1985) encontraron que en soya, los agricultores que adoptaron el MIP no lo hicieron por razones de salud, ni por efectos ambientales de los insecticidas, sino por razones económicas. En este caso, aún los más adversos al riesgo adoptaron el sistema porque le vieron ventajas económicas. A conclusiones similares llegaron Cochran et al (1985) y Antle (1988). Todos coinciden en que en estos casos el valor de la información que se da a los agricultores se vuelve crítico en especial el que se da a agricultores adversos al riesgo.

COMENTARIO FINAL

Habiendo hecho un rápido repaso de la naturaleza de la aversión al riesgo, es la opinión del autor que éste es un tema de la Entomología Económica al cual no hemos prestado suficiente atención en Colombia. Dados los problemas que hay en nuestras laderas con el indiscriminado e irracional uso de insecticidas por parte de pequeños agricultores, se hace necesario adelantar estudios que faciliten los programas de implementación de MIP y de métodos de racionalizar el uso del control químico. De otra manera, el fenómeno de la aversión al riesgo seguirá allí obstaculizando los esfuerzos que se hagan con este noble fin.

REFERENCIAS CITADAS

- Antle, J. M. 1988. Integrated pest management: it needs to recognize risks, too. *Choices* 3: 8-11.
- Binswanger, H. P. 1980. Attitudes toward risk: experimental measurement in rural India. *Am. J. Agric. Econ.* 62: 395-407.
- Cochran, M. J., L. J. Robinson & W. Lodwick. 1985. Improving the efficiency of stochastic dominance techniques using convex set stochastic dominance. *Am. J. Agric. Econ.* 67: 289-295.
- Dent, D. 1991. *Insect Pest Management*. CAB International. Wallingford. Redwood Press Ltd. Wilshire, U.K. 604 p.
- Dillon, J. L. & P. L. Scandizzo. 1987. Risk attitudes of subsistence farmers in N. E. Brazil: a sampling approach. *Amer. J. Agric. Econ.* 69: 28-45.
- Feder, G. 1979. Pesticides, information, and pest management under uncertainty. *Am. J. Agric. Econ.* 61: 97-103.
- Greene, C. R., R. A. Kramer, G. W. Norton, E. G. Rajotte & R. M. McPherson. 1985. An economic analysis of soybean integrated pest management. *Amer. J. Agric. Econ.* 67: 567-572.
- Herd, R. W., L. L. Castillo & S. K. Jayasuriya. 1984. The economics of insect control on rice in the Phillipines. pp. 41-56 *En: Proc. FAO/IRRI Workshop on Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice*. IRRI. The Phillipines.
- Lazarus, W. F. & E. R. Swanson. 1983. Insecticide use and crop rotation under risk: rootworm control in corn. *Am. J. Agric. Econ.* 65: 738-747.
- Lichtenberg, E. & D. Zilberman. 1986. The econometrics of damage control: why specification matters. *Am. J. Agric. Econ.* 68: 261-273.
- Moffitt, L. J. 1986. Risk efficient thresholds for pest control decisions. *J. Agric. Econ.* 37: 69-75.
- Moffitt, L. J., L. K. Tanigoshi & J. L. Baritelle. 1983. Incorporating risk in comparisons

- of alternative pest control methods. *Environ. Entomol.* 12: 1003-1011.
- Moscardi, E. & A. de Janvry. 1977. Attitudes toward risk among peasants: an econometric approach. *Am. J. Agric. Econ.* 59: 710-716.
- Mumford, J. D. 1981. Pest control decision making: sugar beet in England. *J. Agric. Econ.* 32: 31-41.
- Mumford, J. D. & G. A. Norton. 1984. Economics of decision making in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 157-174.
- Musser, W. N., M. E. Wetzstein, M. E. Reece, S. Y. Varca, P. E. Edwards & G. K. Douce. 1986. Beliefs of farmers and adoption of integrated pest management. *Agric. Econ. Res.* 38: 34-44.
- Norgaard, R. B. 1976. The economics of improving pesticide use. *Ann. Rev. Entomol.* 21: 45-60.
- Norton, G. A. & J. D. Mumford. 1993. Decision analysis techniques. *En: Decision Tools for Pest Management* (Norton, G. A. & J. D. Mumford, Eds.). CAB International. University Press, Cambridge, U. K. pp. 43-68
- Osteen, C. D., L. J. Moffitt & A. W. Johnson. 1988. Risk efficient action thresholds for nematode management. *J. Prod. Agric.* 1: 332-338.
- Pannell, D. J. 1991. Pests and pesticides, risk and risk aversion. *Agric. Econ.* 5: 361-383.
- Plant, R. E. 1986. Uncertainty and the economic threshold. *J. Econ. Entomol.* 79: 1-6.
- Reichelderfer, K. H. 1980. Economics of integrated pest management: discussion. *Am. J. Agric. Econ.* 62: 1012-1013.
- Roumasset, J. A. 1976. Rice and Risk. *Decision Making Among Low Income Farmers.* North Holland Publ. Co. Amsterdam. 251 p.
- Tait, E. J. 1982. Farmer's attitudes and crop protection decision making. *En: Decision Making in the Practice of Crop Protection.* Monograph No. 25. British Crop Protection Council. Lavenham Press, Ltd. Lavenham, Suffolk, U. K. pp. 43-52.

- Tisdell, C. 1986. Levels of pest control and uncertainty of benefits. *Aust. J. Agric. Econ.* 30: 157-161.
- Waibel, H. 1986. *The Economics of Integrated Pest Control in Irrigated Rice: A Case Study from the Phillipines.* Crop Prot. Monographs. Berli, Springer-Verlag. 175 p.
- Webster, J. P. 1977. The analysis of risky farm management decisions: advising farmers about the use of pesticides. *J. Agric. Econ.* 28: 243-259.

Cuadro 1. Influencia de la aversión al riesgo en las decisiones de control de *Diabrotica virgifera* y *D. longicornis* en maíz. (Adaptado de Lazarus y Swanson, 1983).

| Parámetro | Coeficiente de aversión al riesgo | | |
|--|-----------------------------------|----------------|----------------------|
| | 0 (neutral) | 1.0 (aversión) | 2.0 (mucho aversión) |
| CONTROL CULTURAL | | | |
| % rotando con soya | 23.0 | 35.0 | 42.0 |
| CONTROL QUIMICO. U. A. (adultos/planta) | | | |
| insecticida | 0.7-1.0 | 0.3-0.7 | 0.3-0.7 |
| rotación | 6.2-7.0 | 5.0-5.6 | 4.5-5.0 |

Cuadro 2. Razones que dan los productores de frijol para continuar aplicando con intensidad contra la mosca blanca después de tres siembras con muy baja infestación. Oriente Antioqueño, Diciembre de 1993. n = 99.

| Razones para aplicar | No de agricultores | % de agricultores |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| "Porque estoy acostumbrado a aplicar" | 25 | 25.2 |
| "Porque aplico por calendario" | 50 | 50.5 |
| "Porque el cultivo lo necesita" | 13 | 13.1 |
| "Por el clima" | 5 | 5.0 |
| "Para obtener control total" | 4 | 4.0 |
| "La verdad que no sé" | 2 | 2.0 |

Cuadro 3. Relaciones beneficio/costo para dos estrategias de manejo del minador *Liriomyza huidobrensis*.

| País Región | No de ensayos | Relaciones beneficio/costo | |
|---------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | | Control profiláctico ¹ | Control natural ² |
| COLOMBIA | | | |
| Sumapaz | 8 | 1.04 | 1.32 |
| ECUADOR | | | |
| Loja | 6 | 1.4 | 2.2 |
| PERU | | | |
| Lambayeque-Trujillo | 4 | 1.0 | 1.3 |
| Chincha-Cañete | 4 | 0.8 | 1.9 |

¹ Control profiláctico: aplicaciones calendario

² Control natural: sin aplicaciones

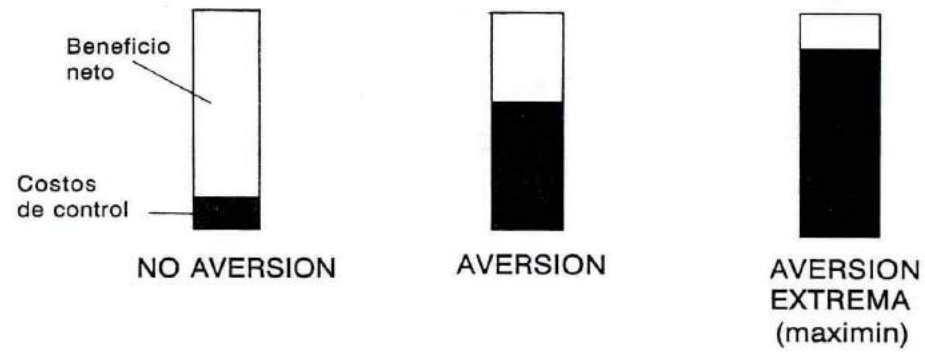


Figura 1. Efecto de la aversión al riesgo sobre costos y beneficios netos

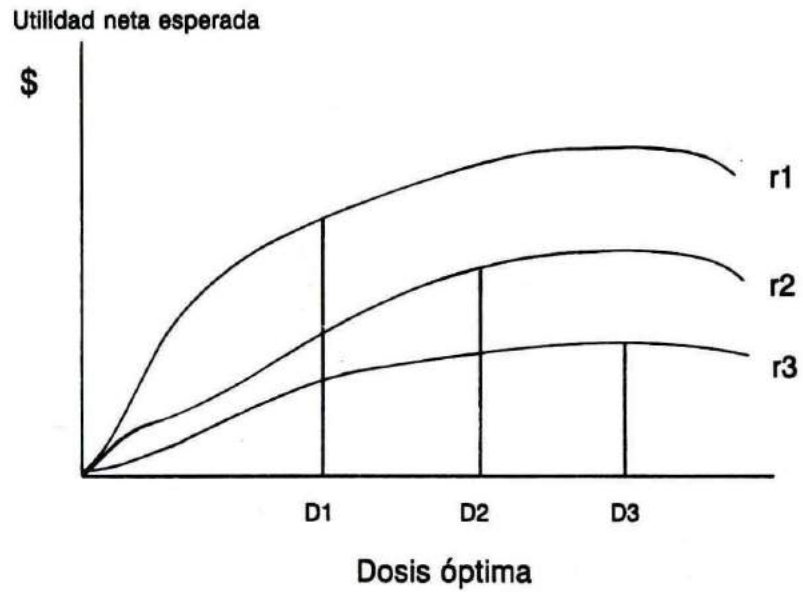


Figura 2. Efecto de la aversión al riesgo sobre la dosis óptima y la utilidad neta.

r = índice de aversión; $r_3 > r_2 > r_1$. Osteen et al. (1988).

Indice de aversión al riesgo

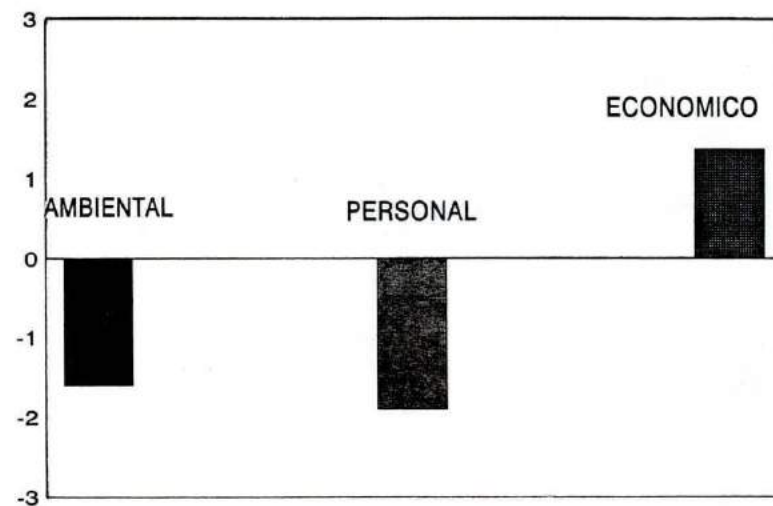


Figura 3. Actitud de agricultores ingleses con respecto a tres clases de riesgo en el uso de insecticidas para control de áfidos en Brassica. (Tait, 1982).

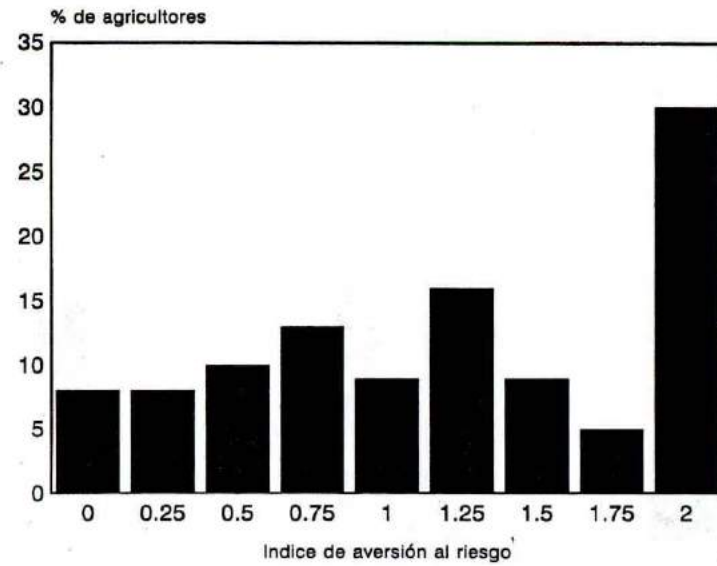


Figura 4. Aversión al riesgo en una comunidad campesina del Brasil

(Adaptado de Moscardi & Janvry, 1977)

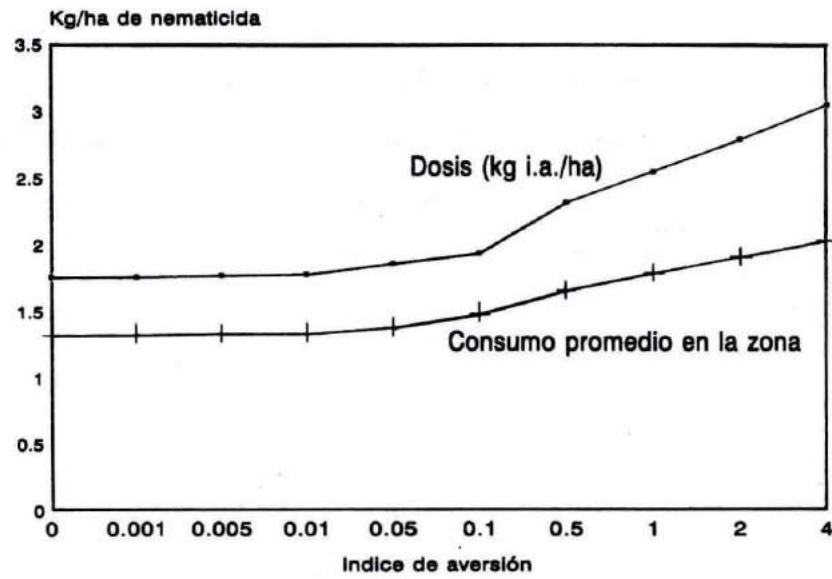
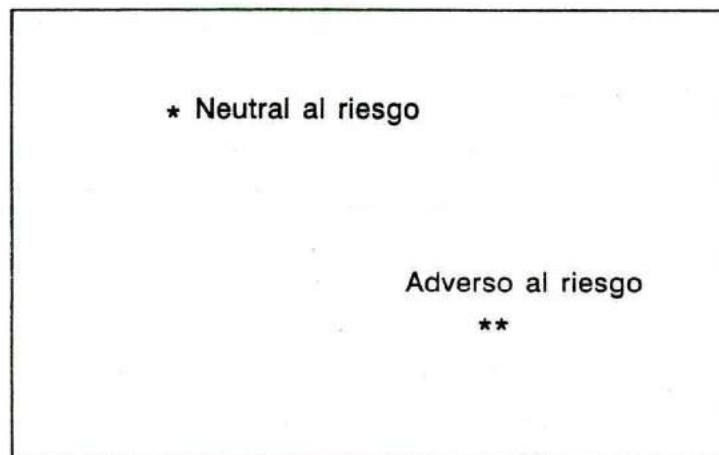


Figura 5. Relación entre la aversión al riesgo y el consumo de nematocidas en maíz (Osteen et al., 1988).

Beneficio Neto (\$)



Costo (\$)

Figura 6. Relación costo beneficio para dos actitudes hacia el riesgo en control de plagas (Dent, 1991).

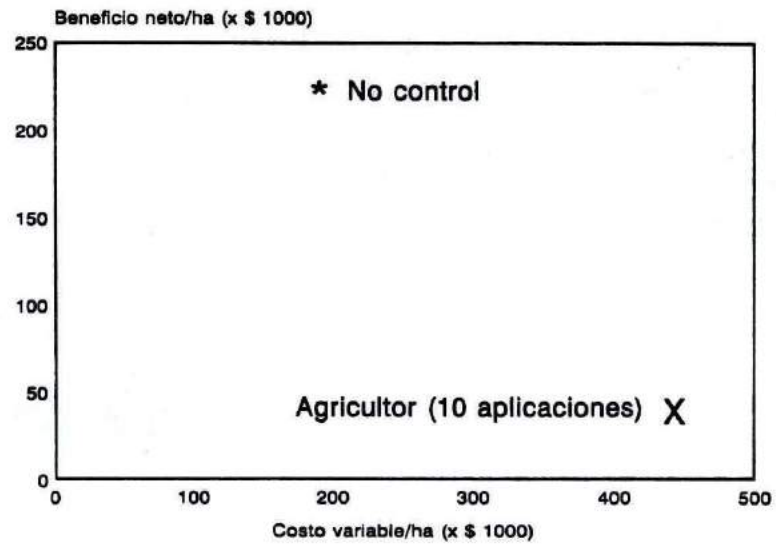


Figura 7. Relación costo-beneficio para dos estrategias de manejo de minador del frijol en Sumapaz, Colombia

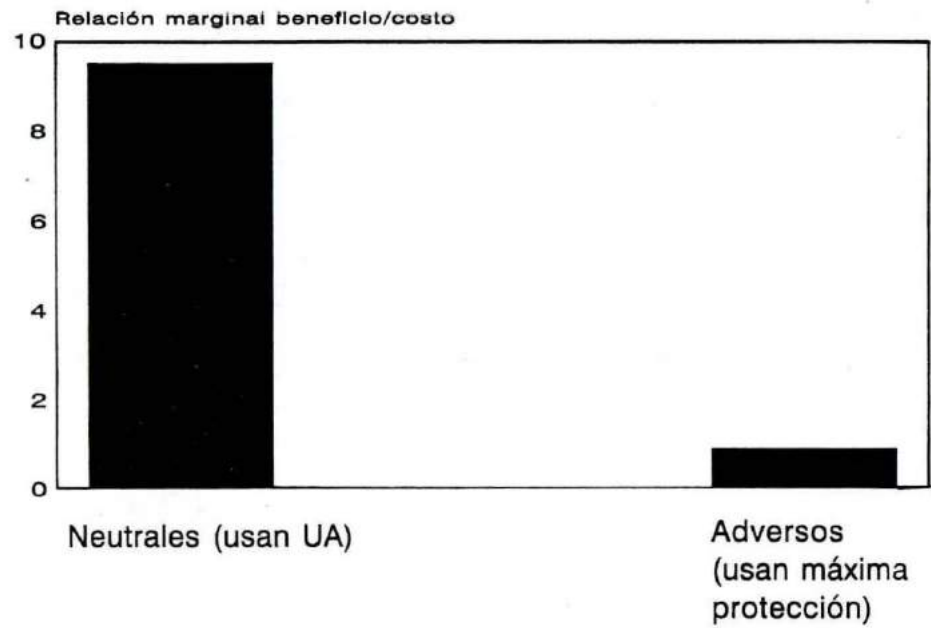


Figura 8. Efecto de la actitud al riesgo en la productividad económica de arroz tolerantes a saltahojas en Filipinas (Adaptado de Herdt et al., 1984)

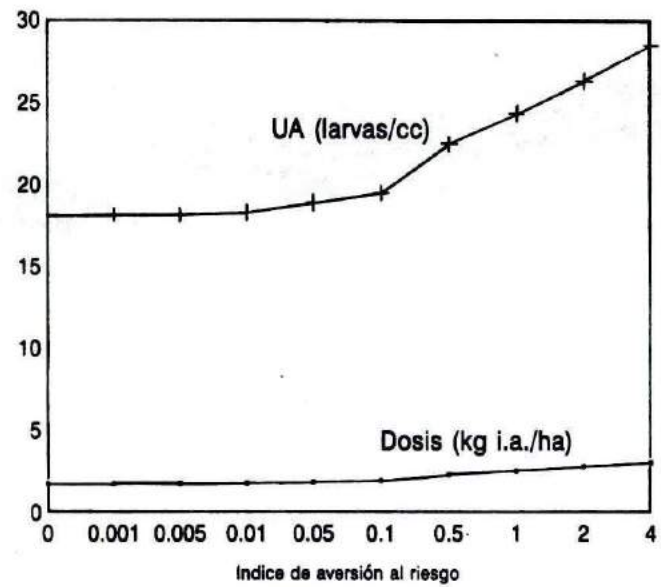


Figura 9. Efecto de la aversión al riesgo sobre el umbral de acción para el control de nemátodos en maíz (Osteen et al., 1988)

**SIMPOSIO
PLAGAS
RIZOFAGAS**

ASPECTOS BIOLÓGICOS SOBRE SCARABAEIDAE (*sensu lato*) (INSECTA: COLEOPTERA)

Miguel Angel Morón¹

Los Scarabaeidae, en el sentido amplio, representan uno de los grupos de insectos con aspecto, coloración y tamaño más variables. Esta diversidad de aspectos también se refleja en su biología, ya que sus hábitos de alimentación comprenden una amplia gama de especialidades en la fitofagia y la saprofagia, además de que pueden explotar exitosamente los excrementos y cadáveres de vertebrados e invertebrados, así como las asociaciones con insectos sociales, entre las cuales se han observado evidencias de depredación.

Por ello, no es difícil emplear este grupo como ejemplo de las capacidades evolutivas de los insectos holometábolos, ya que además se les encuentra en casi todos los ambientes epicontinentales incluyendo, con limitaciones, los dulceacuícolas y cavernícolas.

Desde el punto de vista anatómico y fisiológico, también son excepcionales, ya que los insectos más voluminosos y pesados en estado larvario o adulto, son escarabeidos. Una larva de *Megasoma elephas* en su máxima etapa de desarrollo puede pesar 74 g, y el adulto con sus 20 g de peso y una expansión alar de 25 cm, representa uno de los insectos voladores con la mayor relación peso-volumen conocida, posiblemente situada en el límite fisiológico para permitir el vuelo artropodiano (1). Muchas especies de aves y murciélagos son más ligeros que este escarabajo, por ejemplo el colibrí *Panterpe insignis* pesa de 5 a 6 g y tiene una envergadura de 12 cm, y el murciélago *Myotis nigricans* pesa de 3 a 5 g con una envergadura de 11 a 12 cm.

Es importante señalar que entre los factores anatómicos que caracterizan al grupo se destaca el desarrollo de la región proctodeal del tubo digestivo larvario, en forma de una amplia cámara de fermentación dilatada, desarrollada a partir de un sector del colon. La presencia de esta cámara o dilatación proctodeal y sus peculiaridades histológicas, permiten suponer una antigua y estrecha relación con microorganismos simbiotes, que proveen una parte importante de los nutrientes para el desarrollo de la larva (2). La existencia de este rumen implica una baja eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes, que propicia dos factores de gran importancia ecológica: la necesidad de consumir una gran cantidad de substrato, y la producción de gran cantidad de heces fecales ricas en nutrientes. La conjunción de estos dos fenómenos con la notable biomasa de las larvas y sus poblaciones numerosas, les otorgan una gran importancia como recicladores de materia y enriquecedores del suelo, en muchos casos equivalentes a los oligoquetos.

¹ Departamento de Biosistemática de Insectos. Instituto de Ecología, A.C. Xalap, Veracruz, México.

A continuación presentamos un síntesis de los aspectos biológicos más relevantes de este grupo de coleópteros en América, de acuerdo con modelos de sus hábitos en estado larvario y adulto, que en general corresponden con los grupos taxonómicos de los niveles de subfamilia y tribu (3). No es fácil establecer una secuencia evolutiva entre estos hábitos, y ciertos grupos son difíciles de clasificar dentro de estos modelos, porque carecemos de información confiable acerca de los hábitos de una muestra representativa de las especies que los conforman. Por otra parte, muchas especies muestran hábitos facultativos que debemos interpretar como transicionales, dentro de la evolución de la superfamilia Scarabaeoidea o Lamellicornia.

1. SAPROFAGOS

Son especies cuyas larvas y adultos se alimentan con materia vegetal en estado avanzado de descomposición, a las cuales también podríamos calificar de humívoras. Usualmente viven en el suelo, debajo de la hojarasca o de los troncos derribados, y con frecuencia se les encuentra debajo de las cortezas desprendidas o en las grietas y hoquedades de los troncos vivos. La base de su alimentación debe proceder de la microflora. Este grupo está representado en América por los **Hybosorinae** de los géneros *Chaetodus*, *Anaides* y *Coilodes*; por algunos **Aphodiinae** del género *Ataenius*, y posiblemente por algunos miembros de **Ceratocanthinae** y **Ochodaeinae**.

2. FILO-RIZOFAGOS

Son especies cuyas larvas viven en el suelo alimentándose de raíces, bulbos y tubérculos, en tanto que los adultos consumen el follaje de angiospermas y gimnospermas. En ciertos casos las larvas pueden alternar su alimentación con la materia orgánica del suelo, y algunos adultos visitan flores o no se alimentan, en relación con lo cual muestran un tubo digestivo reducido e indiferenciado (*Hypothyce*) o tienen muy reducidas las piezas bucales (*Clavipalpus*). La base de su alimentación procede de los jugos vegetales y de la descomposición parcial de la celulosa y posiblemente de la microflora intestinal. Este "gremio" está representado en América por los **Melolonthinae**, los **Rutelinae-Anomalini**, y parte de los **Dynastinae-Cyclocephalini**.

3. FILO-XILOFAGOS

Las larvas de estas especies se alimentan de madera en descomposición y los adultos comen follaje. En algunos casos las larvas alternan su alimentación con la materia orgánica del suelo, o con los detritus de los hormigueros (vg. *Calomacraspis*) y algunos adultos visitan inflorescencias. La base de la alimentación larvaria procede de la descomposición parcial de la celulosa y posiblemente de la microflora intestinal; mientras que los adultos aprovechan los jugos vegetales (vg. *Plusiotis*) y ocasionalmente el néctar y el polen (vg. *Chasmodia*). Este "gremio" está representado en el Nuevo Mundo por los **Rutelinae-**

Rutelini (4).

4. CAULO-SAPROFAGOS

Las larvas de estas especies se alimentan con materia vegetal en descomposición, sobre todo hojarasca, tallos fermentados o madera muy podrida, mientras que los adultos barrenan tallos de vegetales vivos (vg. *Podischnus*, *Heterogomphus*). En ciertos casos las larvas se desarrollan en las acumulaciones de estiércol muy degradado, o pueden consumir las raíces y tallos subterráneos (*Strategus*). Los adultos aparentemente también pueden sobrevivir a base de humus o raíces (*Xyloryctes*). La base de la alimentación son los jugos vegetales, los productos de la descomposición parcial de la celulosa y posiblemente la microflora intestinal. Las características de este "gremio" corresponden con la mayoría de los **Dynastinae-Oryctini** americanos.

5. FLEO-XILOFAGOS

Son especies cuyas larvas se desarrollan en la madera descompuesta, y los adultos prefieren los tejidos del floema de las ramas o los escurrimientos de savia de las mismas. Las larvas de algunas especies habitan las cavidades naturales de los troncos vivos (vg. *Dynastes*), en donde al parecer consumen una mezcla de humus, madera podrida y tejidos xilosos aún activos (5). Los adultos emplean sus piezas bucales para retirar la corteza de las ramas y alcanzar los tejidos blandos del floema, a la vez que facilitan los escurrimientos de savia (vg. *Dynastes*, *Golofa*), o cortan con sus tibias las ramas pequeñas para lamer las secreciones (vg. *Megasoma*). La base de la alimentación procede de los jugos vegetales, la descomposición parcial de la celulosa y posiblemente de la microflora intestinal. Este "gremio" está representado en América por los **Dynastinae-Dynastini**. Tal vez también los **Dynastinae-Phileurini** también pertenezcan a este "gremio", aunque con cierto grado de derivación, porque las larvas de algunos de ellos se asocian con termiteros celulósicos suspendidos (vg. *Homophileurus*) (6) y ciertos adultos se han observado depredando las larvas e imagos de otros coleópteros con ayuda de sus poderosas y afiladas mandíbulas y maxilas (vg. *Hemiphileurus*, *Phileurus*).

6. RIZOFAGOS

Incluimos aquí a las especies cuyas larvas y adultos se alimentan con raíces, aunque existe la posibilidad de que también incluyan materia humificada. La base de su nutrición procede de los jugos vegetales, de la descomposición parcial de la celulosa y probablemente de la microflora intestinal. Hasta el momento solo podemos incluir en este "gremio" a varios géneros de los **Dynastinae-Pentodontini** (vg. *Orizabus*, *Euetheola*, *Ligyris*).

7. SAPRO-MELIFAGOS

Son aquellas especies cuyas larvas consumen desechos vegetales muy degradados, en tanto que los adultos buscan escurrimientos de savia, frutos muy maduros en vías de fermentación, o el néctar floral. Las larvas de algunas especies habitan dentro del suelo o debajo de la capa de hojarasca, en tanto que otras prefieren las acumulaciones de los desechos de hormigueros, o el material humificado que se acumula en las axilas de las epífitas. También se han observado larvas que pueden aprovechar las raíces (vg. *Cotinis*). Entre los adultos es característico que las mandíbulas y maxilas estén adelgazadas y adaptadas para consumir substratos viscosos o líquidos. La base de la nutrición de los adultos consiste en líquidos con alta concentración de azúcares y levaduras, mientras que en las larvas depende básicamente de la actividad de la microflora. En América este "gremio" está representado por casi todos los miembros de la subfamilia **Cetoniinae**, exceptuando a los *Cremastochilini*.

8. SAPRO-ANTOFAGOS

Incluye aquellas especies cuyas larvas se desarrollan en el suelo, consumiendo desechos vegetales humificados, y los adultos visitan las flores y las inflorescencias para consumir los tejidos suaves, el néctar y posiblemente el polen. Es probable que algunas larvas también consuman raíces. La base de su nutrición se encuentra en los productos de la degradación celulósica, la microflora y los jugos vegetales. Este "gremio" está representado por varias especies de **Dynastinae-Cyclocephalini** exclusivamente americanas (vg. *Cyclocephala*, *Aspidolea*).

9. XILO-MELIFAGOS

Aquí podemos considerar a las especies cuyas larvas se desarrollan dentro de los tejidos xilosos en descomposición, en tanto que los adultos buscan escurrimientos de savia, a pesar de que sus piezas bucales no están modificadas como en los *Cetoniinae*. La base de su alimentación se deriva de la descomposición parcial de la celulosa, la microflora intestinal y los azúcares de los jugos vegetales. Están representados en América por varios géneros de **Trichiinae** (vg. *Inca*, *Trigonopeltastes*).

10. ENTOMOFAGOS

Aún cuando solo se conocen los ciclos vitales completos de pocas especies incluídas en este "gremio", existen evidencias de que cuando menos los adultos de ciertas especies americanas de *Cremastochilus* (**Cetoniinae, Cremastochilini**), se alimentan con los estados inmaduros de las hormigas (*Formica* spp.). Estos hábitos implican un conjunto de adaptaciones morfológicas y conductuales que les facilitan el ingreso y la permanencia dentro de los hormigueros, evitando o resistiendo las estrategias defensivas de las

hormigas. La base de la alimentación de las larvas proviene de los restos vegetales que desechan de sus huéspedes, mientras que los adultos obtienen una gran cantidad de nutrientes de sus presas (7). Para reforzar la relación entre los hábitos depredadores de esta tribu, se ha observado en la India que los adultos de *Spilophorus* consumen las ninfas de *Oxyrhachis tarandus* (Homoptera: Membracidae) (8).

11. TELIONECROFAGOS

Son especies cuyas larvas y adultos se desarrollan en los últimos restos de los cadáveres de vertebrados o en los nidos de aves y en las madrigueras de los mamíferos. Se les encuentra con frecuencia en las egagrópilas de rapaces y en las excretas de carnívoros. Al parecer la base de su alimentación son los restos queratinosos (piel, pelo, plumas, escamas) y las partículas de tejido muscular y cartilaginoso ya resacas, que deben ser procesados con ayuda de la microflora intestinal (9). Están representados en América por especies de **Troginae**.

12. COPRO-NECROFAGOS

Incluye a aquellas especies cuyas larvas se desarrollan en nidos aprovisionados por los adultos con excrementos de diversos tipos (vg. *Phanaeus*, *Copris*, *Megatrupes*), y algunas veces con carroña de vertebrados e invertebrados (vg. *Canthon*), o con materiales vegetales frescos macerados por los adultos (vg. *Neoathyreus*). Por su parte, los adultos consumen estiércol fresco (vg. *Dichotomius*), carroña (vg. *Coprophanæus*, *Deltophilum*), frutos y hongos fermentados o materia vegetal en descomposición (vg. *Onthophagus*, *Liatongus*). La base de la alimentación de los adultos está constituida por los microorganismos que se desarrollan en el excremento o en la carne corrompida, mientras que las larvas generalmente toman los nutrientes de la descomposición de los restos vegetales contenidos en el estiércol, y de la microflora intestinal (10). Este "gremio" esta representado en América por la mayor parte de las especies de **Scarabaeinae** y **Geotrupinae**.

13. SAPRO-ENDOCOPRIDOS

Abarca las especies cuyas larvas se alimentan de suelo orgánico, estiércol o raíces, y los adultos consumen diversos tipos de materia orgánica en descomposición, incluyendo el estiércol, pero a diferencia del "gremio" anterior, no construyen nidos para colocar sus huevos, pero en alguna etapa de su vida están relacionadas con los excrementos. Su nutrición se basa en la descomposición de los restos vegetales y en la microflora intestinal. Algunas especies de *Aphodius* se consideran como kleptoparásitas de los nidos de **Scarabaeinae** y **Geotrupinae**. Están representados en América por una buena parte de las especies de **Aphodiinae**.

Además existe un buen número de ejemplos de especies con hábitos particulares, que difieren de los modelos hasta aquí citados, como algunos Aphodiinae que viven en los termiteros, o los Bolboceratinos que consumen hongos subterráneos, pero que hasta ahora representan casos más o menos aislados, que no permiten configurar un "gremio" dentro de una región o localidad.

Las evidencias disponibles nos sugieren que los hábitos de alimentación en las larvas de los Scarabaeoidea o Lamellicornia pueden haber evolucionado a partir de un prototipo saprófago, con las piezas bucales aptas para cortar substratos duros y con un tubo digestivo donde la cámara de fermentación era una incipiente, tal vez parecida a la de los actuales **Glaphyrinae** (11). En las larvas más especializadas realmente no existen cambios importantes en la morfología bucal, pero si se observan modificaciones importantes en el intestino, como es el caso de los fleo-xilófagos (12). En cuanto a los adultos, se ha propuesto una secuencia evolutiva para explicar el paso de una dieta dura a una dieta suave, de la saprofagia a la coprofagia (13), que también se inicia con las piezas bucales desarrolladas para procesar substratos duros, de donde derivan las reducciones y modificaciones membranosas similares a cucharillas que muestran los Scarabaeinae coprófagos y los Cetoniinae melífagos. El tubo digestivo de algunos adultos especializados en la coprofagia muestra un alargamiento considerable (vg. *Coprophanæus*) (14) que posiblemente permite extraer más nutrientes de un substrato más fluido, pero este fenómeno no ha sido comprobado en las especies melífagas.

A manera de conclusión podríamos insistir en que el ancestro de los Scarabaeoidea tuvo un morfo-anatomía versátil con gran capacidad de diversificación, que les ha permitido adaptarse perfectamente al medio durante casi 200 millones de años. En este contexto destaca la larva escarabaeiforme como un éxito evolutivo.

Referencias.

BIBLIOGRAFIA

7. Alpert, G.D. & P. O. Ritcher, 1975. Notes on the life cycle and myrmecophilous adaptations of *Cremastocheilus armatus* (Col.:Scarabaeidae). *Psyche*, 82 (3-4): 283-291
11. Areekul, S. 1957. The comparative internal larval anatomy of several genera of Scarabaeidae (Col.). *An. Entomol. Soc. Amer.* 50: 562-577
9. Baker, C.W. 1968. Larval taxonomy of the Troginae in North America with notes on biologies and life histories (Col. Scarabaeidae). *U.S. Nat. Mus. Bull.* 279: 1-79
2. Bayon, C. 1981. Ultrastructure de l'épithélium intestinal et flore pariétale chez la larva xylophage d' *Oryctes nasicornis* L. (Col. Scarab.) *Int.J.Insect Morphol & Embryol.* 10(5-6): 359- 371
13. Cambefort, Y. 1991. From saprophagy to coprophagy. IN: Hanski, I. & Y. Cambefort (Eds.) *Dung beetle ecology*. Princeton Univ. Press. New Jersey. pp.22-35
14. Edmonds, W.D. 1974. Internal anatomy of *Coprophanæus lancifer* (L.) (Col. Scarab.) *Int. J. Insect Morph. & Embriol.* 3 (2): 257-272
8. Ghorpade, K.D. 1975. A remarkable predacious Cetoniid, *Spilophorus maculatus* (G & P) from Souther India (Col. Scarabaeidae). *Coleopt. Bull.* 29(4): 226-230
10. Halffter, G. Y E. G. Matthews, 1966. The Natural History of Dung Beetles of the subfamily Scarabaeinae. *Folia Entomol. Mex.* 12-14: 1-312
12. López-Guerrero, Y. y M. A. Morón. 1990. Estudio morfológico e histológico del aparato digestivo larvario de *Dynastes hyllus* Chev. (Col.: Melolonthidae, Dynastinae). *Folia Entomol. Mex.* 79: 65-83
1. Morón, M.A. 1984. *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. Publ. 14. Inst. Ecología, México. 131 pp.
3. Morón, M.A. y C. Deloya, 1991. Los Coleópteros Lamellicornios de la Reserva de la Biosfera "La Michilía", Durango, México. *Folia Entomol. Mex.* 81: 209-283

4. Morón, M.A. 1991. Estudio biogeográfico-ecológico preliminar del género *Plusiotis* Burmeister (Col.: Melolonthidae, Rutelinae). G. it. Ent. 5: 309-323
5. Morón, M.A. 1987. Los estados inmaduros de *Dynastes hyllus* Chevrolat (Col. Melolonthidae, Dynastinae) con observaciones sobre su biología y el crecimiento alométrico del imago. Folia Entomol. Mex. 72: 33-74
6. Vanin, S.A., C. Costa & L.R. Fontes, 1983. Larvae of Neotropical Coleoptera. VI. Scarabaeidae, Dynastinae, Phileurini. Papéis Avulsos Zool. S. Paulo, 35 (5):55-72

ESCARABAJOS (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) DE IMPORTANCIA AGRICOLA EN COLOMBIA¹

Luis Carlos Pardo Locarno²

INTRODUCCION

Los escarabajos son insectos coleópteros, que presentan el primer par de alas endurecidas, las cuales sirven de protección o estuche al segundo par, útil en el vuelo; se diferencian del resto de los coleópteros porque al final de la antena tienen una serie de laminillas o lamelas en forma de mazo. Lo anterior sustenta la denominación de Lamellicornios que se le ha dado a estos coleópteros en cuyo grupo o superfamilia se incluye Passalidae, Lucanidae, Scarabaeidae y Melolonthidae.

Los escarabajos conforman un grupo de importantísimo interés ecológico dado que la mayoría de sus especies se ocupan de biodegradar sustratos orgánicos cuyos elementos nutritivos rescatan para reincorporarlos a las cadenas tróficas en los diferentes ecosistemas naturales.

En Colombia, tierra de MEGADIVERSIDAD, existe igualmente una gran diversidad de escarabajos incorporados a la dinámica ecológica de selvas y montes, entre los que sobresalen especies notables por su valor taxonómico, museológico, estético, etc, que apenas empiezan a ser abordados por la comunidad científica nacional. Sin embargo, existe un pequeño grupo o porcentaje de especies que, sometidas a procesos antrópicos de simplificación ecológica (agroecosistemas; monocultivos, potreros para ganadería) han sobrevivido asociados al consumo de raíces, follaje, flores, frutos o incluso tallos de plantas cultivadas, pasturas para ganadería, etc. Este pequeño grupo conformado aproximadamente por 24 géneros y 50 especies, pertenece a la familia Melolonthidae y expone sus mayores inconvenientes en el caso de los escarabajos cuyas larvas rizófagas limitan cultivos y pasturas en todo el país. Dado que el problema presenta tendencia al incremento se plantea la necesidad de que se implemente la investigación básica entomológica y monitoreo fitosanitario necesarios para cualificar, cuantificar el problema y sentar así las bases de un manejo racional del mismo. El objetivo principal de este documento es bosquejar el estado de avance de la investigación nacional sobre los escarabajos de interés agrícola, señalando los principales grupos, sustratos, aspectos

¹ Conferencia Magistral preparada para la Sociedad Colombiana de Entomología (XXI Congreso) adelantada en el marco del proyecto Coleopteros del Calima código 2108-05-005-8 COLCIENCIAS.

² Ingeniero Agrónomo, Investigador Asociado al Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas.

bioecológicos conocidos y posibilidades de control biológico.

GENERALIDADES

Las 35.000 especies de escarabajos, conocidos actualmente por la ciencia, exhiben una compleja variedad de colores, formas, tamaños, hábitos alimenticios, etc. y conforman un grupo de insectos especialmente diversificado en los trópicos. De acuerdo con cálculos conservadores el número total de escarabajos podría estar entre 100.000-120.000 especies faltando por descubrir cerca de 70.000 especies (Morón 1.984, Dourojeanni, 1.990). Se estima que este grupo de insectos se originó en el período Triásico, era Mesozoica, hace 200 millones de años, junto con los primeros anuros y verdaderos lagartos. A pesar de tal antigüedad los escarabajos no muestran señales de fatiga genética y al contrario se han diversificado espectacularmente en todo el planeta, ello es particularmente notable en las regiones selváticas (Crowson 1.981).

En los catálogos y literatura mundial Colombia sobresale por poseer en su territorio gran diversidad de escarabajos, la cual podría aproximarse a 1.500 especies ya registradas. La lista de escarabajos colombianos notables por su valor taxonómico, ecológico, biológico, etc, es muy larga. Sólo por hacer un ejercicio rápido pensemos que en el territorio colombiano se distribuyen algunas de las especies de escarabajos más grandes y conspicuas del planeta; por ejemplo, se consiguen tres especies de Megasoma Kirby, el escarabajo tridimensionalmente más grande: Megasoma elephas Fab. distribuido en Centroamérica y en la costa del Caribe colombiano; Megasoma mars Reiche se colecta al sur en el Amazonas; Megasoma actaeon Linnaeus, localizado en las regiones de Orinoquía y Amazonía y que incluye una subespecie distribuida en la costa Pacífica en el denominado Chocó Biogeográfico: Megasoma actaeon janus Felsche; las otras diez especies de Megasoma son de porte menor y se consiguen desde el sur de los Estados Unidos en la frontera con México hasta Argentina (Lachaume 1985). Un caso similar es el de Dynastes Kirby un género que incluye seis especies de escarabajos de las cuales dos se consiguen en Colombia: Dynastes hercules Linnaeus, el más largo de todos los Dynastinae (Longitud entre 50 y 170 mm), se distribuye ampliamente en el territorio nacional en las selvas por debajo de 1.500 m.s.n.m.; de otro lado está Dynastes neptunus Quensel, el segundo Dynastinae de mayor longitud, cuyos machos dimórficos presentan cuatro cuernos y varían de tamaño desde 55 a 160 mm; esta especie se localiza normalmente en las selvas Andinas a partir de los 1.000 m.s.n.m. y es por encima de los 1.500 m.s.n.m. la especie de escarabajo más grande que se consigue, incluso el autor de estas líneas lo ha colectado a 2.250 m.s.n.m.

Dejando atrás la espectacularidad del tamaño podemos observar que los escarabajos son mucho más en muchos aspectos. Algunas especies de tamaño moderado son de gran atractivo estético, por ejemplo Howdenipa gloriosa un hermoso Cetoniinae de coloración

verde metálica contrastada con negro, es un melífago asociado a frutos y exudados vegetales. Inca clathrata Olivier un escarabajo Trichiinae que presenta una coloración dorsal llamativa que se complementa con el dimorfismo sexual del macho, estas dos especies distribuidas en Colombia son muy apreciadas por la museología internacional.

La función ecológica de los escarabajos al igual que la del resto de la microfauna o el relevante registro del cóndor de los Andes, el oso de anteojos, etc es inestimable.

Los escarabajos degradadores de la madera bajo el suelo, a nivel del suelo o en lo alto de las selvas y montes cumplen un importantísimo papel de interés edáfico ya que aceleran el proceso de retorno de los minerales al suelo en donde plantas y otros organismos los asimilarán y su cuerpo, que reúne sustancias protéicas mucho más elaboradas y palatables que el sustrato consumido, es el bocadillo de otros organismos depredadores, parásitos, etc, que a su vez se encargan de incorporar la riqueza nutricional o energética del cuerpo del escarabajo a las cadenas tróficas. Otros escarabajos consumen frutos o follajes de plantas colaborando además con las podas naturales. Algunos, aunque de manera primitiva, sirven posiblemente de polinizadores como es el caso de algunos Cetoniinae o Cyclocephalini. Otros degradan hongos (por ejemplo los Geotrupinae del género Athyreus, Neoathyreus) y los hay que consumen estiércol y carroña en las selvas y potreros; basta con citar a los famosos escarabajos estercoleros como Oxysternon conspicillatum Weber, cucarrón muy conocido en el eje cafetero. Existen muchos otros desempeños ecológicos adelantados por los escarabajos; puede leerse al respecto Morón 1.984, Crowson 1.981, Lachaume 1.985, 1.992, Halffter y Edmonds 1.982.

Los escarabajos se agrupan en varias familias morfológicamente típicas. Los escarabajos de la familia Passalidae, los cuales viven en estado larval y adulto, en troncos descompuestos en donde excavan galerías y cuidan su progenie (V.gr. Veturius, Passalus, etc); los ciervos volantes o escarabajos Lucanidae, típicamente dimórficos y muy valorados por los coleccionistas, las larvas consumen troncos en descomposición y los adultos lamen exudados vegetales (v.gr. Cantharolethrus, Sphaenognathus, etc); los escarabajos propiamente dichos conocidos como estercoleros, peloteros, etc, se agrupan en la familia Scarabaeidae y, por último, los escarabajos rinocerontes cachones, mayenos, frijolitos, chisas, mojojyos, etc., que se agrupan en la familia Melolonthidae.

ESTATUS TAXONOMICOS Y CARACTERISTICAS DE LOS ESCARABAJOS DE INTERES AGRICOLA.

Comunmente asociados a la familia Scarabaeidae, las chisas, mojojyos, etc., desde hace ya varios años se incluyen en otra familia: Melolonthidae. Algunos autores como Crowson (1.981), la dividen en diez familias respetando a Scarabaeidae de la cual excluye entre otras a Troginae, Acanthocerinae, Geotrupinae, etc., los cuales son elevados a la categoría de

familia.

Las razones por las cuales los especialistas han adoptado los status Melolonthidae y Scarabaeidae como diferentes se explican a continuación. Los escarabajos de la familia Melolonthidae presentan al final de las antenas de tres a siete laminillas en forma de maza, casi siempre de aspecto brillante. Los estigmas respiratorios de los últimos tres segmentos abdominales se ubican en la parte lateral de los esternitos, siendo visibles cuando los élitros están cerrados. Las larvas casi siempre asociadas al suelo consumen madera en descomposición, detritos, humus, etc. En los Scarabaeidae la situación es diferente; los adultos presentan la maza antenal opaca, los estigmas respiratorios del abdomen están ubicados, por debajo de los élitros, no se pueden ver lateralmente y sobre todo los estados larvales en muchos casos reciben cuidados de sus padres, los cuales excavan túneles en donde depositan bolas nidos hechas de excrementos, carroña, hongos, etc., según la especie, este grupo se conoce vulgarmente como cucarrones estercoleros.

ESCARABAJOS O CHISAS DE INTERES AGRICOLA EN COLOMBIA

La literatura entomológica nacional relacionada con los escarabajos (Melolonthidae) de interés agrícola en Colombia es relativamente escasa. Entre las principales fuentes bibliográficas sobresale el boletín Notas y Noticias Entomológicas del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, un boletín en el cual se publica bimensualmente, el aporte de los entomólogos nacionales en cuanto a monitoreos fitosanitarios (La consulta general tuvo en cuenta otras fuentes como Posada 1.989, Revista Colombiana de Entomología, Agricultura Tropical, etc).

Con base en los registros, de más de veinte años y aproximadamente 400 citas sobre escarabajos, del boletín de Notas y Noticias Entomológicas, se concluye que los escarabajos Melolonthidae de interés agrícola en Colombia incluyen cerca de 24 géneros y 50 especies las cuales se agrupan en orden de importancia en las subfamilias Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae y Cetoniinae.

ESCARABAJOS DYNASTINAE

Este es el grupo más importante por la cantidad de especies que involucra. El principal daño lo ocasiona la larva que consume raíces y semilla vegetativa en cultivos y pasturas. Los adultos normalmente son inoocuos, se asocian a flores o frutos, muchos son fototrópicos (de noche vuelan a la luz) y en algunos pocos casos son señalados como dañinos al consumir tejidos de plantas cultivadas.

Los géneros señalados como dañinos son: Ancognatha, Cyclocephala, Dyscinetus,

Eutheola, Heterogomphus, Ligyris, Podischnus, Stenodontes y Strategus.

Ancognatha. Se distribuye normalmente entre los pisos térmicos medio a frío (1.000-3.000 m.s.n.m.). Los adultos son fototrópicos y de noche vuelan a las luces. Las larvas rizófagas son frecuentemente señaladas como dañinas en hortalizas, pasturas y cultivos como trigo, cebada, papa, etc. En Colombia se reconoce como dañinas a las especies A. nigriventris Otoyá, A. scarabaeoides Erichson, A. ustulata Burmeister y A. vulgaris Arrow.

Ancognatha scarabaeoides Erichson se localiza en el piso térmico frío (2.000-3.000 m.s.n.m. y 12°C a 17°C), ocasiona daños en hortalizas (mora castilla, alfalfa, tomate, verduras, etc), pasturas (Kikuyo, raigrás), floricultura (Clavel), y otros como cereales (cebada, trigo, papa, etc). Los daños más graves son ocasionados por la larva que consume el sistema radicular y la base de los tallos en el cuello de la raíz. Las zonas más afectadas se localizan en las partes frías de los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Antioquia, Tolima, Boyacá y Norte de Santander. Muy probablemente esta especie también ocasiona daños en otras zonas frías del Valle del Cauca, Huila, Cauca, etc. De acuerdo con las observaciones realizadas se sabe que esta especie es univoltina, (presenta una generación al año) con aparición de adultos en la Sabana de Bogotá para los meses de febrero-marzo, asociados al primer período lluvioso. Los adultos emergen del suelo en la noche para copular, esta actividad aparentemente la realizan en la madrugada; son fototrópicos y responden muy bien a la captura con trampas de luz negra. Las principales observaciones y pruebas de biocontrol se han realizado con entomopatógenos entre ellos Metarhizium anisopliae (Metch.) Sokorin, Paecilomyces sp. (Moniliaceae - Moniliales), Beauveria bassiana (Bals.) Vuill, Beauveria sp pos brongniartii (Sacc) Petch (Hyphomicetos) y el nemátodo Neoaplectana sp. (Steineinematidae). En las observaciones de campo y ensayos de laboratorio estos biocontroladores han mostrado resultados muy esperanzadores en la lucha contra las larvas de esta plaga rizófaga.

Ancognatha vulgaris Arrow, también es señalada para el piso térmico frío entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m. Sus adultos son frecuentemente observados en la Sabana de Bogotá (Cundinamarca), Pasto, Yacuanquer (Nariño), etc. También son atraídos por luz y las capturas se han presentado en los meses de Mayo-Junio y Septiembre-Octubre asociados a los períodos lluviosos; en el departamento del Valle del Cauca se logró observar que los adultos, durante el día ocultos en el sistema radicular de pastos (forraje) emergen después de las 6:30:00 P.M. al iniciar la oscuridad, en esas ocasiones los vuelos son tan abundantes que el aleteo sobre el follaje produce un sonido distintivo.

Ancognatha ustulata Burmeister. Esta especie se distribuye típicamente en las sabanas altas y zonas frías del eje andino. Las capturas hechas en la Sabana de Bogotá permiten establecer que los adultos se activan de noche, son fototrópicos y su período de aparición se asocia al primer pico lluvioso lo cual a su vez indica el carácter univoltino del ciclo. En

los ensayos realizados se observó que sus larvas son bien controladas por el hongo Metarhizium anisopliae (Metch.) Sokorin y por Paecilomyces sp. (Moniliales-Moniliaceae).

Ancognatha nigriventris Otoyá es otra de las especies de este género señaladas para la región sur de Colombia (Pasto, Yacuanquer, Ospina, Nariño). Los daños ocasionados incluyen rizofagia en trigo, cebada y pasto raigrás; los adultos se han colectado en espigas de maíz y de noche vuelan atraídos por las luces artificiales. Esta especie, descubierta por el entomólogo Colombiano Francisco Otoyá, desafortunadamente perdió validez en la última revisión de los Cyclocephalini realizada por el Doctor Sebo Endrödi (1985), aparentemente ha quedado sinonimizada con A. vulgaris Arrow y nos queda la duda de si el mencionado especialista contó con ejemplares de la misma para su revisión.

En la literatura nacional se encuentran muchos registros fitosanitarios de Ancognatha a nivel genérico. En dichos registros se señala a las larvas de este género como dañinas en rosas, cebolla, clavel, fresas, tomate de árbol, pasto kikuyo y raigrás, espárragos, papa criolla, ulluco, trigo, cebada y lulo. En el caso de la rizofagia en pasturas se destaca el caso de la resistencia varietal en pasto managua y kikuyo.

Del género Cyclocephala se incluyen al menos siete especies de interés agrícola en Colombia. Las especies de este género se distribuyen principalmente en el piso térmico cálido y medio (desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m.), por lo que se localizan ampliamente en la geografía nacional. De acuerdo con los monitoreos fitosanitarios provenientes de casi todo el país, algunas especies son dañinas al comportarse sus larvas como plagas rizófagas, pero a diferencia de Ancognatha y otros escarabajos plagas, los adultos de Cyclocephala son frecuentemente señalados como dañinos en follaje de yuca, flores de girasol, curuba, maracuyá, algodón, anturio silvestre, frutos de guayaba, etc.

Cyclocephala amazona L., es tal vez la más ampliamente distribuida. Aunque la literatura nacional no aborda muchos detalles de esta especie, (la cual registran en flores de palmas) estudios recientes (Pardo et al 1.993) la señalan como de gran interés en el cultivo de la yuca, ya que sus larvas son rizófagas y se estima que la distribución en el país es muy amplia ya que se le ha colectado desde el nivel del mar hasta 1.500 m.s.n.m.. Los mismos estudios en el piedemonte Norte Caucaño lograron establecer que cumple una generación al año, que los adultos aparecen abundantemente asociados a la segunda época lluviosa (Septiembre-octubre) y que en la noche vuelan atraídos por luz. Esta especie realmente requiere de mucha investigación ya que su impacto en los agroecosistemas y posibilidades de control no han sido evaluados.

Cyclocephala fulgurata Burmeister. Los adultos presentan período de aparición asociado al primer pico lluvioso en abril-mayo, aunque con un monitoreo anual es posible colectar un pequeño porcentaje asociado al segundo pico lluvioso en septiembre-octubre. Las larvas

se comportan como plagas rizófagas en cultivos de yuca, aunque no se conocen otros registros, se presume que se asocien a otros sistemas radiculares. Los adultos también son nocturnos, fototrópicos y durante el día es posible colectarlos en follaje variado o en frutos de guayaba, flores de arbustos, etc. (Pardo et al 1.993).

Cyclocephala ruficollis Burmeister. También se distribuye en las regiones cálidas del Valle del Cauca, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, etc. A diferencia de las otras especies los mayores daños se le asignan a los adultos, los cuales son señalados como plagas en flores y botones de algodón, terminales de ajonjolí, flores de girasol, en frutos de guayaba, etc.

Muchas especies de Cyclocephala se asocian casi de manera inocua a flores de diversas plantas en las cuales consumen sustancias azucaradas y presumiblemente pueden actuar como polinizadores burdos en flores de actividad nocturna. Ello ha sido observado en Cyclocephala brittoni Endrödi, colectado en Fusagasugá en botones florales de guanabana; C. discolor Herbst observado en Codazzi (Cesar) asociado a inflorescencias femeninas y masculinas de palma africana; especies no determinadas de Cyclocephala se han señalado en botones florales de anón, chirimoya y cítricos o, como en el caso antes mencionado, C. amazona L. colectado en inflorescencias de palmas. En la literatura nacional se registra el caso de Cyclocephala signata Fab. asociado a frijol, ajonjolí y girasol en el Tolima y Nariño; sin embargo, esta especie también ha perdido validez y se ha situado como la subespecie C. amazona signata (Fab., 1.781) cuya distribución se señala para Cuba, Barbados, Granada, Tobago y Trinidad (Endrödi 1.985).

El género **Eutheola** (no Euetheola!) registra en Colombia dos especies: Eutheola humilis (Burm., 1.847) y E. bidentata (Burm., 1.847); estas se distribuyen en el Meta, Santander, Córdoba, Caquetá, Antioquia, Casanare, Tolima, etc., en las tierras bajas de piso térmico cálido (nivel del mar a 800 m.s.n.m.).

E. bidentata (Burm.), el famoso "cucarro" de los llaneros, es una plaga muy agresiva que ha sido señalada como dañina en arroz secano, maíz, sorgo, gramas nativas, en algodónero, caña de azúcar, yuca, etc. El "cucarro" presenta una generación al año, los adultos emergen del suelo en los meses de abril-mayo en todo el oriente de Colombia (Llanos), son fototrópicos y las apariciones son masivas, por ello invaden además oficinas, residencias y otros espacios públicos. Las larvas se comportan como plagas rizófagas que afectan el sistema radicular y el cuello de la raíz ocasionando grandes pérdidas en cultivos jóvenes. En el caso de pasturas y gramas el consumo se extiende a los tallos herbáceos y es tal la intensidad que crea "calvas" en donde queda el suelo descubierto. En pruebas realizadas se encontró que Metarhizium flavoviridae Grams y Rozypal (Hyphomycetes) lo biocontrola y que se han presentado bajas en la intensidad de aparición parcialmente ocasionadas por el biocontrol ejercido por entomopatógenos como el nemátodo Hexameris sp. (Enoplida: Mermithidae) y otros de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae. Otros microorganismos también se señalan como biocontroladores del "cucarro" ese es el caso

de Bacillus sp. (Eubacteriales, Bacillaceae) y la "enfermedad azul" ocasionada por Rickettsiella sp. (Rickettsia). También se ha observado un ectoparasitismo ocasionado por una avispa no determinada de la familia Tiphidae (Hymenoptera). Adicionalmente los técnicos agrícolas recomiendan como medida de control cultural, efectuar la siembra al menos dos semanas después del "pico poblacional" del adulto.

El género Dyscinetus registra en los monitoreos fitosanitarios dos especies: D. olivaceus Hohné y D. aff. dubius (Oliver). Se les señala como plagas en arroz y las diferentes observaciones indican su presencia en Santander, Boyacá, Valle, Antioquia y Caquetá; particularmente D. aff. dubius (Oliver) ha sido colectado en San Vicente del Caguán, Caquetá y D. olivaceus Hohné en el Urabá Antioqueño. Estudios recientes muestran que este género se distribuye ampliamente en Colombia entre el piso térmico cálido y medio y que sus larvas se comportan como plagas rizófagas en cultivos como yuca, gramíneas, etc (Pardo et al, 1.993). D. dubius se ha colectado con relativa frecuencia en potreros de Pance (Valle).

Heterogomphus dilaticollis Burm. es un "escarabajo rinoceronte" señalado como plaga de kikuyo en potreros de la Sabana de Bogotá. Las larvas rizófagas viven en el sistema radicular de gramas, mientras que los adultos dimórficos viven en túneles excavados en el suelo desde donde los machos presumiblemente atraen hembras para la cópula. Otra especie de Heterogomphus no determinada ha sido señalada en Bello Antioquia como dañina en mazorcas de maíz. El daño ocasionado por las especies de Heterogomphus, aunque no ha sido evaluado con precisión, se estima poco importante comparado con el de otros escarabajos plagas, por lo que no se consideran aún como plagas limitantes (Pardo 1.993).

Del género Ligyris se señala a los adultos de L. fossor Latreille como dañinos en flores de girasol en Codazzi (Cesar). De otro lado en Florida Valle se registra un daño de Ligyris sp. en yemas de semilla de caña en plantilla, también afecta cepas en las socas. Las larvas de L. maternus Prell se asocian a la rizósfera de yuca y caña de de azúcar. Las especies de Ligyris se distribuyen desde el nivel del mar hasta 1.500-1.800 m.s.n.m., los adultos son fototrópicos y se colectan con relativa abundancia en trampas de luz.

Los adultos de Podischnus agenor Oliver, el escarabajo rinoceronte de las cañas, son considerados plagas secundarias en cultivos como caña de azúcar en donde consumen los cogollos o tallos jóvenes, en maíz ya que destruyen la mazorca aún tierna y en guadua la cual perforan en los meristemos de tallos jóvenes ocasionando pérdida del crecimiento apical y en general rebrotes y malformación del tallo. P. agenor Oliver presenta una sola generación al año, la larva vive en el suelo alimentándose de humus o bajo troncos en descomposición, mientras que los adultos emergen del suelo en el segundo pico lluvioso (Octubre-Noviembre) y tienen una longevidad de uno a dos meses consumiendo tejidos tiernos azucarados de gramíneas. Los adultos excavan agujeros en las cañas los cuales usan con el doble propósito de alimentarse y atraer las hembras para la cópula. Son atraídos por

luz y sus apariciones no son constantes de un año para otro; cuando esto sucede suelen encontrarse localizados en un área definida. Esta especie ha sido señalada como dañina en los departamentos del Valle del Cauca, Boyacá, Nariño, Quindío y Santander.

Las especies de Strategus vulgarmente conocidas como "toritos" se distribuyen en los pisos térmicos cálido y medio (nivel del mar a 1.500 m.s.n.m.). S. aloeus L. se distribuye ampliamente en Colombia en regiones muy húmedas o secas por debajo de los 1.500 m.s.n.m., la larva se comporta como saproxilófaga (consume troncos en descomposición) o habita suelos ricos en materia orgánica, algunos pocos registros la señalan como dañina en cambio, el adulto si es problemático en palmas como cocotero, palma africana, tallo de gramíneas, etc. El adulto excava túneles en las plántulas de cocotero y otras, ocasionando la muerte temprana de las mismas; además, en palmas ya desarrolladas realiza perforaciones a nivel del suelo que exponen la planta a la colonización por picudos, fitopatógenos, etc. Aunque este daño no es generalizado en las plantaciones, si es muy complejo en cuanto a alternativas de control ya que en las zonas donde se cultivan palmas normalmente esta especie es abundante y el daño reviste importancia dada la longevidad del cultivo de palmas y el tiempo necesario para iniciar producción.

El último género de Dynastinae económicamente importante lo conforma Stenocrates el cual se observó asociado al follaje (?) de maíz, en Cáceres (Antioquia) y del que se comenta que en Urabá y Santander presenta el período de aparición en abril y mayo. Las larvas de una especie no determinada de Stenocrates se desarrollan en la rizósfera de yuca aunque a la fecha no se ha medido el daño o impacto causado en dicho cultivo.

ESCARABAJOS MELOLONTHINAE

En este grupo se incluyen especies de gran interés económico por ser reconocidas plagas rizófagas, en especial el género Phyllophaga, muy diversificado en México y Centro América (King y Saunders 1984, Moron 1986), sobresale entre los de mayor impacto económico. En Colombia esta familia incluye los siguientes géneros señalados como de interés agrícola: Astaena, Barybas, Ceraspis, Clavipalpus, Isonychus, Macroductylus, Manopus, Phyllophaga y Plectris.

En esta subfamilia se presentan grandes problemas taxonómicos, por ello la mayoría de los géneros presentan muy pocas determinaciones a nivel específico. Aunque el problema es generalizado, se hace bastante evidente en el caso de Phyllophaga, un género ampliamente distribuido en Colombia y del cual no existen registros a nivel específico. Surge la recomendación de priorizar a esta subfamilia desde el punto de vista taxonómico y sobre todo caracterizar, en el caso de las que son plagas rizófagas, los estados inmaduros responsables del daño en los cultivos.

Los informes fitosanitarios señalan cucarroncitos del género Astaena en Antioquia, Risaralda, Cundinamarca y Nariño. Los adultos se comportan como masticadores de follaje en cultivos de papa, tomate de árbol, cítricos, cafeto, aguacate, trigo y cebada. En términos generales se observa que este género se distribuye en los pisos térmicos medio y frío (entre 1.000-3.000 m.s.n.m.) y los adultos, señalados como dañinos, se colectan abundantemente atraídos por luz.

Los cucarroncitos frailecillos del género Barybas son señalados como consumidores de follaje en maracuyá, cereales, pasturas, etc. en el Tolima y Nariño. Del género Ceraspis se registra a C. quadrimaculata Blanchard asociada al cultivo de alverja en Albán (Cundinamarca). Los adultos de Ceraspis se asocian al follaje de plantas cultivadas e incluso plantaciones forestales. Con relativa frecuencia se ha colectado consumiendo estructuras florales en cultivos como curuba en Tenerife (Valle). Las especies de este género se colectan durante el día en suelo y follaje, aunque de noche también es posible capturarlos atraídos por luz.

Clavipalpus aff. ursinus Blanchard ha sido frecuentemente señalado en la sabana de Bogotá, asociado a pasto kikuyo, raigrás, fresa, cebada y otros cereales. Los adultos aparecen abundantemente en las épocas de marzo-abril y septiembre-octubre, vuelan durante el día; además de ser depredados por pájaros se ha observado a sus estados inmaduros biocontrolados por hongos como Metarhizium anisopliae (Metch.), la enfermedad lechosa Bacillus popilliae Dutky y por nemátodos; información más detallada puede obtenerse en Alvarez et al (1991).

Entre los pocos registros de Isonychus se encuentra I. lituratus Blanchard, señalado como consumidor de follaje en ciprés en Medellín (Antioquia) y otro de especie no determinada en Mariquita (Tolima), asociada al follaje de cereales, pasturas y maracuyá.

Las especies de Macroductylus, comúnmente observados y señalados en follaje de diversas plantas, se distribuyen en los pisos térmicos cálido y medio, se les ha colectado en Boyacá, Nariño, Cauca, Antioquia, Valle del Cauca, Caldas y Tolima; individuos aislados o grupos densos han sido colectados consumiendo follajes de curuba, manzano, ciruelo, frijol, maíz, café, granadilla, frambuesa, fresa y dalia, en las cuales afectan estructuras florales, frutos, etc, aunque son poco fototrópicos de vez en cuando son atraídos por la luz, Macroductylus excellens Kirsch ha sido registrado desde Arcabuco (Boyacá) en inventario de bosques; M. flavolineatus en follaje de malezas actuando como defoliador y M. tenuilineatus Guérin-Meneville es señalado como plaga del follaje en manzano, cítricos, cafetales, rosales e incluso como defoliador de malezas del café en Antioquia y Tolima.

Manopus sp. ha sido colectado en Rio Negro (Santander) y Anolaima (Cundinamarca) en reconocimientos en cacaotales y en el segundo sitio depredados por perros y gallinas. M. biguttatus La P. ha sido registrado en las zonas frías de Cundinamarca y Boyacá asociado

al follaje de rosales, aliso, tallos y flores de fresa, durazno y manzano, en los cuales se comporta como defoliador. Aunque en la literatura nacional se registra a Melanopus biguttatus La P., asociado a acacias y atraído por luz, este registro parece errado ya que el género Melanopus no se ha podido conseguir en los catálogos entomológicos (Blackwelder 1.944).

Phyllophaga muy probablemente es el género más importante en Melolonthinae desde el punto de vista económico. Las especies de este género también se distribuyen ampliamente en Colombia, pero es en el eje cafetero y valles Andinos en donde se observa mayor la abundancia y quejas del daño ocasionado por las larvas rizófagas. A pesar de lo anterior los registros de este grupo no pasan del nivel genérico. Las principales observaciones fitosanitarias provienen de Antioquia, Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Cauca, Nariño y Valle del Cauca. La larva consume el sistema radicular de yuca, plátano, caña de azúcar, frijol, plantas aromáticas, flores, pimentón, cebolla, pastos y papa. El adulto también es señalado como dañino en follaje de maracuyá, yuca, cafeto, trigo, cebada, frijol, incluso consume follaje de malezas y "matapalos" de cítricos. Se han adelantado ensayos y observaciones sobre el biocontrol ejercido por Beauveria aff bassiana Bals, Bacillus popilliae, nemátodos Neoaplectana sp., ácaros del género Rhyzoglyphus sp. e incluso depredados por las moscas Asilidae (Diptera). Este género requiere de urgente investigación que aborde los aspectos taxonómicos, bioecológicos y posibilidades de control.

Plectris sp. ha sido registrado como dañino en varios cultivos del oriente Antioqueño y en Anolaima (Cundinamarca) se observó asociado a las épocas lluviosas, temporada en la cual es posible observar en la noche a los adultos atraídos por luz; P. pavidá Burm. ha sido señalado como dañino en follaje de yuca en Sylvania Cundinamarca y atraído por fuentes de luz en municipios del Tolima.

ESCARABAJOS RUTELINAE

De esta subfamilia se registran unos pocos géneros de interés agrícola como son Anomala, Leucothyreus, Macraspis y Strigoderma, entre los que sobresale el primero cuyos estados larvales se comportan como plagas rizófagas.

El género Anomala se encuentra desde el nivel del mar hasta 3.000 m.s.n.m., aproximadamente. De acuerdo con los registros fitosanitarios los daños son ocasionados por las larvas que son rizófagas y en algunas especies el adulto consume follaje de plantas cultivadas. Bajo el nombre de Anomala sp. se han hecho observaciones que van desde el daño a follaje de guayabo, huertos de caducifolias, café, cogollos de espino, frijol, flores de curuba, rosales o simplemente atraídos por luz y en un caso atraído por luz para alimentar truchas. Anomala cincta polychalca Bates ha sido señalado en Cundinamarca

como atraído por luz. A. aff. collaris Burmeister se ha colectado en Palmira asociado a frijol y yuca. A. inconstans Burm. también es asociado a frijol y yuca y sus adultos son fototrópicos. Se ha observado que las especies de Anomala se asocian a los picos lluviosos y en algunas especies con larvas rizófagas se presentan dos generaciones por año.

Leucothyreus femoratus Buermeister, se distribuye en los pisos térmicos medio y frío (1.000-2.500 m.s.n.m.), en la Sabana de Bogotá, los adultos se registran como atraídos por luz y en Yacuanquer y Potosi (Nariño), como dañino en trigo, cebada y papa. En el piedemonte Nortecaucano se criaron larvas asociadas a la rizósfera de la yuca de la cual emergieron adultos de Leucothyreus (Pardo et al 1.993).

Los adultos de Macraspis lucida Oliver han sido señalados en Caucasia (Antioquia) como dañinos en el follaje de cultivos forestales como el cedro; otras observaciones los asocian al consumo de pétalos en rosales y flores de huertos frutales. Las larvas se desarrollan en troncos y tocones de árboles en descomposición o estocones de cercas, realmente no se consideran limitantes.

Una especie no determinada de Strigoderma ha sido señalada como masticadora de flores de frijol en el departamento del Cauca. Los adultos de este género son escarabajos melífagos diurnos y no son considerados actualmente como limitantes agrícolas.

ESCARABAJOS CETONIINAE

Comúnmente conocidos como cucarrones corchito, los escarabajos de esta subfamilia son excelentes voladores, no se consideran una plaga importante pero existen registros que los señalan como dañinos en flores, frutos y tallos de plantas cultivadas. Las larvas son inócuas, viven en los agujeros de troncos en descomposición ya sea de árboles vivos o muertos. El problema lo ocasionan los adultos que son consumidores de exudados vegetales, originados en heridas de árboles ya sea por daño mecánico o fitopatógenos. Los principales registros fitosanitarios corresponden a especies de Gymnetis v.gr. G. pantherina Blanchard, asociado a exudados de tallos de frutales, cuyas heridas logran agravar. Esta misma especie ha sido señalada en el Cesar y Tolima asociada al aguacate maduro y a la pitaya (flores); se señala otro caso en Anolaima (Cundinamarca) en donde una especie de Gymnetis ocasionó daño en brotes nuevos de pitaya y en frutos sobremaduros como tomate y mandarinas, en especial los picoteados por pájaros.

GENERALIDADES SOBRE EL CONTROL DE ESCARABAJOS PLAGAS EN COLOMBIA

De acuerdo con la sinópsis antes expuesta en los escarabajos de interés agrícola en

Colombia se pueden tipificar dos tipos distintivos de daño: **Rizofagia** efectuada por los estados larvales y consumo de tejidos, polen, néctar o exudados del follaje efectuada por los adultos.

La rizofagia de las larvas se ve favorecida por el efecto protector del manto edáfico, el cual hace muy complejo el control de las chisas. Dado que el control químico ha demostrado ser ineficiente en el manejo de estas plagas y, sobre todo, muy impactante en el entorno ambiental, se debe abordar el control de estos insectos enfocando varias estrategias a la vez: protección de la biodiversidad, control biológico y medidas culturales.

La protección de la biodiversidad significa que aunque los agroecosistemas (cultivos) inevitablemente presenta una significativa simplificación ecológica, con lo que se pierden muchos organismos y circunstancias propiciadoras del equilibrio poblacional de plagas y malezas, etc; esta situación puede verse agravada con múltiples prácticas agrícolas que impactan negativamente el medio y propician aún más el crecimiento poblacional de plagas, enfermedades, malezas, etc. Por ejemplo, la intensa aplicación de agrotóxicos (fungicidas, insecticidas, herbicidas) elimina o disminuye considerablemente a los controladores biológicos que viven en el suelo o en la parte aérea de la planta. Este punto es importantísimo en la lucha contra las chisas ya que existe un arsenal de biocontroladores que se inactivan con estas prácticas (Atehortúa y Londoño, 1993). La excesiva eliminación de malezas es una práctica negativa ya que muchos insectos biocontroladores de plagas consumen polen, néctar, exudados o incluso tejidos de estas plantas (Altieri y Whitcomb 1979). La práctica de quema de no sólo aniquila o crea condiciones demasiado adversas a múltiples biocontroladores, el tejido vegetal es mineralizado aceleradamente sin sufrir las etapas normales de descomposición e incorporación al suelo por parte de organismos saproxylófagos (consumidores de tejidos vegetales en descomposición). Pues bien se sabe que muchas especies de chisas en ausencia de esta materia orgánica dependen más intensamente de las raíces de los cultivos. En términos generales el agroecosistema debe presentar una oferta más amable a la biodiversidad, propiciando así mayor diversidad y estabilidad poblacional de biocontroladores.

En cuanto al control biológico de plagas rizófagas, los estudios más recientes muestran experiencias halagadoras en cuanto al empleo de hongos, bacterias, nemátodos, virus, parásitos, etc. en el control de chisas (Jackson y Glare 1992; Jackson 1993), incluso la búsqueda de estos entomopatógenos se considera clave en el desarrollo de fases más avanzadas del control de chisas como es la aplicación de la biología molecular en el desarrollo de insecticidas microbianos, presumiblemente menos impactantes al medio dada su especialización (selectividad) y rápida biodegradación en el medio edáfico (Nuñez-Valdes 1993).

Los registros del ICA (1972-1993) muestran que en Colombia existen muchas posibilidades de biocontrol de chisas. Como se detalló antes, entomopatógenos como Metarhizium

anisopliae (Metch) Sokorin, M. flavoviridae Grams y Rozypal, Paecilomyces sp. (Moniliaceae-Moniliales), Beauveria bassiana (Bals) Vuill, B. brongniartii (Sacc) Petch, (Hyphomycetos), Bacillus sp. (Eubacteriales, Bacillaceae), Rickettsiella sp. (Rickettsia), los nemátodos Neoaplectana sp. (Steinernatidae) y Hexamermis sp, (Mermithidae) han mostrado resultados en el control de chisas. Al respecto se recomiendan los estudios de Atehortúa y Londoño (1993), Londoño y Pérez (1993) y Posada (1993), en los cuales se detallan experiencias y recomendaciones sobre manejo de las chisas. La lista de biocontroladores de chisas en estado larval y adulto incluye aves domésticas y silvestres (debe incluirse aquí en los vertebrados a los murciélagos y reptiles comúnmente asociados al consumo de insectos), Hymenoptera (Scoliidae, Pelecinidae), Diptera (Asilidae y moscas del género Sacordexia), arácnidos, etc. (ICA 1972-1994). Al lado del control biológico se debería intensificar la detección de plantas con efecto insecticida para el manejo de la chisa (v.gr. árbol Neem).

Las prácticas culturales son bastante importantes en los programas de manejo de chisas. La utilización de plantas o variedades resistentes, rotación de cultivos, laboreo del suelo, monitoreo de chisas para establecer sus períodos de aparición y programar así las fechas de siembra, búsqueda y diseminación de entomopatógenos, en caso extremo si fuera necesaria la aplicación de un plaguicida, habría que estudiar muy detenidamente sus características de selectividad, dosis, eficiencia, etc. para hacer el uso más racional del mismo.

Las chisas dependen para su oviposición y desarrollo de condiciones medioambientales, en especial se asocian a las épocas lluviosas, momento en el cual las características del suelo húmedo favorecen la postura, eclosión de las larvitas y desarrollo inicial, con lo que se cumpliría la etapa más crítica del ciclo de vida en la cual se presenta el mayor porcentaje de mortalidad en la mayoría de las chisas (Pardo 1991). Lo anterior sustenta la necesidad de monitorear los adultos con trampas de luz, ya que con esta práctica se logra tener un estimativo del número de especies involucradas y su periodicidad anual; esta información es muy importante para la programación de las fechas de siembra de tal forma que no coincidan con el pico poblacional de las chisas sino por lo menos dos o tres semanas después en las regiones más fuertemente afectadas (v.gr. piedemonte Norte Caucaño, Llanos orientales, etc).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Colombia presenta una gran diversidad de escarabajos algunos de los cuales son de interés agrícola debido a que sus larvas se comportan como plagas rizófagas o, en otros casos, los adultos se comportan como defoliadores, masticadores de follaje, etc.

El principal problema lo conforman las especies de escarabajos cuyas larvas son rizófagas

ya que los asociados al follaje no se consideran aún tan limitantes.

Se requiere de una gran ofensiva académica que procure la investigación taxonómica, bioecológica, impacto económico y posibilidades de manejo de los escarabajos plagas, principalmente los rizófagos.

En vista que el problema de las plagas rizófagas tiende a intensificarse y que los métodos de control químico han demostrado ser ineficientes en la solución del mismo, se recomienda intensificar la búsqueda y ensayos con biocontroladores especialmente entomopatógenos y parasitoides asociados a las chisas. Los mecanismos de control deben enfocarse desde un punto de vista más amplio en el cual se incluya: respeto a la biodiversidad del entorno, implementación de biocontrol y prácticas culturales adecuadas (laboreo del suelo, utilización de materiales resistentes, rotación, monitoreo de chisas, etc.).

Finalmente la museología nacional encargada de respaldar el adecuado diagnóstico del insecto plaga, los laboratorios de estudio de biocontroladores y el respectivo componente humano de éstos, deben ser significativamente fortalecidos y dotados de tal forma que la comunidad nacional pueda desempeñarse con la mayor autonomía científica posible en la solución de sus problemas agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Ing. Marlom Rubiano R y Patricia Franco por su colaboración en la elaboración de este documento; al colega Rodrigo Vergara R. por la cordial invitación a participar en el congreso de Medellín con esta charla magistral y en general a todos los organizadores del simposio por su amabilidad y dedicación.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI, M.A. and W.H. WHITCOMB. The potential use of weeds in manipulation of beneficial insects, Hortsciencie. Vol: 14(1); 12-18, 1979/.
- ALVAREZ R., A.; POSADA O., L.; MARTINEZ W., O. Distribución espacial y vertical de la chisa Clavipalpus sp. pos. ursinus Blanchard (Coleoptera: Scarabaeidae-Melolonthinae). Agricultura Tropical, Vol 29 (3) 54-60, 1992.
- ATEHORTUA, M.M. y LONDOÑO M. Efecto de algunos agroquímicos en el crecimiento y esporulación del hongo Metarhizium anisopliae. Resúmenes, XX congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali, Colombia, 1993. pp 21.
- BLACKWELDER, R.E. Checklist of the coleopterous Insects of México, Central América, West Indies an South América, U.S. Nacional Museum 1944-47. 925 pp.
- CROWSON R.A. The Biology of the Coleoptera. University of Glasgow, London, 1981. 802 p.
- DOUROJEANNI, M.J. Entomology and Biodiversity Conservación in Latin America. American Entomologist. Summer 1990. Vol: 36 No. 2 pp: 88-93.
- ENDRÖDI S. The Dynastinae of the World. Ed. DR W Junk Publishers, Vol 28. Boston, 1985. 729 p.
- HALFFTER, Gonzalo Y W.D. EDMONDS. The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae). Ann. Ecological and Evolutive Approach. Instituto de Ecología. México, 1982. 176 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Programa de Entomología, Bogotá (Colombia). Notas y Noticias Entomológicas (Colombia) 1972 - 1994.
- JACKSON T. A.; GLARE TRAVIS R. Use of Pathogens in Scarab Pest Management. England, 1992. 301 p.
- JACKSON T. A.; Developing Microbial Controls For Scarab Pests. DIVERSIDAD Y MANEJO DE PLAGAS SUBTERRANEAS (M.A. Morón Compilador) 1993. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, Xalapa Veracruz, México, 1993. pp. 183-192.

- KING, A.B.S. y SAUNDERS, J.L. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. London. Overseas Development Administration, 182 págs. 1984.
- LACHAUME, G. Les Coleopteres du Monde The Beetles of the World. Dynastini 1. Sciences Nat Vol. 5, 1985. 85pp.
- LONDOÑO M. y PEREZ M. Reconocimiento de los enemigos naturales de la Chisa o Mojojoy (Coleoptera; Scarabaeidae) en el oriente Antioqueño. Resúmenes, XX congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali, Colombia, 1993. pp 50.
- MORON, M.A. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Publ. 20. Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. 1988, 341pp.
- MORON M.A. Escarabajos, 200 millones de Años de Evolución. Instituto de Ecología, Museo de Historia Natural de México; México D.F. 1984 132 p.
- NUÑEZ VALDEZ, M. E. Perspectivas de la Biología Molecular en el Control de Larvas de Scarabaeidae de Importancia Agrícola. DIVERSIDAD Y MANEJO DE PLAGAS SUBTERRANEAS (M.A. Morón Compilador) 1993. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología. Xalapa Veracruz México, 1993. pp 217-233.
- PARDO LOCARNO, L.C. Coleópteros de la zona Plana del Valle del Cauca, registros taxonómicos, observaciones ecológicas y económicas generales. AGRICULTURA TROPICAL Vol. 28 (3), Santafé de Bogotá, Diciembre de 1991. pp. 93-108.
- PARDO LOCARNO L., C. FRANCO C. P.; A.A. ALARCON G. Contribución al conocimiento de las "Chisas" (Coleoptera-Scarabaeoidea) de San Antonio Cauca Colombia. DIVERSIDAD Y MANEJO DE PLAGAS SUBTERRANEAS (M.A. Morón Compilador) 1993. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología. Xalapa Veracruz, México, 1993, pp 91-104.
- PARDO LOCARNO L.C. Estudio preliminar de las especies de Melolonthidae del Valle del Cauca Colombia con énfasis en la cuenca Calima - San Juan (Valle-Chocó). DIVERSIDAD Y MANEJO DE PLAGAS SUBTERRANEAS (M.A. Morón Compilador) 1993. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología. Xalapa Veracruz, México, 1993, pp 83-90.

POSADA, O. L. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario, (Boletín Técnico No. 43. 1989, 662 págs.

POSADA F. J. Las Chisas, sus enemigos naturales y recomendaciones sobre su manejo. AGRICULTURA TROPICAL Vol 30 (3). Santafe de Bogotá, 1993. pp. 71-79.

EXPERIENCIAS EN AMERICA SOBRE CONTROL DE SCARABAEIDAE FITOFAGOS

Miguel Angel Morón¹

ANTECEDENTES

En América están descritas cerca de 4,400 especies de Scarabaeidae-Pleurosticti (*sensu* Janssens, 1949) o Melolonthidae (*sensu* Endrodi, 1966), cuyas larvas o adultos tienen hábitos fitófagos (1,2,3). Es muy posible que esta cifra represente el 50 % de las especies que en realidad existen en el continente e islas cercanas. Por fortuna, hasta la fecha solo se han registrado poco más de 200 especies de Melolonthidae causando algún tipo de daño en las plantas cultivadas, desde Canadá hasta Chile. Estas especies representan 48 géneros de las subfamilias Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae y Cetoniinae (Cuadro I).

Para mencionar algunos ejemplos, en los E.U.A. se han citado cuando menos 36 especies de 16 géneros de "**chafers, June beetles o white grubs**" con importancia agrícola, incluyendo dos especies con gran importancia introducidas de la región Oriental: *Popillia japonica* Newman y *Anomala orientalis* (Waterhouse) (4,5). En México, esta comprobada la relación de 69 especies de 16 géneros autóctonos de "**mayates, temoles, gallina ciega o nixticuil**" con plantas cultivadas (6). A lo largo de América Central, se han observado 27 especies de 6 géneros nativos de "**abejones o jobotos**" causando deterioros en los cultivos anuales más comunes de esos países (7). En Colombia, una compilación preliminar permite referir la presencia de cuando menos 43 especies de 32 géneros de "**cucarrones, chisas o mojojeyes**" asociadas con una amplia diversidad de cultivos (8); mientras que en Brasil se han enlistado un mínimo de 31 especies y 22 géneros de "**besouro, coró, torresmo, o pao de galinha**" que afectan cultivos anuales y perennes (9,10). En Chile únicamente están registradas 6 especies de 5 géneros de "**pololos o gusanos blancos**" con importancia agrícola (11).

La revisión de estos datos nos muestran tres aspectos importantes, primero: la diversidad de grupos de nivel genérico con importancia agrícola primaria o secundaria es elevada (48 / 321); segundo, en América Latina una gran proporción de los registros no alcanza el nivel específico, lo cual da lugar a pensar que el número de especies involucradas por cada género debe ser más elevado; y tercero, solo se tienen datos precisos sobre la biología de un 10 a 15 % de las especies citadas, para otro 30-40 % de ellas se comenta que sus ciclos vitales "son parecidos a los de otra especie", y para las entidades restantes no hay información.

¹ Departamento de Biosistemática de Insectos. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Estas tres situaciones nos indican que las especies causantes de problemas agrícolas pueden desarrollarse a partir de casi todos los linajes evolucionados en América, por lo cual deberíamos estudiar la taxonomía de todos ellos, a fin de disponer de la información básica para iniciar el estudio de cualquiera de ellas que se constituyera en plaga. Por otra parte, es importante obtener modelos del ciclo vital y las descripciones de larvas y pupas para cada género característico de la fauna de América Latina. Sobre este último punto es interesante apuntar que, a pesar de que la mayor parte de los daños son causados por las larvas, solo se han descrito las larvas de 25 de los 48 géneros enlistados en el Cuadro I, sobre todo con base en especies norteamericanas.

En cuanto al espectro de huéspedes vegetales para estos escarabajos, existen datos para más de 300 especies de plantas cultivadas y silvestres, nativas e introducidas, incluídas en casi todas las familias de Angiospermas, aún cuando predominan los registros en Gramíneas, Rosáceas, Leguminosas, Solanáceas y Compuestas. Los géneros más adaptables y eurípagos son *Anomala*, *Popillia* (Rutelinae), *Phyllophaga*, *Macrodactylus* (Melolonthinae), *Cyclocephala* y *Strategus* (Dynastinae).

EL CONTROL DE PLAGAS DE SCARABAEIDAE FITOFAGOS EN AMERICA

Debido a que existe una gran cantidad de documentos que describen las propuestas o los resultados de distintos métodos para lograr el control de plagas de Scarabaeidae, sobre todo en los E.U.A., sólo me limitaré a referir algunos de los más notables.

En Ludlow, Champaign, Illinois, E.U.A., entre septiembre y octubre de 1907, se utilizó un centenar de cerdos para tratar de limpiar un terreno de 10 acres, originalmente sembrado con maíz, infestado con un promedio de 34.6 larvas de *Lachnosterna* (= *Phyllophaga*) por cepa (135 kg de larvas en 4,000 m²). Durante 20 días los cerdos removieron el suelo hasta en una profundidad de 60 cm, alimentándose con las larvas, de modo tal que cuando fueron retirados y se efectuó un muestreo del terreno, se encontró que la infestación había descendido en un 86 %, dejando solo un promedio de 4.8 larvas por cepa. Sin embargo, considerando que las larvas constituyen un huésped intermediario para el parásito intestinal de los cerdos *Echinorhynchus gigas* (= *Macracanthorhynchus hiridinaceus*), se sugirió no utilizar a los cerdos en terrenos donde previamente hubieran actuado otros cerdos en menos de tres años, para evitar que se parasitaran. En la misma región se recomendaba capturar adultos en las noches, sacudiéndolos de sus plantas de alimentación para destruirlos; colocando lámparas sobre trampas con agua y keroseno; o asperjando los árboles con arsénico (12).

Desde 1918 se recomendó en los E.U.A. la rotación de cultivos maíz-trébol, avena-cebada, como un alternativa para disminuir el daño por las larvas de *Phyllophaga* con ciclos bianuales, empleando uno de los primeros durante el año en que vuelan y se aparean los escarabajos, ya que prefieren depositar sus huevos en terrenos con gramíneas de talla corta (13).

En la década de 1930 se recomendó en Canadá y los E.U.A. el empleo de insecticidas inorgánicos como el arseniato de plomo, contra las larvas y los adultos de *Phyllophaga*. Entre 1940 y 1960 los insecticidas clorinados como el DDT, el dieldrín y el heptacloro, fueron probados y recomendados para el control de las larvas. Y entre 1960 y 1980 se probaron y utilizaron los organofosforados (diazinon, fonofos) y los carbamatos (carbofuran) encontrando todo tipo de ventajas para reducir las infestaciones (14).

En 1960 el complejo de plagas del suelo se manifestó como un problema muy serio en el estado de Jalisco, México. Durante 1962 a 1970 se aplicaron aldrín y dieldrín con resultados satisfactorios. Después de la prohibición de estos compuestos (1971-72) se utilizó heptacloro, clordano y BHC. Así, entre 1972 y 1977 se aplicaron 391.3 ton de heptacloro, 108.1 ton de foxim, y 16.1 ton de diazinon contra plagas del suelo (55 % Chrysomelidae, 30 % *Phyllophaga*, 15 % Elateridae) para tratar de disminuir una pérdida de 120,000 ton de maíz, frijol, trigo y sorgo (15). En 1977 se insistió en la necesidad de incrementar la superficie tratada contra plagas del suelo en México, equivalente a solo un 3 % de la superficie sembrada con maíz (con rendimiento de 1.2 ton / ha), mientras que en los E.U.A. la superficie tratada era de casi un 40 % (con rendimiento de 5.7 ton / ha) (16). Uno de los insecticidas más efectivos en las experiencias de campo de 1977 a 1979 fué el isofenfos, que incrementaba hasta en 3.3 ton / ha el rendimiento del maíz (17).

Durante casi 60 años (1935-1994) se ha desarrollado una amplia gama de estrategias y técnicas para lograr el control del "escarabajo japonés" *Popillia japonica* introducido en New Jersey, E.U.A. en 1916 en material de invernadero procedente de Japón, el cual se extendió rápidamente en todo el territorio al Este del Mississippi. Entre el arsenal para reducir esta plaga se ha contado con todo tipo de insecticidas (malatión, dialifor, carbaril, foxim), atrayentes sintéticos (ciclohexanopropionato de metilo, eugenol, fenetil propionato, geraniol), esterilizantes químicos (tepa, afolato), esterilizantes físicos (radiación gamma), feromonas sintéticas, parásitos y parasitoides (Mermithidae, Tiphidae), y entomopatógenos (*Bacillus thuringiensis*, *B. popilliae*)(18). Diferentes combinaciones locales de estas prácticas, una gran cantidad de tipos de trampas para los adultos, y el uso de *Bacillus popilliae* han permitido cierto grado de control sobre las larvas de esta plaga, aunque no se tienen resultados definitivos (19).

CUADRO I

Especies de Melolonthidae con importancia agrícola en seis regiones de América.

| Géneros | U.S.A. | México | C. América | Colombia | Brasil | Chile |
|----------------------|--------|--------|------------|----------|--------|-------|
| <i>Ancognatha</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Anomala</i> | 2 | 9 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| <i>Athlia</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Astaena</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Bolax</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Bothynus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Ceraspis</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| <i>Clavipalpus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Cotalpa</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cotinis</i> | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Cyclocephala</i> | 3 | 4 | 1 | 7 | 3 | 0 |
| <i>Diloboderus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Diplotaxis</i> | 1 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Dyscinetus</i> | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| <i>Euetheola</i> | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Euphoria</i> | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Geniates</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Golofa</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Gymnetis</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Heterogomphus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Hologymnetis</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Homophileurus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Hoplia</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Hylamorpha</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Isonychus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| <i>Leucothyreus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Ligyris</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Macraspis</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| <i>Macroductylus</i> | 1 | 9 | 2 | 1 | 3 | 0 |
| <i>Manopus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Pelidnota</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Philochlaenia</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| <i>Phyllophaga</i> | 15 | 24 | 17 | 3 | 1 | 0 |
| <i>Phytoloema</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| | | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|
| <i>Plectris</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Platycoelia</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Podischnus</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Polyphylla</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Popillia</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rivera</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Rutela</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Serica</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spodistes</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Stenocrates</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Strategus</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| <i>Strigoderma</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Symmela</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Trizogeniates</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Otro ejemplo de control que combinó varias técnicas se efectuó en 1948 en Puerto Rico, contra *Strategus quadrioveatus* Beauv. (= *S. oblongus* Beauv.), cuyos adultos se alimentan sobre todo en los tallos de los cocoteros jóvenes, barrenándolos y causando la muerte de un 17 a 30 % de las palmas y deterioro variables en un 21 a 51 % de las plantaciones. Después de estudiar con detalle su biología se implementaron las siguientes medidas: la colecta manual constante de adultos debajo de los tocones y troncos derribados de cocotero; trampas construídas con trozos de tallo apilados sobre el suelo; protección de las "semillas germinadas" con bolsas de malla de alambre; colocación de barreras de papel creosotado o asfaltado alrededor de la planta para repeler al insecto; y la recolección de todos los restos de las palmeras que puedan servir para el ocultamiento de los adultos, la oviposición y el desarrollo de las larvas (20).

También se ha experimentado acerca de las posibilidades del control de *Phyllophaga* con variedades resistentes de trigo, avena y cebada en Texas, E.U.A., encontrando que los cultivares de avena "Florida 501" y "Nora" muestran un alto grado de resistencia (8.5 - 10.9) a las larvas de *P. congrua*, mientras que los cultivares de trigo "Adder" y cebada "Wysor" tienen una resistencia intermedia (25.8 - 35.7) en comparación con los cultivares de trigo "Collin" y cebada "Tambar 401" cuyas plantas mostraron hasta un 42.3 % de mortalidad (21).

Los resultados de los diferentes métodos de control empleados contra *Phyllophaga crinita* en Tamaulipas, México y en Texas, E.U.A. entre 1940 y 1988 han sugerido el desarrollo de resistencia ante el aldrín, dieldrín, clordano y heptacloro, mientras que otros productos como el diazinon, isofenfos y carbofuran han mostrado una eficiencia variable contra las larvas. Por ello, se ha recomendado aplicar insecticidas solo después de monitorear la

actividad de los adultos con trampas de luz, como indicador de la oviposición, muestrear el suelo en las dos a cuatro semanas posteriores a la mayor abundancia de adultos para conocer la densidad de larvas de primero y segundo estadio (que son más susceptibles a los insecticidas) y aplicar el tóxico en dosis altas y en forma total, únicamente cuando la densidad de larvas alcance el umbral económico determinado para esa localidad. El arado profundo del suelo ayuda a destruir hasta un 60 % de las larvas, y la siembra de cultivos alternantes poco preferidos para la oviposición (como el frijol) ayuda a reducir poblaciones en lotes muy infestados. Por otra parte, a nivel experimental, la aplicación de esporas de *Bacillus popilliae* y *B. lentimorbus* causaron una mortalidad del 38 % en las larvas de *P. crinita* (22).

A manera de síntesis, en los últimos 10 años un gran número de autores sugiere la necesidad de conocer la biología de las poblaciones de escarabajos dañinos y de muestrear los terrenos antes de las siembras, antes de proceder a utilizar una combinación de métodos de control, sobre todo el arado profundo, la destrucción de malezas o la labranza mínima, el uso de trampas para adultos, el empleo oportuno de insecticidas en las dosis adecuadas, la aplicación de *Bacillus* con efectividad comprobada, el riego pesado, la rotación de cultivos, entre otros.

En cuanto al control biológico de estos coleópteros, existe información limitada sobre una gran diversidad de depredadores, parásitos, parasitoides y entomopatógenos, asociados con casi todos los géneros con importancia agrícola, pero no se han desarrollado las técnicas para su producción masiva y liberación adecuada. En esta especialidad se requiere de una gran cantidad de trabajo de campo y laboratorio, que permita sustentar programas eficaces de control para las larvas o los adultos de estas plagas en el continente americano.

REFERENCIAS

1. Morón, M.A. 1991. Los escarabajos fitófagos, un ejemplo de la riqueza biótica de Mesoamérica (Col.: Scarabaeoidea). G. it. Ent. 5: 209-218
2. Morón, M.A. 1983. Introducción a la Biosistemática y Ecología de los Coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. EN: Memoria II Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Chapingo, Méx. Soc. Mex. Entomol. y Colegio de Postgraduados, México. pp. c1-c14
3. Morón, M.A. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Publ. 20 Instituto de Ecología, México. 341 pp.
4. Ritcher, P.O. 1966. White grubs and their allies. Oregon State Univ. Press, Corvallis. 219 pp.
5. Lago, P.K., R. Lewis-Post, & C.Y. Oseto, 1979. The Phytophagous Scarabaeidae and Troginae (Coleoptera) of North Dakota. North Dakota Insects Publ. No. 12 Schafer-Post Series. 131 pp.
6. Morón, M.A. 1994. Coleópteros Melolonthidae, sus hospederas y distribución en México. EN: Catálogo de Plagas Agrícolas de la República Mexicana. Soc. Mex. Entomol., Dir. Gral. Sanidad Veg. SARH, IICA, México. (en prensa)
7. King, A.B.S. y J.L. Saunders, 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. TDRI-CATIE-ODA, Londres. pp. 90-94
8. Pardo-Locarno, L.C., P. Franco-Cruz y A.A. Alarcón-Gaviria. 1993. Contribución al conocimiento de las "chisas" (Col. Scarabaeoidea) de San Antonio, Cauca, Colombia. EN: M.A.Morón (comp.) Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Publ. Esp. Soc. Mex. Entomol. e Inst. Ecología, México. pp. 91-104
9. Costa-Lima, A. da,. 1953. Insectos do Brasil. 8º tomo, Cap. XXIX, Coleópteros, 2ª parte. Escola Nac. Agronomia, Ser. Didáctica No. 10. pp.33-69
10. Gassen, D.N. 1989. Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil. EMBRAPA-CNPT. Documentos, 13, Passo Fundo. pp.15-18
11. González, R.H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Univ. Chile - BASF, Santiago. pp.205-208

12. Forbes, S.A. 1907. On the life history, habits and economic relations of the white-grubs and May-beetles. Bull.No. 116. Univ. Illinois Agric. Exp. Sta. Urbana, Ill.pp. 447-480
13. Davis, J.J. 1918. Common white grubs. U.S. Dep. Agric. Farmers' Bull. 940. 28 p.
14. Lim, K.P., R.K. Stewart & W.N. Yule, 1980. A historical review of the bionomics and control of *Phyllophaga anxia* (LeC.) (Col. Scarab.) with special reference to Quebec. Ann. Soc. ent. Québec, 25: 163-178
15. Michel, J.B. 1978. Importancia económica de las plagas del suelo en el estado de Jalisco. EN: Memoria I Mesa Redonda Plagas del Suelo. Guadalajara, Jal. Soc. Mex. Entomol. México. pp. 53-59
16. Eickstedt, H.v. 1978. Producción de maíz en E.U.A., combate de plagas del suelo y rendimientos promedio. EN: IBIDEM. pp.21-26
17. Ríos-Rosillo, F. y S. Romero-Parra, 1982. Importancia de los daños al maíz por insectos del suelo en el estado de Jalisco, México. Folia Entomol. Mex. 52: 41-60
18. Fleming, W.E. 1968. Biological control of the Japanese beetle. U.S. Dep. Agr.Tech. Bull. No. 1383. 78 pp.
19. Klein, M.G. 1992. Use of *Bacillus popilliae* in Japanese beetle control. IN: T.A. Jackson & T.R. Glare (eds.) Use of pathogens in scarab pest management. Intercept, Andover, Hampshire. pp. 179-189
20. Plank, H.K. 1948. Life history, habits, and control of the coconut rhinoceros beetle in Puerto Rico. Bull. 45, Federal Exp. Sta. Puerto Rico, USDA. 35 pp.
21. Crocker, R.L., D. Marshall & J.S. Kubica-Breier, 1990. Oat, wheat, and barley resistance to white grubs of *Phyllophaga congrua* (Col. Scarabaeidae) J. Econ.Entomol. 83(4): 1558-1562
22. Rodríguez del Bosque, L.A., 1988. *Phyllophaga crinita* Burm. (Col. Melolonthidae). Historia de una plaga del suelo (1855-1988). EN: Memoria III Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo, Morelia, Mich. México. Soc. Mex. Entomol. e ICI-México. pp. 53-79

**SIMPOSIO
EXTRACTOS
DE PLANTAS
CON PODER
INSECTICIDA**

RETROSPECTIVA DE LOS PLAGUICIDAS DE ORIGEN VEGETAL

Lucia Atehortúa¹

MARCO GENERAL

Desde los tiempos prehistóricos, la lucha por la supervivencia del hombre siempre ha estado ligada al conocimiento, manejo y apropiación de su entorno y en especial a los organismos que coexisten con el y que compiten por las mismas necesidades básicas vitales.

El alimento como una de las necesidades básicas, ha moldeado el comportamiento de todos los seres vivos que habitan nuestro planeta y el hombre no ha escapado a este hecho. Toda la historia del hombre y el desarrollo de las grandes civilizaciones, han mostrado como estos procesos de comportamiento y sus hábitos alimenticios se han ido remodelando a través del tiempo y el espacio. El éxito de la supervivencia del HOMO SAPIENS, se ha debido en gran parte a su capacidad para enfrentar, tolerar y coexistir con el resto de organismos a su alrededor y que también dependen de ese alimento básico vital.

La vida sedentaria y nómada del hombre primitivo, le permitió la posibilidad de realizar observaciones, acumular y apropiarse conocimientos empíricos sobre la evolución de los organismos, sus patrones de comportamiento, sus ciclos de vida, dándole especial énfasis a aquellos que él consideraba "nocivos" para su supervivencia, al mismo tiempo que acumulaba información sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas alimenticias, llevándolo a desarrollar procesos selectivos de especies y cultivos, para evitar la competencia con los herbívoros y otros organismos patógenos. El perfeccionamiento de este conocimiento conjuntamente con el uso de nuevas herramientas, es lo que ha hecho factible el avance científico-tecnológico de la agricultura. La selección de semillas mejoradas y el fitomejoramiento ha dado sus frutos, pero todavía no se ha ganado la batalla contra los "competidores" por ese alimento básico.

Durante este siglo, con el desarrollo de la Química, se descubrieron principios activos que podían "aniquilar" a los más temibles competidores del hombre por esos alimentos básicos, es decir, a los insectos herbívoros y a un gran número de patógenos que afectan las grandes producciones agrícolas. La síntesis de estos principios activos permitió su producción a escala industrial durante la década de los años 50 y es aquí donde surge el nuevo paradigma de la agricultura y hoy conocida como la segunda revolución después de la industrial: LA REVOLUCION VERDE y con ella el auge de la industria petroquímica y agroquímica.

¹ Ph.D. Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. A.A. 1226, Medellín. Fax (574) 2638282.

A pesar del impacto generado sobre el aumento de la producción agrícola, no fue sino hasta 1962, cuando la escritora norteamericana Raquel Carson, con su libro "Primavera silenciosa" plantea un nuevo paradigma ambiental, al mostrar a manera de fábula, la historia de una ciudad donde la primavera, jamás arribó, las plantas no florecieron, la vegetación del campo se tornó café, los animales domésticos no se reprodujeron, los peces del arroyo desaparecieron y no se observaron ni pájaros ni abejas; tan solo se observó desde el cielo la caída de un polvo fino que cubría todo con un manto blanco. El carácter diabólico de este extraño episodio fue el hombre y el polvo fino eran los insecticidas sintéticos (DDT).

La aparición de este libro abrió la conciencia y el pensamiento de los miles de lectores que empezaron a cuestionar el uso indiscriminado de estos insecticidas y su efecto a nivel del medio ambiente. Posterior a este hecho, surgieron una explosión de artículos científicos que demostraban el carácter "nocivo" sobre el medio ambiente de estos agroquímicos. Su impacto, llevó a la desaparición del uso del DDT debido a su extrema persistencia, toxicidad, bioacumulación y su tendencia a causar daños a la salud de todos los organismos vivos.

De nuevo, la atención se centró en la necesidad de replantear nuevas estrategias que permitieran generar productos más seguros, biodegradables, de baja persistencia y que no tuvieran un impacto negativo sobre el medio ambiente, para poder ejercer un control sobre las plagas que afectan la producción agrícola y que ponen en peligro la supervivencia de millones de seres humanos.

Durante la década de los años 70, se abre la puerta a la tercera revolución del siglo 20, la REVOLUCION BIOTECNOLOGICA, convirtiéndose en el nuevo paradigma de la ciencia y la tecnología de este siglo.

Las nuevas técnicas de manipulación genética y moleculares del ADN, hacen factible la transformación ad hoc de cualquier organismo viviente, incluyendo al hombre y con esto la posibilidad de enfrentar a nuestros competidores con otras nuevas armas.

La Biotecnología, brinda la posibilidad de aislar genes de cualquier organismo y transferirlos a otros para generar una función que antes no era posible desarrollar por el organismo transgénico. Lo anterior implica además, la desaparición de las barreras biológicas entre los organismos que habitan el planeta y plantea la posibilidad de convertir en realidad las fantasías de los antiguos griegos con las figuras mitológicas del minotauro, del unicornio, del pegaso, es decir nos lleva de la ciencia ficción a un a realidad que genera asombro e incertidumbre. Sin embargo, desde el punto de vista bioético y aún desde el práctico, la Revolución Biotecnológica, está todavía en sus comienzos, para poder evaluar su verdadero impacto a nivel ambiental, aunque se hace apremiante la creación de un Consejo de Bioseguridad, que permita analizar, simular y predecir los posibles riesgos

y beneficios que cada proceso y producto biotecnológico pueda tener sobre el medio ambiente y especialmente sobre el medio ambiente tropical, donde existe una intrincada maraña de interrelaciones ambientales entre los organismos (biodiversidad) y de los cuales depende la estabilidad de este frágil ecosistema.

Es importante enfatizar, que aunque la rapidez del desarrollo científico-tecnológico nos abrume, es necesario hacer un alto en el camino para sentarnos a pensar, estudiar y evaluar cada paso en la aplicación de las nuevas biotecnologías, para que no suceda una tragedia como la experimentada con la Revolución Verde, cuyo costo ambiental todavía no lo hemos podido estimar y valorar. Vale la pena recordar, que es la supervivencia del ser humano y su entorno lo que está en juego. La Bioética y la Bioseguridad, cobran aquí su importancia y relevancia para el futuro de la humanidad.

Por otro lado, los problemas ambientales de hoy nos han llevado a re-evaluar el manejo del ambiente, basados en los conocimientos empíricos y científicos que el hombre ha acumulado en el tiempo y a volver hoy a repensar y reutilizar los conocimientos que la naturaleza nos brinda para enfrentar una coexistencia pacífica.

En resumen, el hombre enfrenta hoy 3 estrategias básicas para el control integral de plagas:

1. La Biotecnología,
2. El control biológico,
3. Uso de Biopesticidas de origen natural.

La creciente explosión demográfica y la necesidad apremiante de generar alimento suficiente para todos, hace urgente la necesidad de encaminar los esfuerzos científicos hacia la generación de nuevas fuentes alimenticias y hacia nuevas técnicas para el control integrado de los "competidores", con el fin de garantizar la producción alimentaria y asegurar la supervivencia de millones de seres humanos al igual que la estabilidad del medio ambiente que los rodea.

En el presente artículo, se tratará de ofrecer a ustedes una visión retrospectiva del uso de "BIOPESTICIDAS DE ORIGEN VEGETAL", como una de las tres alternativas para el control integral de nuestros "competidores".

BIOPESTICIDAS DE ORIGEN VEGETAL

Las sustancias activas derivadas de las plantas, han sido utilizadas como plaguicidas desde tiempos antiguos. Durante la era de los plaguicidas sintéticos fueron abandonados y hoy su estudio contribuye a una aproximación en la estrategia para el control integrado de plagas (Arnason *et al*, 1989).

La aparición de los organismos autotrofos (fotosintéticos) fue posterior a los microorganismos pero anterior a la de los organismos heterotrofos. La presión selectiva ejercida con la aparición de los herbívoros y las plagas de plantas, han contribuido probablemente a la evolución de agentes naturales protectivos o sustancias de autodefensa, designados para romper la fisiología, el comportamiento y los hábitos alimenticios de esas plagas naturales y de esta manera asegurar su supervivencia, evolución y desarrollo.

Los biopesticidas botánicos son productos naturales que pertenecen al grupo de los llamados "metabolitos secundarios", los cuales incluyen una gama de productos químicos, entre los cuales sobresalen los alcaloides, los terpenoides, las cumarinas, los fenoles, entre muchos otros químicos secundarios.

Estas sustancias no tienen una función conocida en las fotosíntesis, en el crecimiento y en la fisiología de las plantas. Sin embargo, su actividad biológica sobre otros organismos tales como virus, bacterias, hongos, moluscos, nemátodos e insectos está bien documentada en la literatura sobre Ecología Química.

Aparentemente, casi cada especie vegetal ha desarrollado un complejo de sustancias químicas único, que la protege contra sus depredadores naturales; de esta manera el reino vegetal ofrece un universo de principios activos que ejercen casi cualquier actividad biológica imaginable. Además, muchos plaguicidas botánicos tienen la ventaja de proveer modos de acción novedosos, que reducen el riesgo de resistencia cruzada (Arnason *et al.*, 1989)

Las investigaciones en esta área, han descubierto mecanismos sutiles pero efectivos para el control de plagas. Entre estos mecanismos podemos citar entre otros los siguientes:

- sustancias antiovopositoras,
- sustancias que modifican los hábitos alimenticios,
- sustancias disuasoras,
- sustancias repelentes,
- sustancias antialimenticias (impalatables),
- sustancias inhibidoras de crecimiento,
- sustancias atrayentes,
- sustancias herbicidas,
- sustancias quimioesterilizantes,
- sustancias alelopáticas,
- sustancias venenosas,
- sustancias de acción sinergista.

Además de una gama de complejos químicos que actúan exclusivamente sobre determinados organismos tales como:

- viricidas,
- bactericidas,
- fungicidas,
- nematocidas,
- molusquicidas,
- insecticidas,
- rodenticidas.

Sin embargo, dentro de esta misma clase de organismos, existen especies benéficas que mantienen el equilibrio ecológico, ya que actúan como controladores naturales de estas mismas plagas y de ahí la dificultad de desarrollar sustancias bioactivas que sean efectivas, biodegradables y especialmente selectivas, contra aquellos organismos que causan pérdidas económicas y deterioro de los cultivos. Dentro de este contexto y basados en los principios bioactivos de plantas, parece ser que éstas tengan un futuro promisorio para resolver parte de este dilema.

Entre los principales compuestos bioactivos descubiertos y corroborados científicamente podemos citar entre otros los siguientes: piretroides, alcaloides, acetogeninas, agarofuranos, limonoides, cumarinas, etc.

Para una sabia y razonable utilización de estos biopesticidas de origen vegetal, es necesario ante todo conocer amplia y profundamente a quien deseamos controlar con ese producto. Es por eso que se hace indispensable el aporte multidisciplinario para el desarrollo de una verdadera estrategia de control integral, donde intervengan expertos de diferentes disciplinas que nos permitan adquirir un dominio sobre todos los aspectos ambientales relacionados con las interrelaciones entre organismos. Como primera instancia, se recomienda conocer y dominar entre otros aspectos los siguientes:

1. la ecología de los organismos patógenos y las plagas,
2. sus ciclos de vida,
3. sus hábitos alimenticios,
4. sus vulnerabilidades,
5. sus fortalezas.

Los anterior, nos permitirá utilizar toda una variedad de controles que van desde el biológico, cultural, mecánico, botánico hasta la posibilidad de utilizar las técnicas biotecnológicas.

PLANTAS CON POTENCIAL VIRICIDA

Los virus conjuntamente con los recién descubiertos "priones" son segmentos de DNA o RNA que poseen la capacidad de utilizar la maquinaria de otras células para su

reproducción. Tienen además, la capacidad de producir una capa proteica a su alrededor que los protege cuando se desplazan de uno a otro huésped. Otros los definen como los organismos o moléculas "vivientes" más pequeños de la naturaleza, con capacidad de autoreplicarse. Los virus son parásitos obligados ya que no pueden vivir fuera de las células vivas, de ahí la dificultad para utilizar algunos grupos de éstos, como controles naturales de algunos patógenos, ya que la producción a escala industrial implica altos costos y alta tecnología para el manejo de células vivas.

Los virus se diseminan de planta a planta en un sinnúmero de maneras. Los insectos actúan como vectores, especialmente los áfidos, las moscas blancas o los microorganismos. Se dice que un áfido puede transportar hasta 50 diferentes tipos de virus. Además se pueden transmitir por plantas parásitas, suelos infestados o con los utensilios con los que se realizan las labores culturales. Debido a que los virus pueden invadir cualquier tejido de la planta, cualquier planta infectada que se propague por bulbos, estacas o semillas, será portadora de ese virus. El cultivo de tejidos a través de meristemos, ofrece la "única" alternativa posible para producir plantas libres de virus, ya que estos tejidos por su capacidad de reproducirse más rápidamente que éstos, generan tejidos que no son infectados por los virus (Kyte, 1987).

Con relación a plantas con principios antivirales, son pocos los reportes que hacen mención de este tema. En 1991 un grupo de científicos alemanes encabezados por Zinsmeister, reportaron que las Briofitas, son el único grupo vegetal en el cual no se han encontrado virus, lo que hace suponer la presencia de compuestos bioactivos contra este grupo de patógenos.

El inventario de la Flora de Antioquia, reporta cerca de 400 especies diferentes de briofitas, que podrían ser estudiadas como potencial antiviral.

Igualmente, Doel Soejarto (1992), reporta principios activos conocidos como Calanolides de la especie *Calophylum lanigerum* (Clusiaceae). Estos bioactivos actúan como virus estáticos contra el virus del Sida (HIV).

BIBLIOGRAFIA

- ARNASON, J. T. et al. 1989. Insecticides of plant origin A.C.S. Symposium, Series 387. American Chemical Society. Washington. D.C.
- KYTE, Lydianae. 1987. Plantas from test tubes: an introduction to micropropagation. Timber Press. Portland, Oregon.
- RAVEN, P. et al. 1991. Biología de las plantas. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, Bogotá.

SOEJARTO, D.D. *et al.* 1992. *Journal of Medicinal Chemistry*.

ZINSMEISTER, H.D.; H. BECKER and T. Eicher. 1991. Bryophytes, a source of biologically active naturally occurring material? *Angw. Chem. Int. Ed. Engl.* (30): 130-147.

PLANTAS CON POTENCIAL BACTERICIDA

De acuerdo a la nueva clasificación de los seres vivos (biodiversidad), las bacterias o procariotes, pertenecen al REINO MONERA. Este grupo de organismos, se caracterizan por carecer de envolturas nucleares, plastos y mitocondrias. Presentan una organización unicelular de células aisladas o en colonias y carecen de conexiones protoplasmáticas entre las células. Algunas son fotoautótrofas (Cianobacterias) o quimioautótrofas. Su reproducción es predominantemente por división celular aunque pueden existir recombinaciones genéticas en bastantes grupos. Pueden ser móviles o bien inmóviles (Raven, 1991).

Algunas bacterias se utilizan ampliamente en el control biológico como es el caso del *Bacillus thuringiensis*. Otras viven únicamente sobre organismos muertos y a éstas se les denomina saprófitas, mientras otras viven en organismos vivos como parásitas y/o patógenas; o en asociaciones simbióticas como es el caso de las bacterias nitrificantes. Las bacterias se transportan por agua, aire y suelo y gracias a su producción enzimática, pueden penetrar cualquier poro, herida o célula.

Las plantas se defienden de su ataque, mediante la producción de sustancias bactericidas (antibióticos), que actúan inhibiendo sus enzimas, su crecimiento y desarrollo o aniquilándolas.

Entre las especies vegetales con potencial bactericida podemos citar las siguientes:

Briofitas

Algunas especies del género *Marchantia* (*Hepaticae*) y del género *Sphagnum*, aunque en general la mayoría de las especies de Briofitas no son atacadas por una gran mayoría de bacterias patógenas.

A nivel de especies superiores, se han reportado las siguientes especies:

- *Aesculus pavia* (Hippocastanaceae). Toda la planta,

- *Allium sativum* (Alliaceae). Bulbos, tallos, hojas y flores,
- *Argemone mexicana* (Papaveraceae). Toda la planta,
- *Citrus medica* (Rutaceae). El aceite esencial de sus hojas y frutos,
- *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). Tallos, hojas y frutos,
- *Lycopersicon hirsutum* (Solanaceae). Tallos, hojas y frutos.
- *Lycopersicon peruvianum* (Solanaceae). Toda la planta,
- *Madhuca indica* (Sapotaceae). Bulbos y semillas,
- *Moringa oleifera* (Moringaceae). Hojas,
- *Pinus mugo* (Pinaceae). Toda la planta,
- *Ricinus communis* (Euphorbiaceae). Toda la planta, aceite,
- *Sapindus utilis* (Sapindaceae). Toda la planta,
- *Sauromatum guttatum* (Araceae). Flores,
- *Sassafras albidum* (Lauraceae). Raíz, corteza y aceite,
- *Tagetes erecta* (Asteraceae). Raíces, hojas y flores,
- *Tanacetum vulgare* (Asteraceae). Flores y aceite,
- *Thevetia peruviana* (Apocynaceae). Hojas, frutos y látex,
- *Tropaeolum majus* (Tropaeolaceae). Toda la planta.

BIBLIOGRAFIA

RAVEN P. 1991. Biología de las plantas. Editorial Reverte. Barcelona, Bogotá.

ZINSMEISTER, D. et al. 1991. Bryophytes, a source of biologically active, naturally occurring material? *Angew Chem. Inst. Ed. Engl.* 30: 130-

PLANTAS CON POTENCIAL FUNGICIDA

Los hongos pertenecen al REINO FUNGI (Raven, 1991). Este grupo de organismos se caracteriza por ser Eucaryotes, filamentosos, inmóviles. Carecen de plastos y fotopigmentos. Absorben sus nutrientes de organismos vivos o muertos (simbiontes, parásitos y saprófitos). Poseen una "elasticidad" genética que les permite crecer en una amplia gama de condiciones ambientales y sustratos dando origen a ecotipos o razas difíciles de controlar. Dentro de todos los organismos vivientes son quizás los mejores equipados enzimáticamente. Su arsenal enzimático, les permite penetrar y atacar todo tipo de materia orgánica e inerte. Igualmente son los mejores productores de antibióticos y tienen además la capacidad de establecer relaciones con una variada gama de organismos tales como algas para generar otro grupo conocido como líquenes, o asociarse con las raíces de las plantas y formar micorrizas. Los hongos, son quizás los organismos que mas daño económico producen a la agricultura. Sin embargo, también constituyen una fuente casi inagotable de nuevos productos químicos y biológicos (bioproductos), como es el caso de *Beauveria bassiana*, que es utilizada ampliamente para el control de numerosos insectos. Otro género importante es el *Amanita* (Agaricaceae).

Entre las especies vegetales reportadas y observadas con potencial como fungicidas podemos citar las siguientes:

Briofitas (Musgos y afines)

De acuerdo a mis observaciones personales, los helechos y afines representan un grupo promisorio para la búsqueda de fungicidas, ya que la mayoría de los géneros no se ven afectados por este tipo de plagas. Dentro de este grupo conocidos como Pteridofitas, podemos citar los siguientes géneros (Tryon & Tryon, 1982):

- Ophiolossum (Ophioglossaceae)
- Marattia (Marattiaceae)
- Anemia (Schizaeaceae)
- Lygodium (Schizaeaceae)
- Schizaea (Schizaeaceae)
- Gleichenia (Gleicheniaceae)

- *Dicranopteris* (Gleicheniaceae)
- *Dicksonia* (Dicksoniaceae)
- *Lophosoria* (Lophosoriaceae)
- *Cyathea* (Cyatheaceae)

Numerosos géneros de las siguientes familias:

- Pteridaceae; Vittariaceae; Denstaedtiaceae; Thelypteridaceae; Dryopteridaceae; Aspleniaceae; Davalliaceae; Blechnaceae; Polypodiaceae.

Entre los grupos superiores se han reportado las siguientes especies, entre otras:

- *Abelmoschus esculentum* (Malvaceae). Hojas,
- *Acer pseudo-platanus* (Aceraceae). Toda la planta,
- *Aerva lantana* (Amaranthaceae). Hojas,
- *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae). Frutos,
- *Allium sativus* (Alliceae). Bulbos, hojas, flores y látex,
- *Anemone nemorosa* (Ranunculaceae). Toda la planta,
- *Argemone mexicana* (Papaveraceae). Toda la planta,
- *Atractylis ovata* (Asteraceae). Toda la planta,
- *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). Toda la planta,
- *Averrhoa bilimbi* (Averrhoaceae). Hojas,
- *Azadirachta indica* (Meliaceae). Toda la planta,
- *Basella alba* (Basellaceae). Hojas,
- *Bellis perennis* (Asteraceae). Toda la planta,

- *Beta vulgaris* (Chenopodiaceae). Hojas,
- *Blumea balsamifera* (Asteraceae). Toda la planta,
- *Brassica integrifolia* (Brassicaceae). Hojas,
- *Callicarpa candicans* (Verbenaceae). Hojas,
- *Caltha palustris* (Ranunculaceae). Toda la planta,
- *Carica papaya* (Caricaceae). Raíces, hojas, frutos,
- *Castanea sativa* (Fagaceae). Toda la planta,
- *Catharanthus roseous* (Apocynaceae). Hojas,
- *Citrus medica* (Rutaceae). Aceite,
- *Clerodendrum indicus* (Verbenaceae). Raíces,
- *Clinopodium vulgare* (Labiatae). Toda la planta,
- *Corchorus olitorium* (Tiliaceae). Hojas,
- *Cornus sanguinea* (Cornaceae). Toda la planta,
- *Cymbopogon citratus* (Poaceae). Hojas,
- *Datura stramonium* (Solanaceae). Toda la planta,
- *Derris elliptica* (Fabaceae). Hojas,
- *Endymion non-eriptus* (Liliaceae). Hojas,
- *Erythroxylum coca* (Erythoxilaceae). Hojas,
- *Euphorbia hirta* (Euphorbiaceae). Hojas,
- *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae). Hojas,
- *Gardenia jasminoides* (Rubiaceae). Hojas,

- *Hedera helix* (Araliaceae). Toda la planta,
- *Heliotropium parviflorus* (Boraginaceae). Hojas,
- *Hieracium boreale* (Asteraceae). Toda la planta,
- *Hymenaea courbaril* (Leguminosae). Hojas,
- *Impatiens balsamina* (Balsaminaceae). Hojas,
- *Ipomoea acuatica* (Convolvulaceae). Hojas,
- *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae). Hojas,
- *Ixora coccinea* (Rubiaceae). Hojas,
- *Jatropha gossypifolia* (Euphorbiaceae). Tallo, hojas, frutos,
- *Lawsonia inermis* (Lythraceae). Tallo,
- *Leucosyke capiteollata* (Urticaceae). Bulbos,
- *Lonicera peridymenum* (Caprifoliaceae). Hojas,
- *Lycopersicon hirsutum* (Solanaceae). Toda la planta,
- *Lycopersicon peruvianum* (Solanaceae). Toda la planta,
- *Lycopersicon pimpinellifolium* (Solanaceae). Toda la planta,
- *Madhuca indica* (Sapotaceae). Bulbos, semillas,
- *Medicago lupulina* (Fabaceae). Toda la planta,
- *Mentha arvensis* (Lamiaceae). Hojas,
- *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae). Hojas y flores,
- *Nerium indicum* (Apocynaceae). Toda la planta y látex,
- *Pastinaca sativa* (Apiaceae). Raíces,

- *Pimpinella saxifraga* (Apiaceae). Toda la planta,
- *Pinus sylvestris* (Pinaceae). Toda la planta,
- *Portulaca oleraceae* (Portulacaceae). Hojas,
- *Primula vulgaris* (Primulaceae). Toda la planta,
- *Prunus caroliniana* (Rosaceae). Toda la planta,
- *Pseudocalymma alliaceum* (Bignoniaceae). Hojas,
- *Psidium guajava* (Myrtaceae). Hojas,
- *Pyrus serrulata* (Rosaceae). Hojas,
- *Salix fragilis* (Salicaceae). Hojas,
- *Salix purpurea* (Salicaceae). Hojas,
- *Samanea saman* (Mimosaceae). Hojas,
- *Scrophularia nodosa* (Scrophulariaceae). bulbos,
- *Solanum lycopersicum* (Solanaceae). Hojas,
- *Solanum tuberosum* (Solanaceae). Hojas,
- *Stachytarpheta jamaicensis* (Verbenaceae). Hojas,
- *Sterculia foetida* (Sterculiaceae). Hojas, semillas y aceite,
- *Symphytum officinale* (Boraginaceae). Hojas,
- *Tabernaemontana pandacaqui* (Apocynaceae). Hojas,
- *Tagetes erecta* (Asteraceae). Raíces, flores,
- *Tagetes patula* (Asteraceae). Raíces,
- *Tamus comunis* (Dioscoreaceae). Toda la planta,

- *Teucrium polium* (Lamiaceae). Toda la planta,
- *Virbunum lanatum* (Caprifoliaceae)
- *Vitex negundo* (Verbenaceae). Tallo, hojas, frutos, aceite,
- *Zebrina pendula* (Commelinaceae). Hojas,
- *Zingiber officinale* (Zingiberaceae). Raíces,

BIBLIOGRAFIA

- RAVEN, P. et al. 1991. Biología de las plantas. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, Bogotá.
- TRYON, R. and A. Tryon. 1982. Ferns and allies plants with special reference to Tropical America.
- ZINSMEISTER, D. et al. 1991. Bryophytes, a source of biologically active, naturally occurring material? *Angew Chem. Inst. Ed. Engl.* 30: 130-147.

PLANTAS CON POTENCIAL NEMATICIDA

La mayoría de las plantas tanto cultivadas como silvestres, son presa de uno o varias especies de nemátodos, conocidos comúnmente como gusanos redondos o gusanos anguilas. Los nemátodos son una de las mayores causantes de pérdidas de cosechas agrícolas y aunque sus actividades son menos espectaculares que aquellas causadas por insectos, su acción es perjudicial. Ellos son microscópicos y están presentes en el mar, agua y suelo. Se conocen no solo como parásitos de plantas sino también de animales incluyendo al hombre. Sin embargo, algunas especies de vida libre son conocidas como benéficas.

Los nemátodos pertenecen al Phylum Nematelminthes. A pesar de su tamaño tan pequeño, son animales complejos y poseen un sistema corporal como el de los animales superiores tales como sistema digestivo, nervioso, reproductivo y varias clases de músculos. Sin embargo, carecen de un sistema respiratorio y circulatorio organizado.

Se conocen más de 70 géneros y 1000 especies, entre las cuales vale destacar el género *Meloidogyne*, el cual vive asociado a las raíces de más de 1700 especies de plantas. Algunos son endoparásitos, mientras otros son ectoparásitos. Estos nemátodos depositan

sus huevos directamente sobre las raíces o en el suelo alrededor de la planta. Ciertos nemátodos estimulan la formación de agallas formando nudos sobre las raíces, bloqueando la circulación y el flujo de nutrientes a través de la planta; otros penetran a las hojas devorando el contenido de la célula, mientras otros permanecen en la superficie, con la cabeza incrustada dentro de la planta para succionar la savia. Estos últimos disminuyen el vigor de la planta y abren heridas que son la entrada para virus, bacterias y hongos.

Entre los principales síntomas de daño causados por nemátodos están: malformación de hojas, flores y estructura de raíces; disminución del tamaño de la planta (enanismo) asociado con un pobre desarrollo de raíces, hojas y flores, a veces clorosis foliar.

Debido a la diversidad de nemátodos presentes en el suelo, se requiere de un especialista para que determine cuáles de esas especies son benéficas y cuáles no y de esta manera aplicar los correctivos para su control.

Entre las prácticas culturales para su control se utiliza desinfección de suelos, eliminación de plantas infestadas, rotación de cultivos, uso de plantas resistentes y optimización del control biológico utilizando hongos, depredadores y parásitos de nemátodos, al igual que plantas productoras de sustancias repelentes o nematicidas.

Entre las especies vegetales reportadas con potencial nematicida podemos citar las siguientes:

- *Aconitum anthrox* (Ranunculaceae). Flores,
- *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae). Frutos,
- *Allioni incarcanata* (Nyctaginaceae). Toda la planta,
- *Ailanthus altissima* (Simarubaceae)
- *Aloe barbadensis* (Liliaceae). Hojas,
- *Andrographis paniculata* (Acanthaceae). Toda la planta,
- *Angelica pubescens* (Apiaceae). Toda la planta,
- *Arachis hypogea* (Fabaceae). Tallos, hojas,
- *Areca catechu* (Palmae). Hojas,
- *Argemone mexicana* (Papaveraceae). Toda la planta,

- *Arisaema puberulenta* (Araceae). Raíz,
- *Arisaema speciosa* (Araceae). Raíz,
- *Aristolochia rotunda* (Aristolochiaceae). Raíz,
- *Artemisia abrotanum* (Asteraceae). Hojas,
- *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae). Hojas,
- *Asclepias incarnata* (Asclepiadaceae). Hojas, flor,
- *Asparagus officinalis* (Liliaceae). Raíz,
- *Aspidum filix-mas* (Aspidiaceae). Raíz,
- *Azadirachta indica* (Meliaceae). Raíz,
- *Blabine asphodeloides* (Liliaceae). Bulbos, hojas, tallos,
- *Blumea lacera* (Asteraceae). Toda,
- *Brassica hirta* (Brassicaceae)
- *Brassica nigra* (Brassicaceae). Semillas, aceite,
- *Brassica rapa* var. *rapifera* (Brassicaceae). Raíz,
- *Calendula officinalis* (Asteraceae). Flores,
- *Calophyllum inophyllum* (Clusiaceae). Aceite,
- *Capparis spinosa* (Capparidaceae). Toda la planta,
- *Carica papaya* (Caricaceae). Raíz, hojas, frutos,
- *Cassia alata* (Caesalpinaceae). Hojas,
- *Cassia occidentalis* (Caesalpinaceae). Toda,
- *Cassia tora* (Caesalpinaceae). Corteza, tallo, hojas,

- *Catharanthus roseus* (Apocynaceae). Semillas,
- *Centrosema pubescens* (Leguminosae). Flores,
- *Cerbera odollah* (Apocynaceae). Frutos, semillas.
- *Chelone glabra* (Scrophulariaceae). Hojas,
- *Chenopodium ambrosioides* (Chenopodiaceae). Toda,
- *Chromolaena odorata* (Asteraceae). Hojas,
- *Chrysanthemum parthenium* (Asteraceae). Flores,
- *Cirsium arvense* (Asteraceae). Toda,
- *Cirsium lipskyi* (Asteraceae). Madera,
- *Citrus reticulata* (Rutaceae). Toda,
- *Crotalaria spectabilis* (Fabaceae). Hojas,
- *Croton macrostachys* (Euphorbiaceae). Toda,
- *Cymbopogon citratus* (Poaceae). Hojas,
- *Cyperus rotundus* (Cyperaceae). Raíz, hojas,
- *Daphne odora* (Thymelacaceae). Toda,
- *Datura metel* (Solanaceae). Toda,
- *Datura stramonium* (Solanaceae). Toda,
- *Derris elliptica* (Fabaceae). Raíces, hojas,
- *Dichrostachys cinera* (Mimosaceae). Raíces, hojas,
- *Dryopteris filix-mas* (Dryopteridaceae). Raíz,
- *Eclipta alba* (Asteraceae). Flores,

- *Eragrostis amabilis* (Poaceae). Hojas,
- *Filipendula vulgaris* (Rosaceae). Flores,
- *Fleurya interrupta* (Urticaceae). Toda,
- *Gardenia campanulata* (Rubiaceae). Frutos, látex,
- *Gardenia gummifera* (Rubiaceae). Corteza, goma,
- *Glycomis penthaphylla* (Rutaceae). Raíz, hojas, corteza,
- *Helianthus annuus* (Asteraceae). Toda,
- *Holarrhena antidysenterica* (Apocynaceae). Toda,
- *Hydnocarpus laurifolius* (Flacourtiaceae). Toda,
- *Hypericum pectoratum* (Hypericaceae). Toda,
- *Juglans regia* (Juglandaceae). Hojas,
- *Juniperus sabina* (Cupressaceae). Hojas,
- *Leonotis leonurus* (Lamiaceae). Raíz,
- *Madhuca indica* (Sapotaceae). Semillas,
- *Mammea americana* (Clusiaceae). Toda,
- *Mangifera indica* (Anacardiaceae). Hojas,
- *Matricaria recutita* (Asteraceae). Flores,
- *Melia azederach* (Meliaceae). Toda,
- *Momordica charantia* (Cucurbitaceae). Toda,
- *Moringa pterygosperma* (Rubiaceae). Hojas,
- *Nasturtium officinalis* (Brassicaceae). Hojas,

- *Nerium indicum* (Apocynaceae). Toda,
- *Onosmodium occidentale* (Boraginaceae). Toda,
- *Oryza sativa* (Poaceae). Hojas,
- *Orthemium hysterophorus* (Asteraceae). Aceite,
- *Peristrophe bicalyculata* (Acanthaceae). Toda,
- *Petiveria alliacea* (Portulacaceae). Hojas,
- *Pterocarpa stenoptera* (Juglandaceae). Corteza, hojas,
- *Punica granatum* (Punicaceae). Semillas,
- *Pyrus usuriensis* (Rosaceae). Raíz,
- *Ricinus communis* (Euphorbiaceae). Toda,
- *Santolina chamaecyparissus* (Asteraceae). Tallos,
- *Solanum ballsii* (Solanaceae). Toda,
- *Solanum pampasense* (Solanaceae). Raíz,
- *Solanum sucrense* (Solanaceae). Raíz,
- *Sphaeranthus indicus* (Asteraceae). Toda,
- *Spigelia anthelmia* (Loganiaceae). Toda,
- *Spigelia marilandica* (Loganiaceae). Raíz,
- *Stachytarpheta jamaicensis* (Verbenaceae). Hojas,
- *Tagetes erecta* (Asteraceae). Tallos, flores,
- *Tagetes lucida* (Asteraceae). Raíces,
- *Tagetes minuta* (Asteraceae). Hojas,

- *Tagetes patula* (Asteraceae). Raíz,
- *Tanacetum vulgare* (Asteraceae). Flores, aceite,
- *Tephrosisa virginiana* (Fabaceae). Raíz.

BIBLIOGRAFIA

- ARNASON, J.T. et al. (Editors). 1989. Insecticides of plant origin. A.C.S. Symposium series. American Chemical. Society, Washington, D.C.
- GRAINGE, Michael et al. 1985. Plant species reportedly possessing pest control properties. -An EWC/UH. Data base. Resources Systems Institute. East-West Center Honolulu College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii.
- MAI, W.F. and H.H. Lyon. 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. 4th. edition. Comstock Publishing Ass. Cornell University Press. Ithaca & London.
- SECOY, D.M. and A.E. Smith. 1983. Use of plant control of agricultural and domestic pest. *Economy Botany*. 37(1): 28-57.
- STOLL, Gaby. 1989. Protección natural de cultivos en las zonas tropicales. Ed. Científica. Josef Margraf. Alemania Federal.
- YEPSEN, Roger B. (Ed.). 1986. Organic plant protection. Rodale Press Inc. Emmaus, Pennsylvania.

PLANTAS CON POTENCIAL MOLUSQUICIDA

Los moluscos que atacan plantas pertenecen al Phylum Mollusca Clase Gastropoda y son comúnmente conocidos como caracoles y babosas. Estos organismos se caracterizan porque poseen un cuerpo blando, con simetría bilateral y concha. Tienen un órgano conocido como pie el cual es utilizado para trepar. Poseen una cavidad llamada manto, recubierta por una envoltura de ese mismo nombre que recubre el cuerpo y secreta la concha. La cabeza tiene ojos y tentáculos. La mandíbula es un órgano que raspa el alimento mediante la rádula que son líneas de dientes quitinosos. Estos moluscos son pulmonados y por eso pueden vivir en tierra o en el agua y son carnívoros y herbívoros. Los sexos son separados o en algunas ocasiones hermafroditas.

Entre las especies reportadas como molusquicidas podemos citar las siguientes:

- *Citrus mitis* (Rutaceae). Frutos,
- *Croton tiglium* (Euphorbiaceae). Semillas,
- *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). Corteza, hojas, frutos y semillas,
- *Nicotiana tabacum* (Solanaceae). Hojas.

BIBLIOGRAFIA

- ARNASON, J.T. et al. (Ed.). 1989. Insecticides of plant origin. A.C.S. Symposium Series. American Chemical Society. Washington, D.C.
- GRAINGE, Michael et al. 1985. Plant species reportedly possessing pest-control properties -an EWC/UH Database. Resources Systems Institute, East-West Center. Honolulu, College of Tropical Agriculture & Human Resources. Univ. of Hawaii.
- SECOY, D.M. and A.E. Smith. 1983. Use of plant control of agricultural and domestic pest. *Economy Botany*. 37(1): 28-57.
- STOLL, Gaby. 1989. Protección natural de cultivos en las zonas tropicales. Ed. Científica. Josef Margraf. Alemania Federal.
- YEPSEN, Roger B. (Ed.). 1986. Organic plant protection. Rodale Press Inc. Emmaus, Pennsylvania.

PLANTAS CON POTENCIAL INSECTICIDA

Los insectos pertenecen al Phylum Arthropoda y es el phylum más numeroso en especies que todos los animales combinados. Cerca de más de un millón de especies han sido descritas y no hay duda de que miles de ellas permanecen aún sin descubrir. Ellos viven en casi cualquier tipo concebible de ambiente. Sobre la tierra, el agua, el suelo, el aire y desde el ártico hasta los trópicos. De ahí que difieran enormemente, en hábitat, morfología, fisiología y ciclos de vida. En general la Clase Insecta se caracteriza por poseer un cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. La cabeza tiene un par de antenas y el tórax 3 pares de patas y generalmente uno o dos pares de alas en la etapa adulta.

Debido a su gran diversidad, su clasificación es bastante difícil y se han dividido en varios órdenes sobre la base de su metamorfosis, es decir, si la poseen o no, sobre el tipo y partes de la boca y sobre tipo y número de alas, entre otras características.

Los insectos tienen una importancia vital por el papel que desempeñan en la naturaleza. Algunas especies son totalmente indispensables para los procesos de polinización y fertilización de las plantas, control natural de otras especies de insectos dañinos (depredadores). Sin embargo, gran número de especies, constituyen un verdadero problema para el hombre ya que compiten con este por la misma base alimentaria (las plantas), son vectores de numerosas enfermedades tropicales tales como Mal de Chagas, Leishmaniosis y Malaria, entre muchas otras. Igualmente constituyen un grave problema para los animales domésticos y sin lugar a duda, son los mayores causantes de pérdidas agrícolas, no solo en los cultivos sino también en los procesos postcosecha y en el almacenamiento. Por este motivo se hace imperativo un estudio no solo de sus ciclos de vida, sino también de su ecología. Las especies benéficas, constituyen uno de los principales métodos de control biológico y además una fuente de innovación en Biotecnología, por las funciones que como bioreactores, desempeñan en la transformación de la materia prima vegetal, especialmente los insectos fitófagos.

Entre los órdenes que contienen las especies más dañinas podemos citar los siguientes: Orthoptera, Isoptera, Thysanoptera, Anoplura, Hemiptera, Homoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Siphonaptera e Hymenoptera.

Entre las familias y especies de plantas reportadas por su potencial insecticida podemos citar entre otras las siguientes:

| FAMILIA | ESPECIE | PARTE UTIL |
|-------------|--------------------------------|---------------------|
| Acanthaceae | <i>Adhatoda vasica</i> | Raíces, flores |
| | <i>Andrographis paniculata</i> | |
| Aceraceae | <i>Acer carpinifolium</i> | Tallos |
| | <i>Acer negando</i> | Tallos |
| Agaricaceae | <i>Amanita muscaria</i> | Cuerpos fructíferos |
| | <i>Amanita pantherina</i> | Item |
| Agaricaceae | <i>Aerva javanica</i> | Toda |

| | | |
|----------------|---------------------------------|--|
| Amaryllidaceae | <i>Agave americana</i> | Flores |
| | <i>Allium cepa</i> | Flores, aceite |
| | <i>Allium nipponicum</i> | Raíces, hojas flores |
| | <i>Allium schoenoprasum</i> | Toda |
| Anacardiaceae | <i>Anacardium occidentale</i> | Corteza, tallos, frutos, semillas, aceite, resinas |
| Annonaceae | <i>Annona cherimolia</i> | Flores, semillas |
| | <i>Annona glabra</i> | Hojas, semillas |
| | <i>Annona muricata</i> | Semillas |
| | <i>Annona nolitui</i> | Corteza, semillas |
| | <i>Annona palustris</i> | Semillas |
| | <i>Annona reticulata</i> | Hoja, corteza |
| | <i>Annona spinescens</i> | Semillas |
| | <i>Annona squamosa</i> | Raíces, hojas frutos, semillas |
| | <i>Anodendron affine</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Denntia tripelata</i> | Frutos, aceite |
| Apiaceae | <i>Angelica sylvestris</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Carum carvi</i> | Semillas, aceite |
| | <i>Centella asiatica</i> | Toda |
| | <i>Coriandrum sativum</i> | Aceite |
| | <i>Hydrocotyle asiatica</i> | Toda |
| | <i>Hydrocotyle javanica</i> | Raíces, tallos |
| | <i>var. laxa</i> | hojas |
| Apocynaceae | <i>Amsonia elliptica</i> | Hojas |
| | <i>Apocynum adrosaemifolium</i> | Toda |
| | <i>Catharanthus roseous</i> | Hojas |
| | <i>Haplophyton cimidium</i> | Tallos hojas |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex verticillata</i> | Frutos |
| Araceae | <i>Acorus calamus</i> | Toda |
| | <i>Acorus gramineus</i> | Raíces |
| | <i>Arisaema consanguineum</i> | Toda |

| | | |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | <i>Arisaema dracontium</i> | Cormos |
| | <i>Arisaema erybescens</i> | Hojas |
| | <i>Arisaema japonicum</i> | Raíces |
| | <i>Arisaema speciosum</i> | Raíces |
| | <i>Caladium bicolor</i> | Hojas |
| Araliaceae | <i>Hedera helix</i> | Toda |
| Arecaceae | <i>Areca catechu</i> | Semillas |
| | <i>Calamus javensis</i> | Látex |
| | <i>Cryosophilia argentea</i> | Madera |
| Aristolochiaceae | <i>Aristolochia bracteata</i> | Tallos, látex |
| | <i>Aristolochia brasiliensis</i> | Toda |
| | <i>Aristolochia cornata</i> | Toda |
| | <i>Aristolochia elegans</i> | Raíces |
| | <i>Aristolochia grandiflora</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Aristolochia indica</i> | Toda |
| | <i>Aristolochia maxima</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Aristolochia rotanda</i> | Raíces |
| Asclepiadaceae | <i>Asclepias syriaca</i> | Raíces |
| | <i>Asclepias incarnata</i> | Toda |
| | <i>Asclepias labriformis</i> | Toda |
| | <i>Asclepias speciosa</i> | Hoja, flores frutos |
| | <i>Asclepias tuberosa</i> | Raíces |
| | <i>Blephrodon mucronatum</i> | Toda |
| | <i>Calotropis gigantea</i> | Toda |
| | <i>Calotropis procera</i> | Toda |
| | <i>Ceropegia dichotoma</i> | Tallos |
| | <i>Cynachum arnottianum</i> | Hojas |
| | <i>Daemia tomentosa</i> | Toda |
| Asteraceae | <i>Achillea micrantha</i> | Flores |
| | <i>Achillea millefolium</i> | Raíces |
| | <i>Achillea sibirica</i> | Tallos |
| | <i>Ageratum houstonianum</i> | Toda |

| | |
|--|-----------------|
| <i>Ambrosia psilostachya</i> | Raíces |
| <i>Anacyclus pyrethrum</i> | Raíces |
| <i>Anthemis cotula</i> | Flores |
| <i>Artemisia campestris</i> | Semillas |
| <i>Artemisia ludoviciana</i> | Toda |
| <i>Artemisia monosperma</i> | Hojas, flores |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | Tallos |
| <i>Atractylis qummifera</i> | Raíces |
| <i>Baccharis gutinosa</i> | Hojas |
| <i>Barringtonia racemosa</i> | Toda |
| <i>Bidens pilosa</i> | Toda |
| <i>Bielscheieda elliptica</i> | Toda |
| <i>Callilepis laureola</i> | Raíces |
| <i>Centipeda orbicularis</i> | Toda |
| <i>Centratherum anthel- minticum</i> | Semillas |
| <i>Chamaemelum nobile</i> | Flores |
| <i>Chrysanthemum balsamita</i> | Tallos, hojas |
| <i>Chrysanthemum caucasicum</i> | Toda |
| <i>Chrysanthemum cinera- riefolium</i> | Toda |
| <i>Chrysanthemum cocconeus</i> | Flores |
| <i>Chrsanthemum corymbosum</i> | Flores |
| <i>Chrysanthemum frutescens</i> | Toda |
| <i>Chrysanthemum marschalli</i> | Toda |
| <i>Chrysanthemum parthenium</i> | Flores |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> | Toda |
| <i>Chrysopsis villosa</i> | Toda |
| <i>Cichorium intybus</i> | Toda |
| <i>Clibodium surinamensis</i> | Frutos |
| <i>Cnicus benedictus</i> | Semilla, aceite |
| <i>Crassocephalum crepedioides</i> | Hojas |
| <i>Chinacea angustifolia</i> | Hojas |
| <i>Echinopes echinatus</i> | Raíces |
| <i>Elephantopus scaber</i> | Hojas |
| <i>Emilia tuberosa</i> | Hojas |

| | | |
|---------------|--|-----------------|
| | <i>Eriangea cordifolia</i> | Toda |
| | <i>Erigeron bellibastum</i> | Toda |
| | <i>Erigeron canadensis</i> | Toda |
| | <i>Eupatorium glandulosum</i> | Toda |
| | <i>Eupatorium japonicum</i> | Toda |
| | <i>Eupatorium maculatum</i> | Toda |
| | <i>Eupatorium perfoliatum</i> | Hojas |
| | <i>Flourensia cernua</i> | Meristemos |
| | <i>Franseria artemisioides</i> | Toda |
| | <i>Grindelia humilis</i> | Flores |
| | <i>Hedeoma pulegioides</i> | Toda |
| | <i>Henenium elegans</i> | Raíces |
| | <i>Helenium mexicanum</i> | Raíces |
| | <i>helianthus annus</i> | Toda |
| | <i>Helianthus petiolaris</i> | Toda |
| | <i>Helichrysum hookeri</i> | Toda |
| | <i>Heliopsis hellanthoides</i> | Raíces |
| | <i>Heliopsis longipes</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Heliopsis parvifolia</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Heliopsis scabra</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Hieracium japonicum</i> | Raíces |
| | <i>Hieracium pilosella</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Inula helenium</i> | Raíces |
| Balsaminaceae | <i>Impatiens longipes</i> | Toda |
| | <i>Impatiens wallerana</i> | Toda |
| Begoniaceae | <i>Begonia pearcei</i> | Toda |
| Berberidaceae | <i>Berberis aristata</i> | Tallos |
| Betulaceae | <i>Alnus firma</i> | Raíces |
| | <i>Alnus hirsuta</i> | Tallos |
| | <i>Betula platyphylla</i> | Corteza, aceite |
| | <i>Betula sollennis</i> | Hojas |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda obtusifolia</i> var. <i>rhomioifolia</i> | Toda |
| Bombacaceae | <i>Durio zobethinus</i> | Toda |

| | | |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Boraginaceae | <i>Heliotropium arborescens</i> | Toda |
| | <i>Heliotropium indicum</i> | Toda |
| Brassicaceae | <i>Armoracia rusticana</i> | Raíces, hojas |
| | <i>Brassica cernua</i> | Raíces |
| | <i>Brassica nigra</i> | Semillas, aceite |
| | <i>Brassica oleraceae</i> | Raíces |
| | <i>Brassica rapa</i> | Raíces |
| | <i>Brassica sinapis</i> | Raíces |
| | <i>Coringia orientalis</i> | Hojas, flores frutos |
| | <i>Iberis amara</i> | Toda |
| Bromeliaceae | <i>Ananas sativus</i> | Raíces |
| Burseraceae | <i>Balsamodendron playfairii</i> | Roma |
| | <i>Canarium schweiniurthil</i> | Toda |
| | <i>Boswellia serrata</i> | Toda |
| | <i>Commiphora abyssinica</i> | Aceites |
| | <i>Commiphora africana</i> | Resina |
| | <i>Commiphora myrina</i> | Goma |
| Buxaceae | <i>Buxa japonica</i> | Tallos, hojas |
| Caesalpinaceae | <i>Bandeiraea simplicifolia</i> | Hojas |
| | <i>Bauhinia purpurea</i> | Hojas |
| | <i>Caesalpinia pulcherrima</i> | Toda |
| | <i>Cassia alata</i> | Corteza, hoja |
| | <i>Cassia didymobotiya</i> | Toda |
| | <i>Cassia fistula</i> | Hojas |
| | <i>Cassia laevigata</i> | Toda |
| | <i>Cassia multiyuga</i> | Toda |
| | <i>Cassia occidentalis</i> | Toda |
| | <i>Cassia spectabilis</i> | Hojas |
| | <i>Cassia stipulacea</i> | Hojas |
| | <i>Cassia tora</i> | Corteza, hojas |
| | <i>Ceratonia siliqua</i> | Toda |
| | <i>Delonix regia</i> | Flores |
| | <i>Gleditsia amorphoides</i> | Flores |
| <i>Gymnocladus dioica</i> | Toda | |

| | | |
|-----------------|---|---|
| Cannaceae | <i>Canna indica</i> | Toda |
| Cannabinaceae | <i>Cannabis sativa</i> <i>Humus lupulus</i> | Tota Hojas Hojas |
| Capparaceae | <i>Cleomone viscosa</i> <i>Cleomone gyandra</i> | Semillas Toda |
| Capparidaceae | <i>Capparis aphylla</i> <i>Capparis horride</i> <i>Capparis spinosa</i> | Toda Toda Toda |
| Caricaceae | <i>Carica papaya</i> | Raíces, tallos, hojas, frutos. |
| Caryophyllaceae | <i>Aranaria leptoclados</i> <i>Brymaria pachyphylla</i> <i>Gypsophila paniculata</i> | Hojas Toda Toda |
| Calastraceae | <i>Celastrus angulata</i> <i>Celastrus articulatum</i> <i>Celastrus scandens</i> <i>Euonymus europaea</i> <i>Tripterygium wilfredii</i> | Raíces, corteza Raíces, corteza Hojas Hojas, frutos Raíces, corteza |
| Characeae | <i>Chara foetida</i> <i>Chara fragilis</i> | Toda Toda |
| Chenopodiaceae | <i>Anabasis aphylla</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Chenopodium ambrosioides</i> <i>Chenopodium foetidum</i> <i>Corispermum hyssopifolium</i> <i>Eurotia lantana</i> | Tallos Toda Toda Toda Toda Hojas |
| Chloranthaceae | <i>Careya arborea</i> | Toda |
| Calussiaceae | <i>Calphyllum inophyllum</i> <i>Caraipa fasciculata</i> | Aceites Látex |

| | | |
|-----------------|----------------------------------|------------------|
| Connaraceae | <i>Agelaea pentagyna</i> | Frutos |
| Convolvulaceae | <i>Calonyction muricata</i> | Látex |
| | <i>Convolvulus arvensis</i> | Tallos |
| | <i>Cuscuta americana</i> | Tallos, flores |
| | <i>Ipomoea cornea</i> | Toda |
| | <i>Ipomoea muricata</i> | Toda |
| | <i>Ipomoea purpurea</i> | Meristemos |
| Cucurbitaceae | <i>Bryonia alba</i> | Raíces |
| | <i>Citrulus colocynthis</i> | Raíces |
| | <i>Cucumis sativus</i> | Frutos, semillas |
| Cupressaceae | <i>Chamaecyparis</i> | Frutos |
| | <i>formosensis</i> | |
| | <i>Cupressus lusitanica</i> | Frutos |
| | <i>Cupressus sempervirens</i> | Frutos |
| Cyperaceae | <i>Carex clivorum</i> | Raíces |
| | <i>Carex siderosticata</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Cyperus rotundus</i> | Raíces, hojas |
| Dichapetalaceae | <i>Dichapetalum ruhlandii</i> | Toda |
| | <i>Dichapetalum toxicaria</i> | Toda |
| Dilleniaceae | <i>Dillenia indica</i> | Raíces, hojas |
| | <i>Dioclea megacarpa</i> | Raíces, tallos |
| Dioscoreaceae | <i>Dioscorea cylindrica</i> | Raíces |
| | <i>Dioscorea deltoidea</i> | Raíces |
| | <i>Dioscorea hispida</i> | Raíces, látex |
| | <i>Dioscorea piscatroum</i> | Raíces |
| | <i>Dioscorea prazeri</i> | Raíces |
| Ebenaceae | <i>Diospyros abenum</i> | Toda |
| | <i>Diospyros montana</i> | Hojas, frutos |
| Quisetaceae | <i>Equisetum fluviatile</i> | Hojas, semillas |
| Ericaceae | <i>Agauria salicifolia</i> | Toda |
| | <i>Gaultheria fragrantissima</i> | Hojas, aceite |

Euphorbiaceae

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| <i>Acalypha arvensis</i> | Toda |
| <i>Acalypha indica</i> | Corteza, hojas |
| <i>Acalypha phleoides</i> | Hojas, flores |
| <i>Aleuritis saponaria</i> | Aceite |
| <i>Andrache cordifolia</i> | Raíces, flores |
| <i>Cleistanthus collinus</i> | Raíces, corteza hojas |
| <i>Chidoscolus urens</i> | Frutos |
| <i>Croton californicus</i> | Toda |
| <i>Croton caudatus</i> | Frutos |
| <i>Croton flavens</i> | Frutos |
| <i>Croton klotzchianus</i> | Semillas |
| <i>Croton oblongifolius</i> | Semillas |
| <i>Croton sparsiflorum</i> | Toda |
| <i>Croton tiglium</i> | Semillas |
| <i>Euphorbia adenochlora</i> | Tallos, hojas |
| <i>Euphorbia antiquorum</i> | Látex |
| <i>Euphorbia biglandulosa</i> | Látex |
| <i>Euphorbia calycina</i> | Látex |
| <i>Euphorbia cyparissias</i> | Toda |
| <i>Euphorbia dendroides</i> | Toda |
| <i>Euphorbia khasiana</i> | Raíces |
| <i>Euphorbia lathyris</i> | Toda |
| <i>Euphorbia neriifolia</i> | Raíces, hojas, látex |
| <i>Euphorbia pulcherrima</i> | Hojas, flores |
| <i>Euphorbia royleana</i> | Hojas |
| <i>Euphorbia thimifolia</i> | Aceites |
| <i>Euphorbia tirucalli</i> | Toda |
| <i>Excoecaria agallocha</i> | Látex |
| <i>Fluggea melanthesioides</i> | Corteza, hoja, látex |
| <i>Fluggea virosa</i> | Toda |
| <i>Hura crepitans</i> | Látex |
| <i>Hura polyandra</i> | Látex, semillas |
| <i>Jatropha glanduli</i> | Toda |
| <i>Jatropha gossypifolia</i> | Corteza, hojas, semillas |

Fabaceae

| | |
|------------------------------|-----------------|
| <i>Abrus precatorius</i> | Hojas |
| <i>Arachis hypogea</i> | Tallos, aceites |
| <i>Astragalus adsurgens</i> | Hojas, flores |
| <i>usrag canadiensis</i> Ast | flo |

| | |
|---------------------------------|------------------|
| <i>Astragalus canadiensis</i> | Toda |
| <i>Astragalus flexuosus</i> | Hojas, flores |
| <i>Astragalus pectinatus</i> | Raíces, futos |
| <i>Astragalus racemosus</i> | Frutos |
| <i>Astragalus tenellus</i> | Flores, frutos |
| <i>Astragalus verilliflexus</i> | Hojas, flores |
| <i>Baptisia tinctoria</i> | Hojas |
| <i>Butea superba</i> | Semillas |
| <i>Calpurnia intrusa</i> | Toda |
| <i>Calpurnia supdecandra</i> | Tallos, hojas |
| <i>Canavalia maritima</i> | Toda |
| <i>Clitoria ternata</i> | Toda |
| <i>Crotalaria juncea</i> | Raíces, hojas |
| <i>Crotalaria paniculata</i> | Toda |
| <i>Crotalaria sagittalis</i> | Toda |
| <i>Crotalaria wightiana</i> | Tallos, semillas |
| <i>Cytisus laburnum</i> | Tallos |
| <i>Cytisus scoparium</i> | Tallos |
| <i>Derris chinensis</i> | Raíces |
| <i>Derris cuneifolia</i> | Toda |
| <i>Derris elliptica</i> | Raíces, hojas |
| <i>Derris ferruginea</i> | Raíces |
| <i>Derris fordii</i> | Raíces |
| <i>Derris heptaphylla</i> | Raíces |
| <i>Derris malaccensis</i> | Raíces |
| <i>Derris philippinensis</i> | Raíces |
| <i>Derris polyantha</i> | Raíces |
| <i>Derris thyrsoiflora</i> | Raíces |
| <i>Derris trifoliata</i> | Raíces, corteza |
| <i>Derris tubli</i> | Raíces |
| <i>Derris uligionosa</i> | Toda |
| <i>Desmodium heterocarpum</i> | Hojas |
| <i>Desmodium laburnifolicum</i> | |
| <i>Desmodium triflorum</i> | Hojas |
| <i>Desmostachya bipinnata</i> | Hojas |
| <i>Dolichos</i> | Toda |
| <i>pseudopachyrhizus</i> | |
| <i>Eriosema psaraleoides</i> | Raíces |
| <i>Erythrina fusca</i> | Tallos |
| <i>Erythrina variegata</i> | Tallos, semillas |
| <i>variegata</i> Genistaer g | Hojas |

| | | |
|------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | <i>Genista germanica</i> | Tallos |
| | <i>Gliricidia sepium</i> | Toda |
| | <i>Glicine max</i> | Tallos |
| | <i>Glycyrrhiza glabra</i> | Toda |
| | <i>Indigofera suffruticosa</i> | Raíces |
| | <i>Indigofera tinctoria</i> | Toda |
| Flacourtiaceae | <i>Androsiphonia adenostegia</i> | Toda |
| | <i>Gynocarddia odorata</i> | Frutos, semillas |
| | <i>Hydnocarpus anthelminthiscus</i> | Semillas |
| | <i>Hydnocarpus venenata</i> | Fruto, semillas |
| | <i>Ryania speciosa</i> | Raíz, tallos |
| Fumariaceae | <i>Corydalis aurea</i> | Hojas, flores |
| Gentianaceae | <i>Centaurium erythraea</i> | Toda |
| Geraniaceae | <i>Geranium eriostemon</i> | Tallos, hojas |
| Ginkgoaceae | <i>Ginkgo biloba</i> | Raíz, tallos, hojas |
| Heliconiaceae | <i>Heliconia marginata</i> | Toda |
| | <i>Heliconia platystachys</i> | Hojas |
| Hippocastanaceae | <i>Aesculus californica</i> | Semillas, látex |
| | <i>Aesculus hippocastanum</i> | Frutos |
| Hypericaceae | <i>Hypericum perforatum</i> | Toda |
| Iridaceae | <i>Iris japonica</i> | Toda |
| Julandaceae | <i>Engelhartia spicata</i> | Toda |
| | <i>Juglans nigra</i> | Hojas |
| | <i>Juglans regia</i> | Hojas, frutos |
| Lamiaceae | <i>Ajuga bracteosa</i> | Toda |
| | <i>Ajuga remota</i> | Toda |
| | <i>Dracocephalum moldavica</i> | Aceites |
| | <i>usankikohi sonodIs</i> | |
| | <i>umicsibam spicata</i> | |
| | <i>moldavicaMe</i> | |

| | | |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | <i>Mentha spicata</i> | Hojas |
| | <i>Ocimum basilicum</i> | Hojas |
| | <i>Isodon shikokianus</i> | Toda |
| Lauraceae | <i>Cassytha ciliolata</i> | Toda |
| | <i>Cassytha filiformis</i> | Toda |
| | <i>Cinnamomum camphora</i> | Corteza, aceites |
| Leguminosae | <i>Aeschynomene sensitiva</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Amorpha fruticosa</i> | Raíces, flores |
| | <i>Amorpha glabra</i> | Raíces |
| | <i>Calopogonium coeruleum</i> | Semillas |
| | <i>Centrosoma virginiana</i> | Toda |
| | <i>Hardwickia mannii</i> | Tallos |
| | <i>Lupinus mutabilis</i> | Semillas |
| | <i>Pachyrhizus erosus</i> | Semillas |
| Liliaceae | <i>Aloe succotrina</i> | Látex |
| | <i>Amianthium muscitoxicum</i> | Bulbos, tallos hojas, frutos |
| | <i>Asphodelus tenuifolius</i> | Toda |
| | <i>Bulbine asphodelodes</i> | Bulbos, hojas |
| | <i>Buluma purpurea</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Cardiocrinium cordatum</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Chlorogalum pomeridianum</i> | Bulbos |
| | <i>Colchicum autumnale</i> | Bulbos, semillas |
| | <i>Gloriosa superba</i> | Hojas |
| | <i>Hemerocallis dumortieri</i> | Hojas |
| | <i>Schoenocaulon officinale</i> | Semillas |
| Loganiaceae | <i>Buddleia lindleyana</i> | Hojas |
| | <i>Gelsemium elegans</i> | Hojas |
| | <i>Gelsemium sempervirens</i> | Raíces, flores |
| Malpighiaceae | <i>Hiptage benghalensis</i> | Toda |
| | <i>Hibiscus abelmoschus</i> | |
| Malvaceae | <i>Gossypium hirsutum</i> | Aceites |
| | <i>Hibiscus abelmoschus</i> | Frutos |
| | <i>Hibiscus rosasinensis</i> | Flores |
| | <i>Hibiscus vitifolius</i> | Raíces |

| | | |
|----------------|--|---|
| Meliaceae | <i>Aphanamixis polystachya</i> <i>Azadirachta indica</i> <i>Carapa quianensis</i> <i>Dysoxylum procerum</i> <i>melia azedarach</i> | Hojas, frutos Toda Frutos, semillas Toda Tallos, hojas |
| Meliantaceae | <i>Birsama abyssinica</i> | Raíces |
| Menispermaceae | <i>Cocclus indicus</i> <i>Cocclus trilobus</i> | Semillas Raíces, hojas |
| Mimosaceae | <i>Acacia concinna</i> <i>Acacia farnesiana</i> <i>Albizia lucida</i> <i>Albizia stipulata</i> <i>Dichrostachys cinera</i> <i>Entada polystachia</i> <i>Entorololium cyclocarpum</i> | Hojas, flores Flores Toda Toda Raíces, hojas Toda Raíz, tallo frutos |
| Moraceae | <i>Cecropia mexicana</i> | Toda |
| Moringaceae | <i>Moringa oleifera</i> | Hojas |
| Myrsinaceae | <i>Ardisia crispa</i> <i>Embelia ribes</i> | Toda Toda |
| Myrtaceae | <i>Eucalyptus botryoides</i> <i>Eucalyptus glorbulus</i> <i>Eucalyptus paniculata</i> <i>Euhadra fluctuans</i> | Hojas Hojas Hojas Hojas |
| Nyctaginaceae | <i>Allionia incarthata</i> <i>Boerhavia erecta</i> <i>Boerhavia plumbaginea</i> <i>Boerhavia repens</i> <i>Bougainvillea spectabilis</i> | Tallos, hojas Toda Raíces Raíces Hojas, flores |
| Onagraceae | <i>Gaura coccinea</i> | Tallos |
| Papaveraceae | <i>Argemone fruticosa</i> <i>Argemonea mexicana</i> | Semillas Toda |

| | | |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | <i>Bocconia frutescens</i> | Semillas |
| | <i>Fumaria schleicaeri</i> | Flores |
| Pedaliaceae | <i>Ceratotheca integribracteata</i> | Toda |
| Poaceae | <i>Arundo donax</i> | Semillas |
| | <i>Avena sativa</i> | Tallos |
| | <i>Bambusa raundinacea</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Bothirichloa intermedia</i> | Hojas |
| | <i>Cymbopogon citratus</i> | Hojas |
| | <i>Cymbopogon flexuosus</i> | Hojas |
| | <i>Elymus canadensis</i> | Tallos |
| Primulaceae | <i>Anagallis arvensis</i> | Bulbos |
| | <i>Cyclamen elegans</i> | Bulbos |
| Ranunculaceae | <i>Aconitum anthora</i> | Flores, frutos |
| | <i>Aconitum baicalense</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum babatum</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum chinense</i> | Raíces |
| | <i>Aconitum excelsum</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum ferxo</i> | Raíces |
| | <i>Aconitum japonicum</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum lycoctonum</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum hapelius</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum villosum</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Aconitum volubile</i> | Raíces, frutos |
| | <i>Actaea spicata</i> | Frutos |
| | <i>Anemone altaica</i> | Bulbos |
| | <i>Anemone raddeama</i> | Tallos, flores |
| | <i>Cimicifuga foetida</i> | Raíces |
| | <i>Clematis dioica</i> | Tallos |
| | <i>Clematis terniflora</i> | Tallos |
| | <i>Consolida regalis</i> | Raíces, semillas |
| | <i>Delphinium ajacis</i> | Hojas, semillas |
| | <i>Delphinium brownii</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Delphinium brunonianum</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Delphinium chellatum</i> | Hojas, flores, frutos |
| | <i>Delphinium coeruleum</i> | Tallos, semillas |

| | | |
|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | <i>Delphinium delavayi</i> | Tallos, frutos |
| | <i>Delphinium dictyocarpum</i> | Flores, frutos |
| | <i>Delphinium elatum</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Delphinium formosum</i> | Tallos, semillas |
| | <i>Delphinium grandiflorum</i> | Tallos, hojas, flores |
| | <i>Delphinium laxiflorum</i> | Frutos, semillas |
| | <i>Delphinium orientale</i> | Toda |
| | <i>Delphinium etropilosum</i> | Toda |
| | <i>Delphinium semibarbatum</i> | Semillas |
| | <i>Eranthis hyemalis</i> | Bulbos |
| | <i>Hepatica nobilis</i> | Toda |
| | <i>Hydrastis canadensis</i> | Toda |
| | <i>Isopyrum stoloniferum</i> | Toda |
| Rhamanaceae | <i>Gouania polygama</i> | Toda |
| Rosaceae | <i>Eriobotrya japonica</i> | Flores |
| | <i>Filipendula vulgaris</i> | Flores |
| Rubiaceae | <i>Adina cordifolia</i> | Corteza, hojas |
| | <i>Canthium euroides</i> | Toda |
| | <i>Cinchona calisaya</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Gardenia campanulata</i> | Frutos |
| Rutaceae | <i>Atalantia monophylla</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Citurs aurantium</i> | Frutos, aceite |
| | <i>Citrus maxima</i> | Frutos, aceite |
| | <i>Glycosmis pentaphylla</i> | Toda |
| Saxifragaceae | <i>Chrysosplenium yesoense</i> | Toda |
| | <i>Hydrangea arborescens</i> | Raíces |
| Scrophulariaceae | <i>Digitalis ambigua</i> | Toda |
| | <i>Digitalis lanata</i> | Hojas |
| | <i>Digitalis purpurea</i> | Tallos |
| Simaroubaceae | <i>Aeschrion excelsa</i> | Madera |
| | <i>Ailanthus altissima</i> | Corteza |
| | <i>Harrisonia abyssinica</i> | Raíces |

| | | |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | <i>Balanites aegyptica</i> | Toda |
| | <i>Balanites roxburghii</i> | Corteza |
| Solanaceae | <i>Atropa helladona</i> | Toda |
| | <i>Capsicum annuum</i> | Frutos |
| | <i>Capsicum frutescens</i> | Frutos |
| | <i>Datura candida</i> | Hojas |
| | <i>Datura metel</i> | Toda |
| | <i>Duboisia hopwoodii</i> | Toda |
| | <i>Hyopscyamus albus</i> | Toda |
| | <i>Hyocyamus niger</i> | Toda |
| Styracaceae | <i>Halesia carolina</i> | Tallos, hojas |
| Theaceae | <i>Camellia sinensis</i> | Hojas, semillas |
| Theophrastaceae | <i>Jacquinia aristata</i> | Raíces |
| | <i>Jacquinia auriantaca</i> | Toda |
| Thumelaeaceae | <i>Aquilaria agallocha</i> | Madera |
| | <i>Daphne mezereum</i> | Toda |
| | <i>Lasiosiphon eriocephalus</i> | Corteza, hojas |
| Tiliaceae | <i>Corchorus capsularis</i> | Semilla |
| | <i>Grewia carpinifolia</i> | Hojas, látex |
| Urticaceae | <i>Laportea canadensis</i> | Hojas |
| | <i>Pellionia pulchra</i> | Toda |
| | <i>Pellionia scabra</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Pouzolzia pentandra</i> | Hojas |
| | <i>Pragos pabularia</i> | Toda |
| Valerianaceae | <i>Valeriana officinalis</i> | Raíces |
| Verbenaceae | <i>Aloysia triphylla</i> | Aceite |
| | <i>Clerodendrum clamitosum</i> | Toda |
| | <i>Clerodendrum glabrum</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Clerodendrum imame</i> | Tallos, hojas |
| | <i>Clerodendrum indicum</i> | Raíces, hojas |
| | <i>Clerodendrum myricordes</i> | Toda |

| | | |
|----------------|--|------------------|
| | <i>Duranta repens</i> | Hojas, flores |
| | <i>Gmelia arborea</i> | Hojas |
| | <i>Verbena urticifolia</i> | Semillas |
| | <i>Vitex negundo</i> | Tallos, semillas |
| Violaceae | <i>Viola phalacrocarpoides</i> | Raíces, tallos |
| | <i>Viola tekedana</i> | Raíces, tallos |
| Vitaceae | <i>Parthenocissus</i> <i>quinquefolia</i> | Hojas |
| Zingiberaceae | <i>Alpinia galanga</i> | Toda |
| | <i>Alpinia offinarum</i> | Toda |
| | <i>Curcuma longa</i> | Raíces |
| Zygophyllaceae | <i>Peganum harmala</i> | Raíces, semillas |

BIBLIOGRAFIA

- ADITYACAUDHURU, N. et al. 1985. Chemical constituents of plantas exhibiting insecticidal, antifeeding and insect growth regulating activities. *Journal of Scient. and Indust. Research.* 44: 85-101.
- ARNASON, J.T. et al (Edtrs.). 1989. Insecticides of plant origin. A.C.S. Symposium Series. 387. American Chemical Society. Washington, D.C.
- BEYE, F.D. 1990. Insecticides from the vegetable kingdom. *Plant Research and Development.* 28:14-31.
- GRAINGE, Michael et al. 1985. Plant sepcies reportedly possessing pest control properties. An EWC/UH. Database Resources Systems Institute, East-West Center. Honolulu College of Tropical Agriculture and Human Resources. Univ. of Hawai.
- KUNUDA, Sukumar et al. 1991. Botanical derivates in mosquito control: a review. *J. of Amer. Mosquito Contro. Ass.* 7(2): 210-237.
- SCHUMUTTERER, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the Neem tree. *Azadirachta indica.* *Ann. Rev. Entomol.* 35:271-297.

- SECOY, D.M. and A.E. Smith. 1983. Use of plant in control of agricultural and domestic pest. *Economic Botany*. 37(1): 28-57.
- STOLL, Gaby. 1989. Protección natural de cultivos en las zonas tropicales. Ed. Científica Josef Margraf. Alemania Federal.
- ROSENTHAL, G.A. 1988. The protective action of higher plant toxic product. *Bioscience* 38(2): 104-109.
- YEPSEN, Roger B. (Edts.). 1976. Organic plant protection. Rodale, Press Inc. Emmaus, Pennsylvania.

PLANTAS CON POTENCIAL RODENTICIDA

Los roedores son vertebrados que pertenecen a la clase Mammalia. Daños hechos por roedores fueron documentados por antigua escrituras de mas de 4000 años, siendo éstos los que más causan pánico entre la gente prehistórica. Algunos roedores siguen siendo un serio problema en nuestros días tanto en los cultivos como en el almacenamiento de los alimentos producto de las cosechas y productos elaborados. Entre las especies de plantas reportadas como rodenticidas se citan entre otras las siguientes:

- Anthemis arvensis* (Asteraceae). Toda
- Antiaris toxicaria* (Moraceae). Hojas, látex
- Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae). Hojas
- Citrus colocynthis* (Cucurbitaceae). Hojas
- Dichapetalum toxicaria* (Dichapetalaceae). Toda
- Drimys cowanii* (Liliaceae). Bulbos
- Euphorbia primulaefolia* (Euphorbiaceae). Hojas
- Gliricidia sepium* (Fabaceae). Toda
- Khaya hyasica* (Meliaceae). Semillas
- Madhuca latifolia* (Sapotaceae). Corteza, hojas, semillas
- Millettia auriculata* (Fabaceae). Raíz, madera
- Nerium oleander* (apocynaceae). Toda
- Pachygone ovata* (Menispermaceae). Frutos
- Sesbania aculeata* (Fabaceae). Bulbos, frutos, aceites.
- Spodanthus preusii* (Euphorbiaceae). Corteza, semillas.
- Strychnos ignatii* (Strychnaceae). Raíz, semilla
- Urginea maritima* (Liliaceae). Bulbos
- Verbascum lychnitis* (Scrophulariaceae). Flores

BIBLIOGRAFIA

- GRINGE, Michael et al. 1985. Plant species reportedly possessing pest control properties. An EWC/UH. Database Resources Systems Institute, East-West Center. Honolulu College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai.
- SECOY, D.M. and A.E. Smith. 1983. Use of plant in control of agricultural and domestic pest. *Economic Botany*. 37(1): 28-57.
- STOLL, Gaby. 1989. Protección natural de cultivos en las zonas tropicales. Ed. Científica Josef margraf. Alemania Federal.
- WILLIS, J.C. 1985. A dictionary of the flowering plants and ferns. 8th. ed. University Press, Cambridge.

FUNCION PROTECTORA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EN LAS PLANTAS

Jorge Alberto Correa Quiroz¹

RESUMEN

No cumpliendo un papel metabólico imprescindible en la economía de las plantas, a los llamados metabolitos secundarios se les ha asignado una serie de funciones que van desde su simple ubicación como material de desecho hasta su más consecuente consideración como expresión de la habilidad y de las estrategias que han desarrollado los vegetales para sobrevivir.

A la luz de los estudios de las interacciones de las plantas con otros organismos, se postula que los metabolitos secundarios confieren a las primeras un alto grado de protección y resistencia que les ha permitido sobrevivir en la complejidad de los ecosistemas. Son numerosas las sustancias que cumplen funciones defensivas contra los microorganismos, contra otros vegetales y contra los herbívoros en general, especialmente los insectos.

Lo más interesante de esto, es la real y potencial aplicación que empieza a generar este cúmulo de conocimientos; existen y se trabajan sustancias naturales que pueden ser usadas como fungicidas, bactericidas, herbicidas e insecticidas; entre las últimas se ubican diversos grupos, cuyas propiedades contra insectos han sido realmente comprobadas: aminoácidos no proteicos, hormonas de insectos, taninos, triterpenos y limonoides, benzoxazinonas, sesquiterpenlactonas, alcaloides esteroidales y acetogeninas.

1. INTRODUCCION

Hasta años recientes, a los denominados "productos naturales" o metabolitos secundarios, siempre se les había señalado una importancia accesoria dentro de las sustancias producidas por los vegetales y por los microorganismos. Generalmente, ellos no intervienen en forma directa en las funciones metabólicas primarias y lo más fácil de asignarles globalmente ha sido el estigma de ser considerados como productos de desecho del metabolismo primario. A medida que el número de estas sustancias aumentaba, surgían serios interrogantes sobre su verdadera función en los organismos: -Qué valor tiene para una planta biosintetizar tan variada gama de compuestos? -Serán el resultado de un simple capricho de la evolución? O son la contraparte del comportamiento animal que necesita del movimiento, de las garras y de los dientes para defenderse? (1).

Estos interrogantes se empiezan a clarificar a partir de 1959 (2), cuando se inicia el reconocimiento del papel que desempeñan los metabolitos secundarios en las interacciones

¹ Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 568.

entre las plantas y los animales. El estudio interdisciplinario del tema ha tratado de asignar a los productos naturales su verdadera función, posiblemente moldeada y ajustada por el largo proceso coevolutivo que ha existido entre plantas y herbívoros durante al menos 250 millones de años (3).

El propósito de este artículo es, en su primera parte, realzar el papel defensivo que los metabolitos secundarios desempeñan en las plantas, enfatizándolo como una función definida, vital y primaria: la supervivencia del vegetal bajo la presión de los patógenos, los herbívoros y los competidores (1,4). Posteriormente se revisan algunos de estos compuestos que tienen y han tenido la perspectiva de ser aplicados en el manejo y en el control de los insectos - plaga, debido especialmente a la función activa que han desempeñado en las interacciones planta-fitófagos.

2. SIGNIFICADO COEVOLUTIVO DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS

Algunas características de los metabolitos secundarios

Adicionalmente a las conocidas características de estas sustancias (5), se mencionan como aspectos sobresalientes los siguientes:

- La enorme variedad estructural ha ocasionado que se conozcan aproximadamente 20 grupos diferentes entre los productos naturales (1).
- Su distribución en las plantas está muy lejos de ser uniforme; generalmente varía con la parte de la planta (1), la edad de la misma (1), los factores climáticos y edáficos (6), la exposición a los microorganismos y a los herbívoros (4).
- Las funciones conocidas parecen ser una minoría en relación con el gran número de sustancias y la variedad estructural de las mismas (1): Los carotenoides protegen a las células de la fotodestrucción y son receptores de la luz en el proceso fotosintético de algas; los esteroides cumplen un papel hormonal en las estructuras membranosas (1); los flavonoides favorecen la polinización (1,5) y regulan el crecimiento vegetal a través de su mediación sobre el metabolismo del ácido indolacético (1); los alcaloides afectan el proceso regulador de la síntesis de proteínas, al intercalarse con el DNA (1).

HIPOTESIS SOBRE LA PRESENCIA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EN LAS PLANTAS

Para los fitoquímicos, biólogos, ecólogos y fitofisiólogos ha sido tema de constante estudio dilucidar los hechos metabólicos que han ocasionado en la planta la compleja programación y elaboración de la amplia gama de tales compuestos. para ello se han planteado varias hipótesis, resumidas por Williams y sus colegas en el año de 1989 (7):

- Los metabolitos secundarios son el resultado de mutaciones que han persistido a través de varias generaciones (7). Parece un modo simplista de resolver el problema, y se afirma que las mutaciones normalmente no han constituido una ruta eficiente para incrementar las posibilidades de supervivencia de los individuos (7).
- El metabolismo secundario es un ejemplo de evolución en progreso; actúa como reservorio no funcional, que provee sustancias con funciones específicas, moldeadas por la selección natural (7). Sirve como depósito de carbono y/o nitrógeno, que se puede utilizar para sintetizar compuestos funcionales (4).

El proceso parece muy simple para explicar la formación de sustancias que involucran varias rutas biosintéticas y varios complejos enzimáticos (7).

- Los metabolitos secundarios son residuos o productos de detoxificación de la planta (7); por medio de ellos se evacúa el material celular de desecho (1).

Parece improbable que el organismo use muchas kilobases de DNA para programar la síntesis de sustancias destinadas al desecho (7). Se esperaría que la planta excretara nitrógeno en formas conjugadas simples y no como estriquina (1).

- El metabolismo secundario actúa como proceso regulador del primario (7) y de sus propias vías; es una ruta de descarga que evita la concentración anormal de los constituyentes celulares (7). Algunos metabolitos secundarios efectúan su labor de regulación en la respiración y la fotosíntesis (4).

Aunque estas funciones pueden ser muy viables, la hipótesis no explica la elaboración ni la variedad estructural de los productos naturales; además, la imagen que se tiene del metabolismo primario es que es supremamente ajustado para autorregularse (7).

- En algún momento en la vida del organismo, los compuestos secundarios tuvieron un papel metabólico o funcional, son como "memorias químicas del pasado" (7). El argumento es muy débil y la hipótesis difícil de examinar ya que cualquier papel metabólico asignado, por definición, ya habría desaparecido (7).
- La existencia de los metabolitos secundarios es un indicativo de las estrategias y de la habilidad de un organismo para sobrevivir (7). Ellos están presentes para mantener la integridad de la planta contra competidores, herbívoros y patógenos (1); el hecho de que numerosos compuestos se forman como respuesta al daño externo de los tejidos, argumenta el papel defensivo que se les asigna (4). Actualmente se acepta que la diversidad de los metabolitos secundarios acumulados en el tiempo ha resultado de la necesidad de la defensa química en los vegetales (2).

Esta hipótesis, por si misma, justifica las principales características de estas sustancias (1):

* Su diversidad estructural. Los géneros más avanzados de la familia Umbelífera, además de las furanocumarinas lineales, biosintetizan las furanocumarinas angulares que son tóxicas a los insectos ya adaptados a las primeras (4).

* Su localización específica en la planta. parece ser una regla genral que aquellas partes del vegetal mas susceptibles al ataque de insectos, como son las hojas jóvenes, los tejidos reproductivos y las semillas, presentan mayor acumulación de compuestos tóxicos (1,4).

* Su rapidez de recambio y movimiento. La concentración de sustancias secundarias en las plantas puede variar en períodos tan cortos como una hora (1), y más aún cuando con fines defensivos, existe difusión de los mismos hacia sitios afectados o dañados (4).

* Su selección coevolutiva. Se afirma que numerosos metabolitos secundarios pudieron haber evolucionado en respuesta a las propiedades de insectos específicos (4). Tales compuestos han surgido de la presión selectiva a la que ha estado sometida la planta a través de su coevolución con animales, patógenos y otras plantas (1).

* Su compleja programación y elaboración por parte del DNA. El control genético de la síntesis, degradación y acumulación de compuestos en una célula determinada, presupone su participación en funciones importantes para el organismo (1).

ESTRATEGIAS DEFENSIVAS QUE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS CONFIEREN A LAS PLANTAS

CONTRA MICROORGANISMOS.

Aunque las plantas están permanentemente expuestas a numerosos grupos de hongos, bacterias y virus, el número de ellos que les causan enfermedades es realmente bajo; la razón es que las plantas disponen de varios mecanismos de protección:

1. Barreras físicas en la superficie del vegetal como tricomas, ceras y lípidos (1).
2. Compuestos fungistáticos y bacteriostáticos en la superficie de la planta; los más comunes son las sustancias fenólicas derivadas de los ácidos cinámico y benzoico (1).
3. Polisacáridos de la pared celular, que actúan como una barrera física difícil de degradar por los parásitos; es el caso de las hemicelulosas ramificadas que requieren una combinación de hidrolasas para ser descompuestas (1,8).

4. Compuestos tóxicos en las células, que pueden ser de dos tipos:

- Preexistentes, como los taninos. Preservan el corazón de la madera del ataque fúngico, inhibiendo las hidrolasas extracelulares del patógeno invasor (1,8).
- Sintetizadas *de novo*, como las fitoalexinas. Compuestos antibióticos formados en la planta como resultado de la interacción hongo-hospedero (9, 10, 11, 12); las fitoalexinas de mayor ocurrencia son isoflavonoides, sesquiterpenos, acetilenos, fenantrenos, avenalúminas y furanocumarinas (9, 10).

LUCHA QUIMICA CONTRA OTROS VEGETALES

Las plantas compiten entre sí por la luz, la sombra, los nutrientes, la humedad, pero sobretodo, se influncian mutuamente a través de los efectos alelopáticos, definidos como los efectos detrimentales que una planta causa a otra y que incluyen básicamente la reducción en la germinación, el crecimiento y el desarrollo (13, 14).

El mecanismo general consiste en la liberación de compuestos orgánicos desde una planta al medio ambiente y la acción bioquímica de los mismos sobre un vegetal sensible (13).

La liberación de los compuestos ocurre a través de varias rutas (13, 14,15):

- Volatilización desde las hojas
- Exudación de las raíces
- Percolado de las hojas
- Descomposición de los residuos.

Los compuestos con acción alelopática son muy numerosos, pero sobresalen los terpenoides, los fenólicos, los ácidos orgánicos y los alcaloides (13, 14).

ESTRATEGIAS CONTRA HERBIVOROS

Las plantas influncian en los herbívoros diferentes procesos como la orientación, la alimentación, el crecimiento de larvas, el mantenimiento de adultos, la producción de huevos, la oviposición y el desarrollo de los huevos fecundados (16). Tal influencia la ejercen a través de diversos factores, donde sobresalen por su importancia y cobertura los de tipo bioquímico, derivados de la producción de metabolitos secundarios, denominados aleloquímicos (16).

Estos metabolitos se pueden ubicar en tres categorías:

1. Repelentes. Sustancias volátiles que evitan el acercamiento del fitófago al vegetal (17). Los más comunes se agrupan como terpenos y como compuestos fenólicos de bajo peso molecular.

2. Fagoinhibidores. Sustancias que evitan la ingestión y el corte del material vegetal por parte del insecto (16); actúan a nivel de palpos maxilares gustatorios, deduciéndose que es un fenómeno de tipo sensorial (17, 18). Pueden ser tóxicos si se ingieren. Dentro de estos compuestos, también llamados disuasores alimenticios o antialimentarios, los más importantes son los que causan astringencia como los taninos (1), y los que tienen sabor amargo como los alcaloides, los limonoides y los glicósidos cianogénicos (1).

La variedad estructural de estas sustancias es amplia, pero se destacan por su ocurrencia los sesqui, di y triterpenos (16).

3. Sustancias tóxicas propiamente dichas. Causan efectos enfermizos y/o letales al ser ingeridos por el fitófago. Los tipos de sustancias y sus mecanismos de acción son muy variados:

- Pueden interferir en el desarrollo y el crecimiento de los insectos como ocurre con los juvenoides (19), los precocenos y las fitoecdisonas (16).
- Pueden ser fototóxicos a nivel de DNA como en el caso de las furocumarinas, las furocromonas y algunos lignanos (16).
- Pueden precipitar enzimas digestivas como sucede con los taninos (1).
- Pueden inhibir diferentes enzimas involucradas en procesos metabólicos primarios (3).

3. METABOLITOS SECUNDARIOS CON POTENCIAL INSECTICIDA

Teóricamente todas las sustancias que median las interacciones planta-herbívoro y que confieren resistencia a las primeras, podrían tener aplicabilidad en el área relacionada con el manejo y el control de las plagas. Aunque la mayoría de ellas ha demostrado su acción antiherbívora en su forma natural o en pruebas de laboratorio, muy pocas han llegado hasta la producción comercial, debido a varios factores, como la fotodegradabilidad de algunas, las bajas concentraciones naturales de la mayoría, la difícil purificación de otras, la baja solubilidad en el agua, la acción sinérgica con otros compuestos naturales y sobretodo los mecanismos de detoxificación y adaptabilidad que han desarrollado los insectos, y que comprenden entre otros el rápido metabolismo y/o excreción de estas sustancias (3, 4) y

el secuestro de las mismas para usarlas como precursoras de sus feromonas (2), o para su propia defensa.

Los productos vegetales que exhiben propiedades contra los insectos son numerosos y se ubican en diversos grupos estructurales: aminoácidos no proteicos, hormonas de insectos, taninos, triterpenos y limonoides, glicósidos cardíacos, glucosinolatos, glicósidos cianogénicos, fenolglucósidos, benzoxazinonas, sesquiterpenlactonas, alcaloides esteroidales y acetogeninas.

AMINOACIDOS NO PROTEICOS

Se conocen más de 200 de estas sustancias de origen vegetal (3), algunas de las cuales presentan toxicidad hacia los insectos herbívoros, sobretodo aquellas que estructuralmente son parecidas a los aminoácidos proteicos (1, 20); su acción se basa en el hecho de que son incorporadas erróneamente en las proteínas del organismo, originando pérdida o deterioro de la actividad enzimática, lo cual se traduce en efectos adversos para los insectos y los patógenos (1, 3, 4, 20).

Algunos metabolitos estudiados son los siguientes (Figura 1):

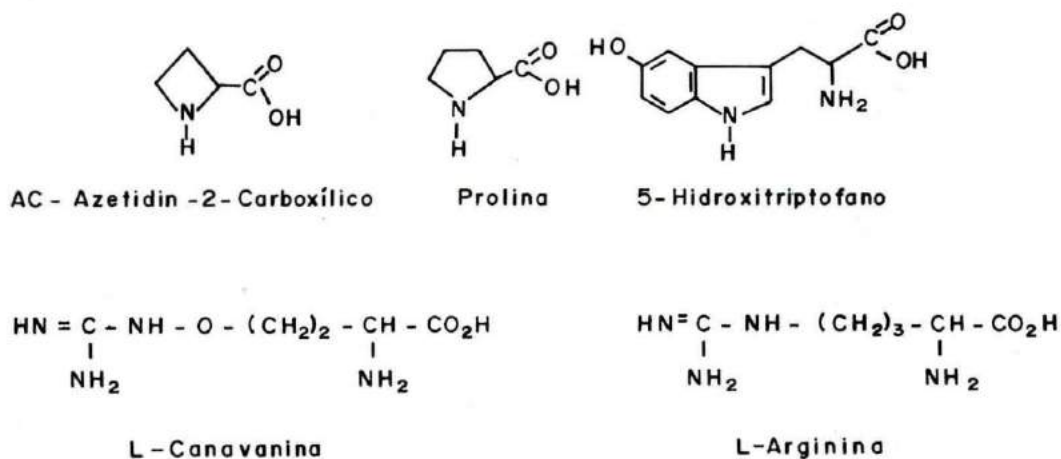


Figura 1. Aminoácidos no proteicos

El ácido azetidín -2- carboxílico, similar a la prolina; presente en los retoños de *Convallaria majalis* (lirio de los valles) (Liliaceae).

El 5 - Hidroxitriptófano, aislado de las semillas de la leguminosa *Griffonia simplicifolia* (21); su concentración es del 14% y sus efectos se han estudiado en gorgojos de la familia Bruchidae (1, 21).

La L - Canavanina, similar a la L - arginina, se encuentra en las semillas de leguminosas como *Dioclea megacarpa* y *Canavalia brasiliensis* (3), a una concentración por encima del 5% (1, 3, 22). Sus potentes cualidades insecticidas se demostraron en estudios realizados con el gusano cachón del tabaco, *Manduca sexta* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae) (1,3,22), con el gorgojo de las semillas del caupí, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (22) (Coleoptera:Bruchidae), con el gusano ejército *Prodenia eridania* (Cramer) (22) (Lepidoptera:Noctuidae) y con el picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman (22) (Coleoptera: Curculionidae).

HORMONAS DE INSECTOS Y SUSTANCIAS RELACIONADAS (Figura 2)

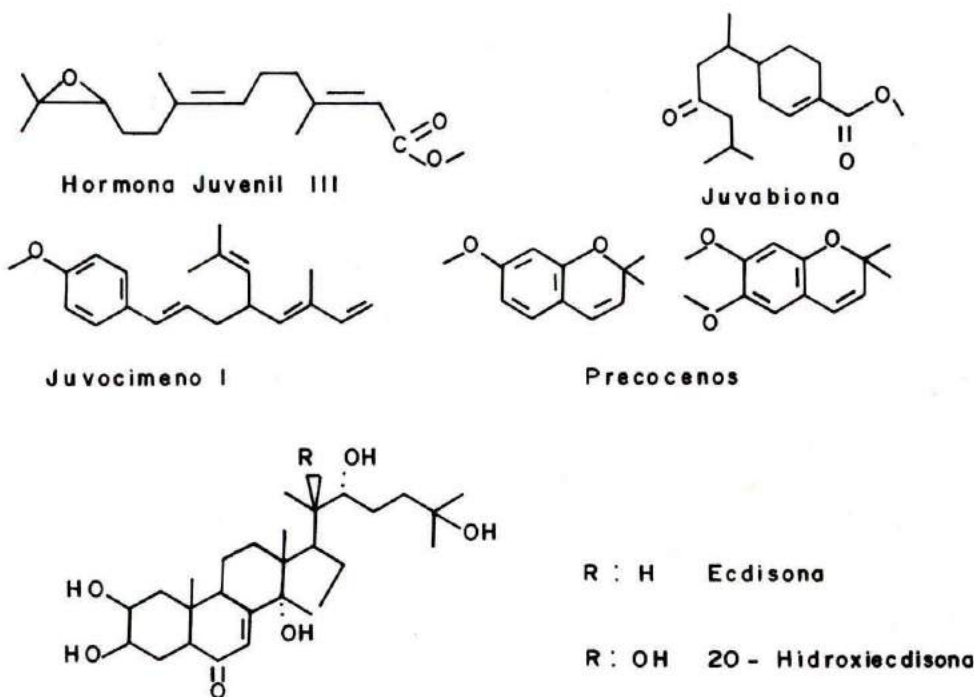


Figura 2. Hormonas de Insectos y sustancias relacionadas

De las cinco sustancias identificadas como hormonas juveniles en los insectos (19), solo la hormona juvenil III ha sido reportada en una especie vegetal, la hierba *Cyperus iria* (Ciperacea) (2).

Con acción similar a las hormonas juveniles, se han identificado varias sustancias en las plantas, casi todas de origen terpenoide; entre las más importantes están la juvabiona, aislada de la pinacea *Abies balsamea* (23,24) y los juvocimenes, extraídos del aceite esencial de la albahaca, *Ocimum basilicum* (23) (Labiada).

También se han hallado sustancias que antagonizan la actividad de las hormonas juveniles; las mas conocidas son los precocenos, aislados de la planta ornamental *Ageratum houstonianum* (24) (Compuesta).

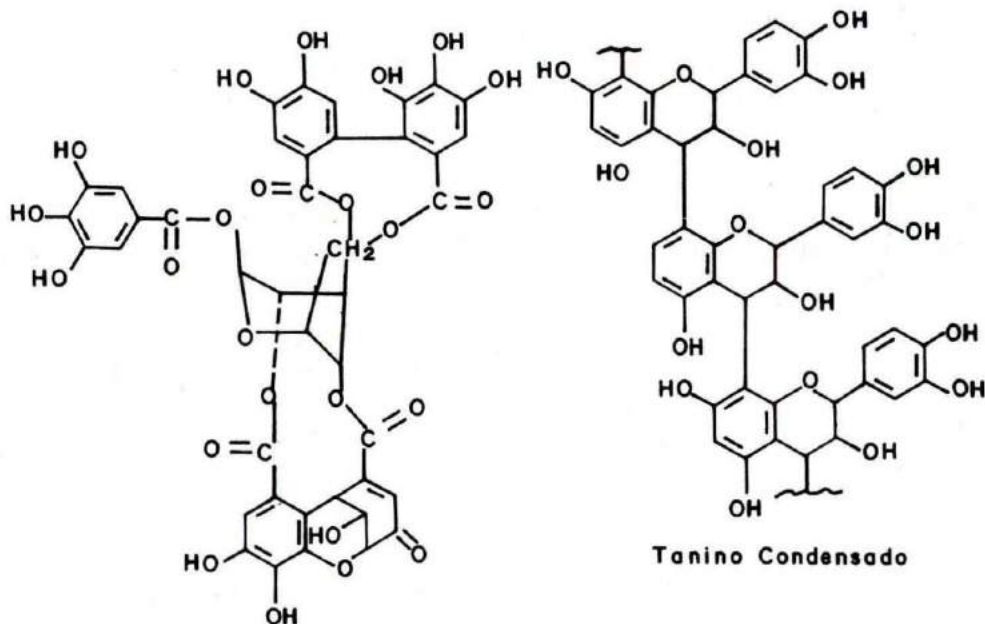
Alrededor de 69 compuestos con actividad de ecdiesteroides se han extraído del reino vegetal (16), entre los que se incluyen las auténticas hormonas de muda, la ecdisona y la 20 - Hidroxiecdisona (16), aislada de varias especies como el helecho *Polypodium vulgare* (16, 24), el tejo *Taxus baccata* (16) (Taxácea) y las labiadas *Ajuga remota* y *A. reptans* (16).

La aprehensión no oportuna de estas sustancias por los insectos, altera el equilibrio natural que existe entre la hormona juvenil y la hormona de muda, causando asincronia en la metamorfosis y en la maduración de órganos y tejidos (16) y trastocando los ciclos normales de desarrollo y crecimiento (24).

TANINOS

Con este nombre se designan a ciertos compuestos de tipo fenólico, cuyo mecanismo de acción se fundamenta en los puentes de hidrógeno que establecen sus grupos OH con los átomos de N en las cadenas polipéptidas (1), causando disminución de la actividad enzimática (25), o precipitación de ciertas glicoproteínas de la saliva (astrigencia) (1,25), o reducción de la digestibilidad de las proteínas dietarias al formar un complejo proteína-tanino difícil de degradar por las enzimas de los fitófagos (4).

Estructural y químicamente, estos compuestos (Figura 3), se agrupan en taninos hidrolizables y en taninos condensados (6); los primeros sólo se hallan en dicotiledóneas (1), los segundos abundan principalmente en especies maderables, aunque también se han encontrado en ciertas hierbas (1).



Tanino Hidrolizable

Tanino Condensado

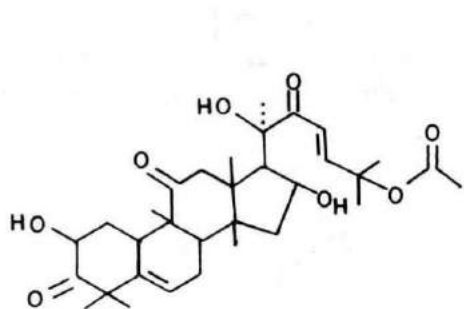
Figura 3. Estructuras de Taninos.⁶

TRITERPENOS Y LIMONOIDES

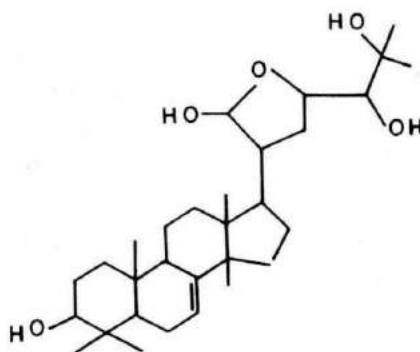
Los limonoides son un grupo de tetranortriterpenoides amargos, químicamente relacionados, hallados principalmente en especies de Rutáceas y Meliáceas (26); tanto los limonoides como los triterpenos (Figura 4), actúan como fagoINHIBIDORES para los insectos, debido a que son extremadamente amargos (3, 26).

Entre las sustancias más reconocidas están las cucurbitáceas, aisladas de pepinos y calabazas (3, 4); han mostrado efectos disuasores contra insectos no adaptados como los cucarroncitos perforadores de las hojas del género *Epilachna* (4) (Coleoptera: Coccinellidae).

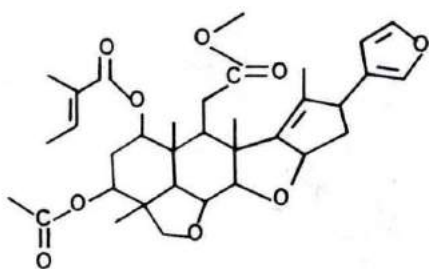
De la Meliácea *Azadirachta indica* (Neem), se han aislado alrededor de 60 triterpenoides con propiedades fago-inhedoras (26, 27), entre los que sobresalen el meliantriol, la salanina y la azadiractina (Figura 4) (28). La salanina, extraída de las semillas del Neem, exhibió actividad antialimentaria contra la termita *Reticulitermes speratus* Kolbe (26) (Isoptera: Rhinotermitidae).



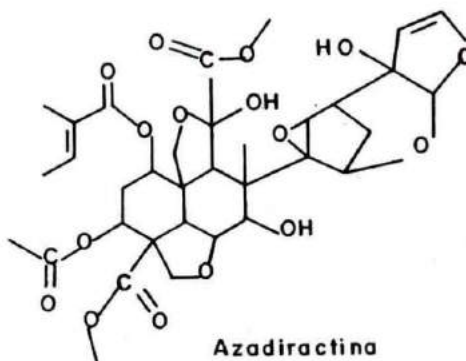
Cucurbitacin B



Meliantriol



Salanina



Azadiractina

Figura 4. Triterpenos y Limonoides

La azadiractina, además de ser antialimentario, es tóxico a bajas concentraciones, comportándose como antagonista de la hormona de muda, al inhibir la biosíntesis de la 20-hidroxiectidisona (28); se ha demostrado que inactiva la monooxigenasa que convierte ectidisona en 20-hidroxiectidisona (28).

Un total de 123 especies de insectos (coleópteros, dípteros, heterópteros, isópteros, lepidópteros y ortópteros), además de 3 especies de ácaros y 5 de nemátodos, son adversamente afectados por los extractos de *Azadirachta indica* (28).

GLICOSIDOS CARDIACOS O CARDENOLIDOS

Estos compuestos son derivados esteroidales con hexosas inusuales unidas por su carbono 3 y que principalmente ocurren en plantas de las familias Apocinaceae (3) (estrofantos) y Asclepiadaceae (3, 4) (algodoncillos). Su toxicidad se debe al hecho de que inhiben las ATP - asas dependiente de Na y K, alterando la relación Na/K y afectando, consecuentemente, la actividad del músculo cardíaco (3).

Entre los cardiotóxicos más importantes están (Figura 5) (2): uscaridin, calotropin y estrofantidin-glicósido.2

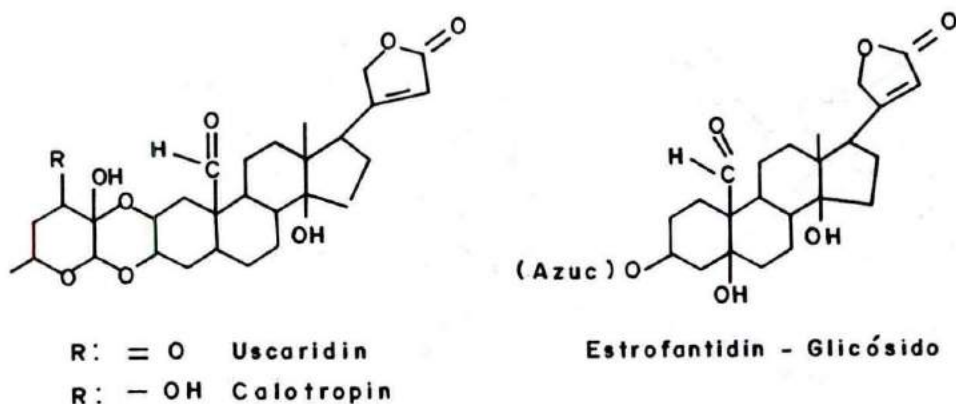


Figura 5. Estructuras de Glicósidos Cardiacos

Las larvas de la mariposa de las coles y el repollo de la familia Pieridae, evitan poner sus huevos sobre algunas Brassicaceae, como los alhelfes, debido a la presencia en éstas del esteroide estrofantidin (2).

GLUCOSINOLATOS O GLUCOSIDOS DE LOS ACEITES DE MOSTAZA

Los glucosinolatos son unos tioglucósidos, no - tóxicos, que ocurren en plantas de la familia Brassicaceae especialmente en los géneros Brassica y Sinapis (mostazas) (13).

La liberación de los compuestos tóxicos, los aceites de mostaza, ocurre cuando una tioglucosidasa, la mirosinasa, se pone en contacto con los glucosinolatos (13) (Figura 6). El más común de éstos es la sinigrina, que se descompone a aliltiocianato y a alilisotiocianato (3, 13).

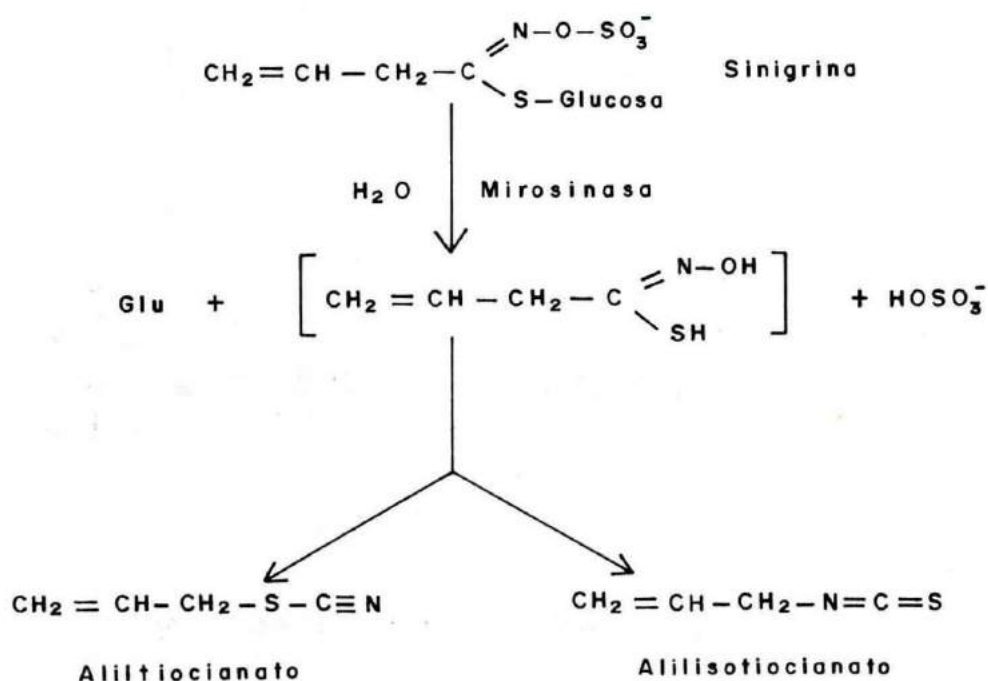


Figura 6. Degradación de los Glucosinolatos³

Los isotiocianatos son tóxicos a insectos herbívoros no adaptados (3) y aunque su mecanismo de acción no está clarificado, sí se sabe que imparten un sabor picante a las plantas cuando éstas son atacadas por los insectos (3). La sinigrina (Figura 6) disminuye el consumo de alimento y produce intoxicación a las larvas de la mariposa de las Umbelíferas, *Papilio polixenes* K. (Lepidoptera: Papilionidae), cuando éstas se alimentan de hojas de zanahoria infiltradas con el glucosinolato (2,3).

GLICOSIDOS CIANOGENICOS

Estas sustancias se hallan, al menos, en 800 especies vegetales, ubicadas en 70 u 80 familias (29); además son sintetizadas por algunas bacterias y unos pocos artrópodos (3).

Las plantas cianogénicas tienen sus glicósidos y las enzimas que los degradan en tejidos separados; cuando el insecto empieza a consumir las hojas, las sustancias interactúan y se libera el tóxico HCN (3) (Figura 7).

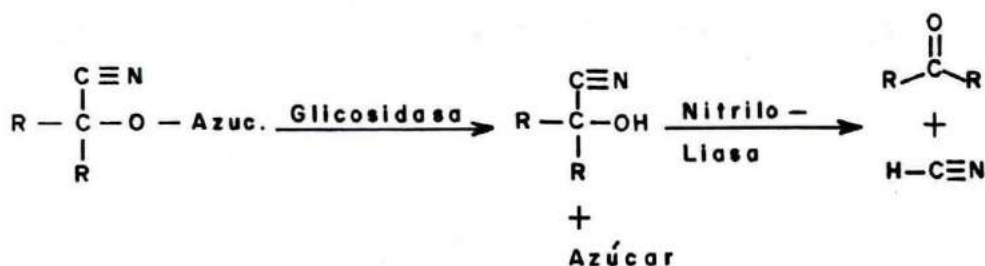


Figura 7. Degradación de los Glicósidos Cianogénicos

El HCN es un reactivo con fuerte carácter nucleófilo y puede inhibir alrededor de 90 enzimas, pero su toxicidad se debe principalmente a la inhibición irreversible que hace sobre la citocromo oxidasa, última enzima de la cadena respiratoria; el resultado final es el cese de la producción de ATP (3).

Entre los cianogénicos más estudiados sobresalen los siguientes (Figura 8): Limarin, aislado de las leguminosas trébol blanco y cuernecillo (29); amigdalín, que ocurre en el melocotón (Rosaceae) (23,29); durrín, presente en el sorgo (3, 13, 29) y prunasin aislada del cerezo (Rosaceae) (4, 13).

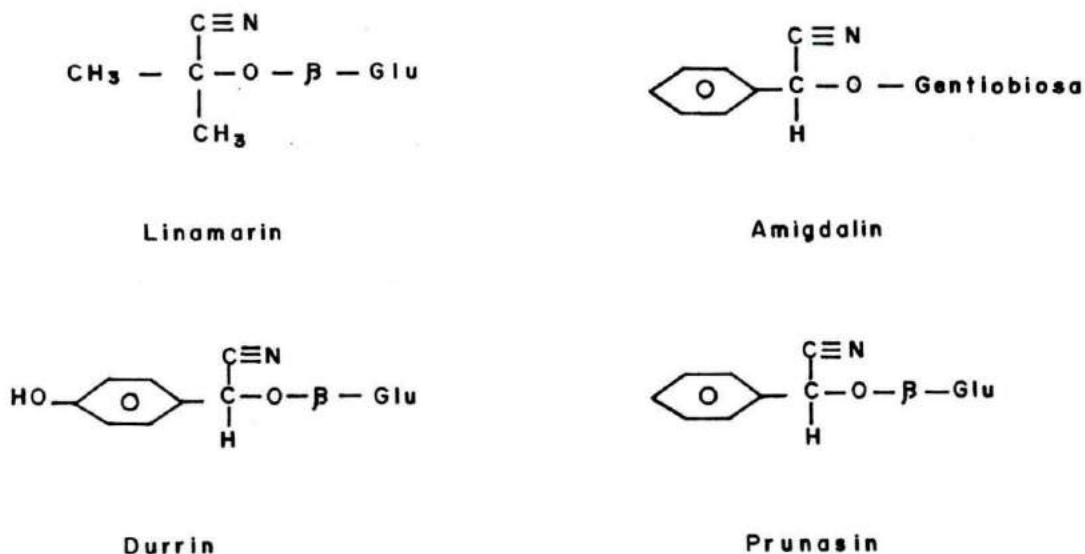


Figura 8. Estructuras de Glicósidos Cianogénicos

FENOGLUCOSIDOS

Los metabolitos mayoritarios en la corteza y en las hojas de las plantas salicáceas se llaman fenolglucósidos (30) (Figura 9); ellos influyen claramente la distribución y la selección de alimentos por los herbívoros, a través de una compleja coevolución entre la planta, los insectos y sus depredadores naturales (30).

Se ha demostrado que las especies de sauces (*Salix* spp.) tienden a ser consumidas por herbívoros especializados y evitadas por los generalistas, lo cual corrobora la función protectora que los fenolglucósidos imparten sobre las hojas de tales plantas (30).

Aunque varias de estas sustancias existen en las salicáceas, parece ser que solo salicortin y tremulacin (Figura 9) son los fenólicos tóxicos a los insectos, a través de un derivado activo llamado 6 - hidroxiciclohexenona saligenin ester (Figura 9), que causa lesiones en los intestinos de algunos herbívoros, como en la mariposa trigrídia *Papilio glaucus* L.

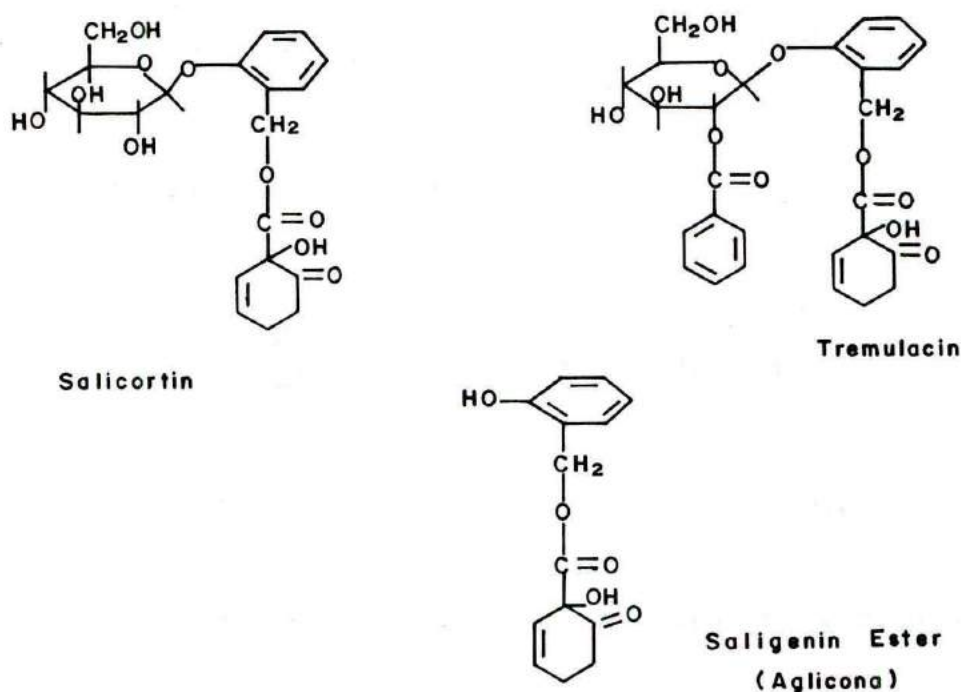


Figura 9. Estructuras de Fenolglucósidos

La degradación hipotética de salicotin y tremulacin por la mariposa tigridia (Figura 10), supone que la evolución de la enzima carboxilesterasa adecuada, que inactiva el compuesto tóxico, es un punto crítico en la adaptación o no de los insectos a los fenolglucósidos (30).

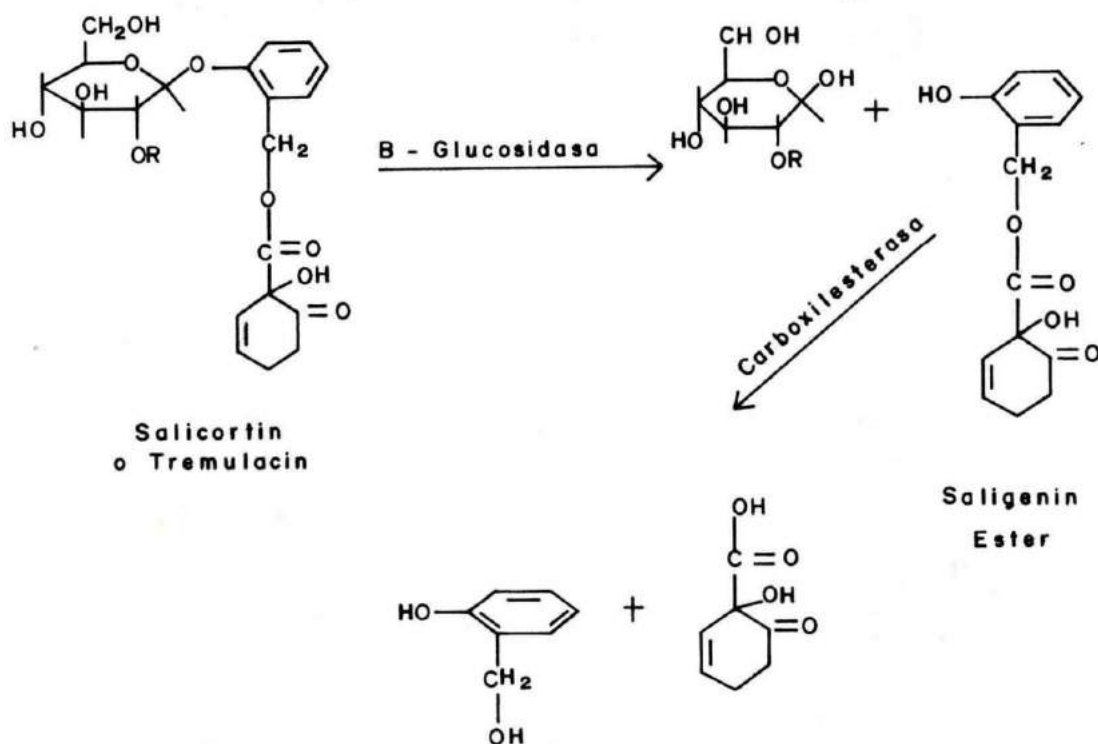


Figura 10. Degradación Hipotética de Fenolglucósidos por Papilio³⁰

BENZOXAZINONAS O ACIDOS HIDROXAMICOS

Los ácidos hidroxámicos cumplen una importante función defensiva en los cereales, contra insectos, hongos y bacterias; ellos confieren resistencia a gramíneas como el trigo, la caña, el centeno y el maíz (31).

Estructuralmente estos ácidos se ubican como 4-hidroxi-1,4-benzoxazin-3-onas (Figura 11), y entre los más importantes figuran el DIBOA, el DIMBOA, el DIM₂BOA, y el TRIBOA (Figura 11) (31). DIBOA ocurre principalmente en el centeno, DIMBOA en el trigo y en el maíz, y DIM₂BOA se ha hallado únicamente en el maíz (31).

La actividad biológica de estas sustancias se ha asociado con la resistencia del maíz al barrenador europeo *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera:Pyralidae), con la disminución de la infestación de cereales con áfidos como *Schizaphis graminum* (Rondani) y *Sitobion avenae* y con la baja propagación de algunos microorganismos como *Helminthosporium turcicum* y ciertas bacterias como *Erwinia* spp. (31).

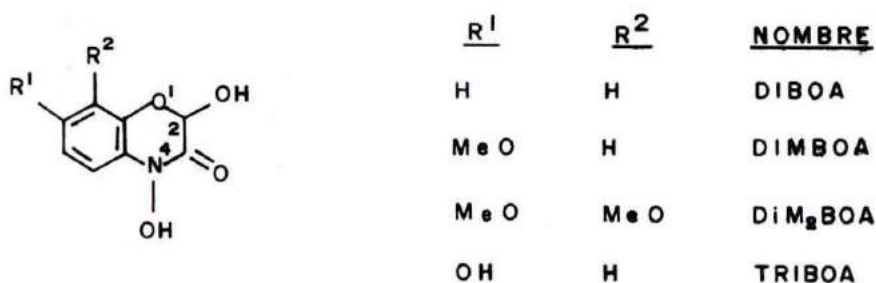


Figura 11. Estructuras de Benzoxazinonas ³¹

Aunque el modo de acción de los ácidos hidroxámicos no está aclarado, sí se ha demostrado la actividad mutagénica sobre la bacteria *Salmonella typhimurium* del DIBOA y del DIMBOA (Figura 11), asociada con la habilidad que tienen unos derivados 4- acetoxi para reaccionar con el DNA y con nucleótidos modelos (31).

SESQUITERPENLACTONAS

Son sustancias mayoritarias en especies de la familia Asteraceae o Compositae (2), pero también ocurren en Magnoliaceae y Umbeliferae (4), a las que protegen contra un amplio grupo de fitófagos potenciales, debido fundamentalmente a su fuerte actividad antialimentaria (2); estos compuestos están dentro de los más amargos de la naturaleza (3).

Sesquiterpenlactonas estudiadas son (Figura 12):

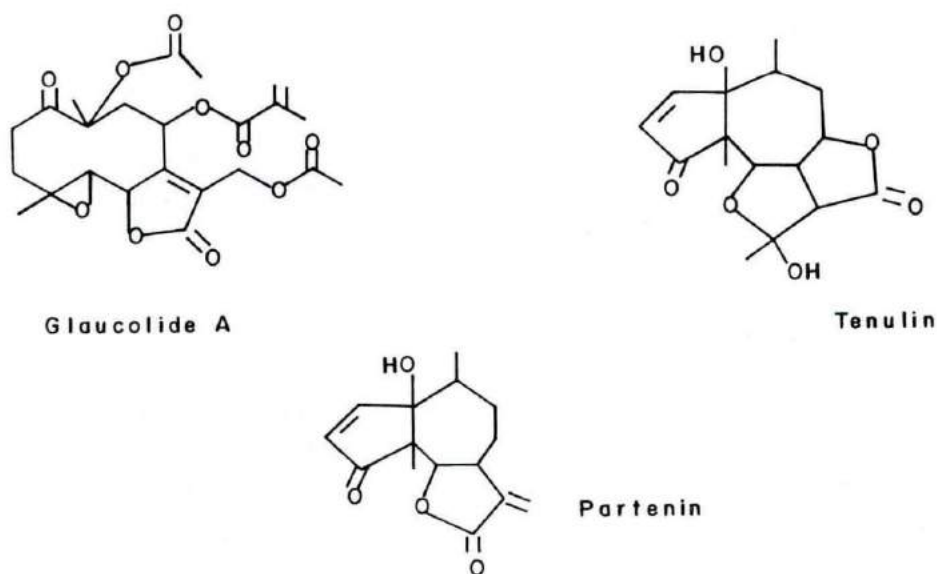


Figura 12. Tipos de Lactonas Sesquiterpénicas

- Glaucolide A, aislada de la compuesta *Vernonia* spp.; inhibió la alimentación de las larvas polípagas del gusano ejército *Spodoptera frugiperda* (Smith) y del gusano monturita *Sibine stimulea* (Clemens) (3) (Lepidoptera: Eucleidae).

- Tenulin y partenin, extraídas de *Helenium amarum* (Compuesta); para algunos insectos como *O. nubilalis* (Hubner) y *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae), mostraron fuerte actividad fagoínhibidora a cantidades muy por debajo de su real concentración en el tejido vegetal (2).

Se ha demostrado que las partes activas de la molécula son los grupos α - metilen - lactona y carbonilo α , β - insaturado (2), que al reaccionar con especies nucleofílicas como el aminoácido cisteína pueden bloquear los grupos sulfidrilos de las proteínas quimiorreceptoras, disminuyendo la sensibilidad fagoestimulante (18).

ALCALOIDES ESTEROIDALES

Son compuestos presentes fundamentalmente en especies de la familia Solanaceae, sobretudo en los géneros *Solanum* y *Lycopersicon* (16, 31). De los más conocidos podemos mencionar a (Figura 13):

- La solanina, que se halla en *Solanum tuberosum* y *Lycopersicon esculentum* (33).
- La solasonina, común en especies del género *Solanum* (*S. laciniatum*, *S. khasianum* y *S. marginatum*).
- La demisina, que ocurre en *Solanum demissum* (papa silvestre) (16).
- La tomatina, hallada en varias especies del género *Solanum* (32) (*S. demissum*, *S. dulcamara*, *S. simplicifolium*) y en varias especies del género *Lycopersicon* (*L. chilense*, (32); *L. hirsutum* (32); *L. peruvianum* (32); *L. esculentum* (32,35,36)).

La Tomatina, específicamente, ha mostrado actividad biológica contra hongos, bacterias, mamíferos e insectos, destacándose la acción fagoínhibidora y tóxica que ejerce contra estos últimos. Tales efectos se han demostrado en el cucarrón colorado *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), en el saltamontes *Melanoplus bivittatus* (Say) (Orthoptera: Acrididae) y en las larvas del mosquito *Aedes aegypti* (32) (L.) (Diptera: Culicidae).

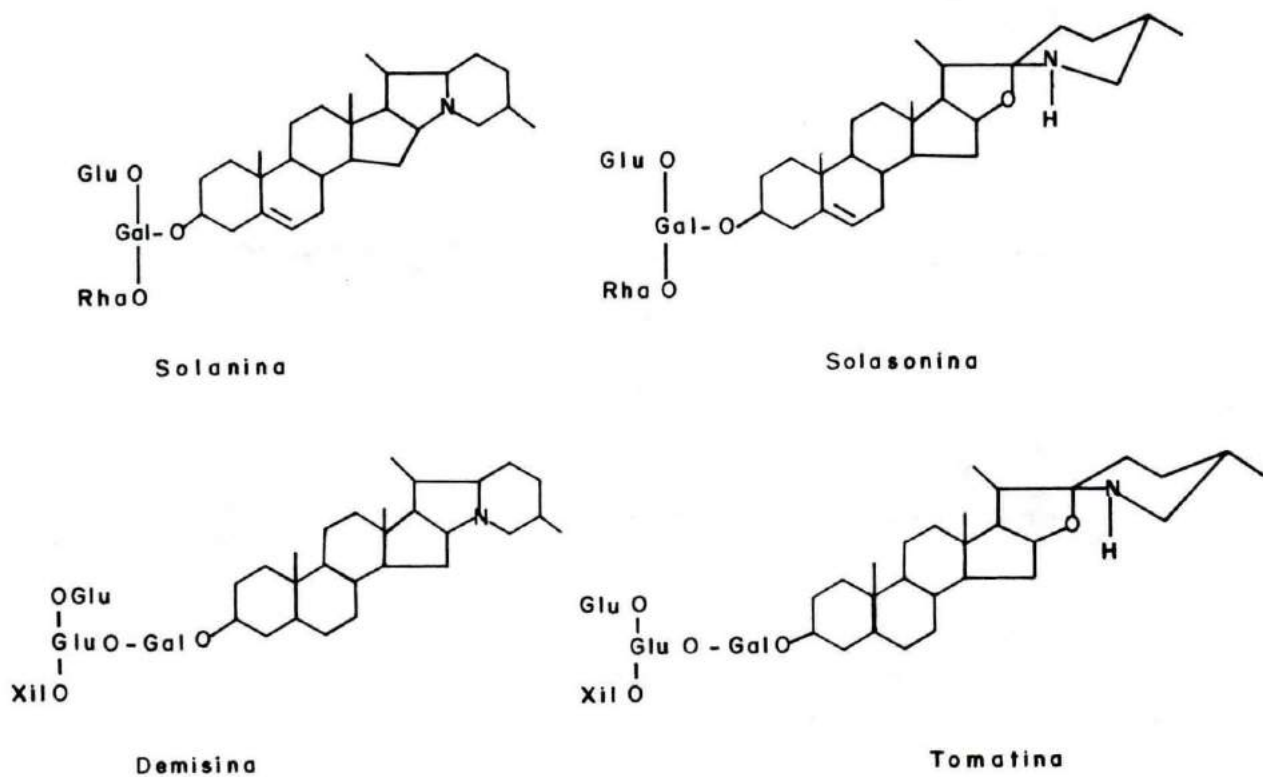


Figura 13. Estructuras de Alcaloides Esteroidales

Su mecanismo de acción tóxica no está bien entendido, pero se argumenta que la propiedad que tienen los glicoalcaloides esteroidales de acomplejarse con los 3 β -hidroxiesteroide podría ser la base molecular de su toxicidad (32, 34); un acomplejamiento con los esteroides de la membrana celular podría ocasionar una alteración o destrucción de su permeabilidad (32, 34).

ACETOGENINAS

Las acetogeninas tetrahidrofuranoides, presentes en la familia Annonaceae han mostrado potente actividad pesticida y fago-inhibidora contra diversas plagas como larvas de mosquitos, arañas, pulgones, escarabajos y nemátodos (37); su actividad biológica comprende además efectos citotóxicos, antitumorales, antimaláricos y antimicrobiales (38, 39, 40). Algunas acetogeninas típicas (Figura 14) son:

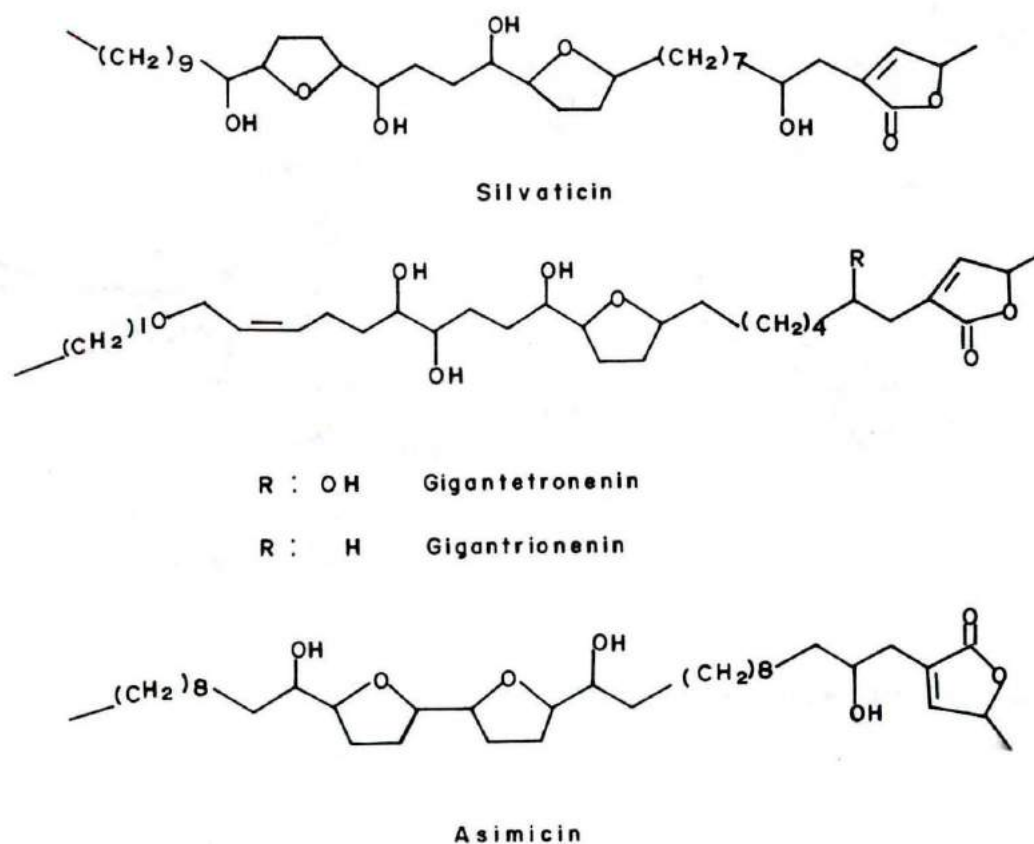


Figura 14. Estructuras de Acetogeninas

- Silvaticin, aislada de *Rollinia sylvatica* (38).
- Gigantetronenin y gigantrionenin, reportadas en *Goniothalamus giganteus* (40).
- Asimicin y su diasterómero trilobacin, aislados de *Asimina triloba* (39).

Estos compuestos pueden servir para controlar insectos, especialmente de los órdenes Hemíptera, Coleóptera y Díptera, además, arañas y nemátodos, a través de diferentes formas que dependen de la plaga, el método de aplicación y la concentración de la sustancia (37); tales formas de actuar incluyen la fago inhibición, la regulación del crecimiento, la esterilización, la interferencia en la metamorfosis y hasta la provocación de la muerte (37).

El asimicin, específicamente, mostró actividad pesticida contra el pulgón del melón *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), la larva del mosquito *Aedes aegypti* (L.), el ácaro *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae), y el saltahojas *Dalbulus maidis* (D. y W.) (37) (Homoptera: Cicadellidae).

A nivel molecular, la amplia acción biológica de las acetogeninas, incluida la pesticida, probablemente se explique por el efecto inhibitorio que realizan sobre la enzima NADH - Q reductasa (complejo I) del sistema de transporte electrónico mitocondrial (40).

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Francisco Javier Serna C. la cuidadosa revisión del manuscrito, así como las oportunas y valiosas precisiones relacionadas con las áreas de entomología y taxonomía vegetal.

BIBLIOGRAFIA

1. SWAIN, T. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1977, 28, 479 - 501.
2. NAHRSTEDT, A. *Planta Médica*. 1989. 55, 333-338.
3. BRATTSTEN, L. B. En: "Molecular Aspects of Insects-Plant Associations" (Brattsten, L.B. and Ahmad, S, Ed.). Plenum Publishing Corporation, New York, 1986. pp. 211-255.
4. FUTUYMA, D.J. En: "Coevolution". (Futuymas, D.J. and Slatkin, M., Ed.) Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, 1983. pp. 207-231.
5. GROS, E.G.; POMILIO, A.B.; SELDES A.M. y BURTON, G. Introducción al estudio de los productos naturales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C. 1985. p. 1,2,76.
6. WATERMAN, P. G. and MOLE, S. en: "Insect-Plant Interactions". (Bernays, E.A., Ed.). CRC Press, Boca Raton, 1989. V. I. pp. 107-134.
7. WILLIAMS, D.H.; STONE, M.J.; HAUCK, P.R. and RAHMAN, S.K. *J. Nat. Prod.*, 1989. 52 (6): 1189-1208.
8. MONTES DE G., V. *Rev. Acad. Colomb. Ciencias*, 1990. XVII (67): 741-747.
9. BROOKS, C.J.W. and WATSON, D.G. *Nat. Prod. Rep.* 1985. 2:427-459.
10. BROOKS, C.J. W. and WATSON, D.G. *Nat. Prod. Rep.* 1991. 8:367-389.
11. EBEL, J. *Ann. Revf. Phytopathol.*, 1986. 24:235-264.
12. DARVILL, A.G. and ALBERSHEIM, P. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 1984. 35:243-275.
13. RICE, E.L. "Allelopathy". Academic Press, Inc., Orlando. 1984. 422 p.
14. ANONIMO. *Agricultura de las Américas*, 1985. 34 (2):24-26.
15. WHITTAKER, R.H. and FEENY, P.P. *Science*. 1971. 171(3973): 757-770.
16. BELLES, X. (COORD.). "Insecticidas Biorracionales. Consejo Super. de investig. Científicas. Madrid. 1988. 405 p.

17. BERNAYS, E.A. and CHAPMAN, R.F. En: "Molecular Entomology". "Alan, R. Liss, Inc. 1987. pp. 107-116.
18. JERMY, T. J. of Chem. Ecology. 1990. 16(11):3151-3166.
19. CORREA, J.A. y URIBE, C. Química, Actualidad y Futuro. 1993. 3 (1): 29-40.
20. LEA, P.J. and NORRIS, R. D. Phytochem. 1976. 15(5): 5985-595.
21. BELL, E.A.; FELLOWS, L.E. and QURESHI, M.Y. Phytochem, 1976. 15(5): 823.
22. ROSENTHAL, G.A.; DAHLMAN, D.L. and JANZEN, D.H. Science, 1976, 192(4236):256-257.
23. GALEFFI, C. and MARINI BETTOLO, G.B. Fitoterapia, 1988. LIX (3):179-205.
24. ROSENTHAL, G.A. Investig. y Ciencia. 1986 (114):70-76.
25. MANITTO, P. "Biosynthesis of Natural Products". Ellis Horwood Limited. Chichester, 1981. 547P. P. 350.
26. ISHIDA, M.; SERIT, M.; NAKATA, K.; JUNEJA, L.R.; KIM, M. and TAKAHASHI, S. Biosci. Biotech. Biochem., 1992. 56(11): 1835-1838.
27. SIDDIQUI, S.; SIDDIQUUI, B.S.; FAIZI, S. and MAHMOOD, T.J. Nat. Prod., 1988. 51(1): 30-43.
28. SUBRAHMANYAM, B. Proc. Indian Acad. Sci., 1990. 99 (3): 277-288.
29. HARBONRNE, J.B. "Introduction to Ecological Biochemistry". Academic Press, London. 1982. p. 80-82.
30. ROWEL-RAHIER, M.; PASTEELS, J.M. En: "Insect-Plant Interactions". (Bernays, E.A., Ed.) CEC Press. Boca Raton, 1990. V.II. pp. 75-94.
31. NIEMEYER, H.M. Phytochem., 1988. 27(11): 3349-3358.
32. RODDICK, J.G. Phytochem., 1974. 13:9-25.
33. SPIES, A. Lebensmit Telindustriec. 1981. 28(10): 445-450. Citado en C.A. 96:50924 p.

34. RODDICK, J.G.; RIJNEMBERG, A.L. and WEISSENBERG, M. *Phytochem.* 1990. 29(5):1513-1518.
35. VAN GELDER, W.M. J. et al. *Euphytica.* 1987. 36(2):555-561. Citado en C.A. 107: 233117 m.
36. OLESZEK, W. et al. *Acta Soc. Bot. Pol.* 1986. 55(4): 653-657. Citado en C.A. 107: 4309 h.
37. MIKOLAJCZAD, K.L.; MCLAUGHLIN, J.L.; RUPPRECHT, J.K. U.S. Patent. Number: 4,721.727; January 26, 1988.
38. RUPPRECHT, J.K.; HUI, Y-H. and McLAUCHLIN, J.L. *J. Nat. Prod.* 1990. 53(2): 237-278.
39. ZHAO, G.; HUI, Y.; RUPPRECHT, J.K.; MacLAUCHLIN, J.L. *J. Nat. Prod.* 1991. 55(3):347-356.
40. FANG, X-P.; ANDERSON, J.E.; SMITH, D.L.; McLAUCHLIN, J.L. *J. Nat. Prod.* 1992. 55(11): 1655-1663.

ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LOS EXTRACTOS DE PLANTAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS¹

Rodrigo A. Vergara R.²
Alejandro Madrigal C.³

1. INTRODUCCION

Los insectos han estado estrechamente relacionados con las plantas durante procesos evolutivos que han tomado centenares de millones de años y la gran mayoría de las adaptaciones metabólicas y morfológicas han sido consecuencia de este proceso coevolutivo que en condiciones naturales se suma en una compleja "ecología química", responsable en última instancia del equilibrio biológico entre las poblaciones y comunidades.

Con el desarrollo de la agricultura y la introducción de severas modificaciones en los ecosistemas naturales, algunas especies de insectos se han constituido en factor limitante de la producción y el hombre entonces ha buscado, como principal alternativa, el uso de productos químicos para matar los insectos dañinos y las consecuencias no han podido ser más graves: La Organización Mundial de la Salud registra un promedio de 500.000 casos de envenenamiento por año, 5.000 de ellos con muerte del paciente; acumulación de residuos de plaguicidas en los productos alimenticios de origen agrícola y pecuario; graves niveles de contaminación en aguas, suelos y aire, además de la manifestación de resistencia de los insectos a los insecticidas como consecuencia de los mecanismos de defensa que los insectos han desarrollado contra las sustancias tóxicas producidas por las plantas. Los plaguicidas químicos dejaron de ser lo que se consideraba una solución mágica, para constituirse en un grave problema.

La importancia ecológica que representa el empleo de extractos de plantas (E.P.) para el control de artrópodos plagas y otros organismos nocivos a la producción agropecuaria se ha dimensionado en los últimos años en todo el mundo. Esta situación obedece en gran medida a los problemas generados por el uso indiscriminado de productos de origen orgánico sintéticos a partir de la década del 50. Debido a la necesidad de buscar alternativas diferentes en la lucha contra los insectos-plagas, plantas o partes de ellas han

¹ Conferencia dictada en el XXI Congreso de Socolen - Simposio "Extractos de Plantas con Poder Insecticida". - Medellín, Julio 27-29 de 1994.

² Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

³ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

sido usadas en todo el mundo desde tiempos inmemoriales para matar y repeler insectos, pero durante los últimos 150 años ha habido serios intentos para identificar las estructuras químicas de los principios activos presentes en las plantas con conocido poder insecticida. Entre las más importantes es preciso mencionar el *Chrysanthemum cinerariaefolium* (piretro); especies de *Derris*, *Lonchocarpus*, *Tephrosia* y *Mundulea* (rotenoides) y varias especies de *Nicotiana* (nicotinoides). Son bien conocidos los principios insecticidas del piretro (piretrinas I y II, Cinerinas I y II y jasmolina I y II), los rotenoides (isoflavonoide modificado rotenona) y el alcaloide nicotina.

Durante los últimos 50 años, se han reportado más de 2,000 especies de plantas que contienen principios tóxicos efectivos contra muchas especies de insectos, pero varias de estas plantas son poco promisorias como fuente de insecticidas con posibilidades comerciales.

En algunos países los E.P. se han usado no solo a nivel empírico sino que ya en sus mercados existen formulaciones comerciales. Esto quiere decir que las propuestas alternativas a los plaguicidas son una realidad. Para evitar dificultades con estos productos los productores, técnicos e investigadores tienen que conocer aspectos sobre su composición, modo de acción, limitaciones de empleo, procesos de obtención y otros temas de interés.

En esta versión resumida de la conferencia que sobre el tema exponen los autores en este Congreso, se hace una revisión del estado de arte de los E.P. a nivel general y de sus posibilidades futuras. Si bien es cierto que se ha hecho una condensación de fuentes dispersas, puede también afirmarse que la documentación sobre el tema es abundante y el lector podrá acudir a ellas inclusive a través de bases de datos.

2. LOS EXTRACTOS DE PLANTAS FUENTE DE PLAGUICIDAS

La humanidad tuvo conocimiento de las virtudes toxicológicas, farmacológicas y alucinógenas de las plantas con mucha anterioridad a su real descubrimiento por la fitoquímica. Debido a que era difícil precisar las causas biológicas de sus efectos se les atribuía un carácter mágico-religioso. Quienes alcanzaron algún grado de conocimiento sobre las propiedades particulares de las plantas alcanzaron sobre sus semejantes gran preponderancia y fueron los curanderos, sacerdotes, druidas o shamanes. Con el avance cultural de la humanidad esta situación fue aclarada y sus explicaciones fitoquímicas aceptadas.

Los plaguicidas naturales comprenden insecticidas, antialimentarios (aal), inhibidores de crecimiento, hormonas juveniles de la muda, deterrentes de la oviposición, atrayentes, repelentes y disuasores. Estos pueden constituirse en buenos modelos para el desarrollo de productos sintéticos análogos o ser usados como ingredientes activos si están disponibles

en abundancia. Ejemplo de esto son muchos piretroides sintéticos, análogos de las hormonas juveniles, análogos de las enzimas anti-hormonas juveniles, inhibidores de crecimiento y muchos otros, algunos de los cuales existen en el mercado (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Durante los proceso de co-evolución de plantas e insectos, las plantas han biosintetizado un gran número de metabolitos secundarios como defensas químicas contra el ataque de los insectos. La comprensión de estos procesos co-evolutivos por químicos y biólogos ha perfilado una nueva estrategia orientada al uso y manejo de estas defensas químicas de las plantas contra los insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Hoy se conoce que las plantas constituyen una fuente inagotable de sustancias químicas con poderes diferentes. Aparentemente unos 10.000 metabolitos secundarios han sido plenamente identificados, pero se considera que su número excede los 400.000 (Swain, 1977). Los metabolitos secundarios se han clasificado en Fenil Propanos, Aceto Quinonas, Isoprenoides, Alcaloides, Pigmentos Pirrolicos y Glicosidos Cianogénicos. En estos grupos se ubican sustancias tales como: ácidos cinámicos, coumarinas, quinonas, benzoferonas, antranas-diantrinas, flavonoides, rotenoides, betalainas, terpenoides y quinolínicos entre otros, pero no todos con propiedades insecticidas (Mier, Palomino, 1993).

Posterior al empleo de los derivados de plantas como nicotina, piretro y rotenona, el cual declinó con el uso de sustancias como el DDT, los insecticidas vegetales perdieron vigencia. Aunque desde 1942 se conocían algunos constituyentes del NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss), planta nativa de la India; su valor por los efectos repelentes, antialimentarios, de inhibición del crecimiento, o sobre la sobrevivencia, reproducción, oviposición y otras características sobre organismos afectados tan solo se ha aceptado recientemente (Saxena, 1993).

Los compuestos químicos bioactivos de las plantas han venido sirviendo de modelo para la síntesis de análogos, como ha sucedido con los piretroides sintéticos y una parte de la molécula del azadirachtin, un potente antialimentario y un inhibidor de crecimiento de los insectos extraído del árbol de neem. Muchos mas compuestos interesantes van siendo conocidos en la medida en que la investigación en este aspecto se va abriendo su espacio como en la actualidad está ocurriendo. Paulatinamente, se obtendrán potentes fracciones o moléculas activas a partir de la gran variedad de fuentes naturales, para posibles usos comerciales con fines de control de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

2.1 Relaciones insectos y plantas

La forma como se desarrolla la relación entre productores primarios (plantas) y los consumidores (herbívoros) ha sido tema de múltiples investigaciones. Ellas han revelado que sobre la Fisiología, Bioquímica, Bioecología y Ecoquímica de los insectos actúan

metabolitos secundarios (m.s.) de plantas. Los insectos y las plantas son dos eslabones de la cadena trófica y su relación debe describirse en términos ecológicos; de ahí la importancia de realizar estudios sobre los metabolitos secundarios y su influencia en esta relación.

Kogan (1983) explica que durante mucho tiempo se desconoció cual era la función de los m.s. de las plantas y se les consideró como productos de excreción o compuestos secundarios que la planta almacenaba como inertes. Posteriormente se determinó que estos compuestos secundarios tenían mucha influencia sobre los animales herbívoros y posteriormente se constató que estos m.s., interferían la relación insecto-planta.

Las interacciones químicas entre organismos son el fundamento para explicar las relaciones entre insectos-plagas y plantas. Estas producen toxinas perjudiciales al insecto en el proceso alimenticio o compuestos complejos que perturban el ciclo de crecimiento o su capacidad para digerir la planta. Los insectos han desarrollado mecanismos de adaptación a estas situaciones, generando respuestas químicas propias. Convierten sustancias potencialmente perjudiciales de las plantas en fuentes nutritivas o de protección contra insectívoros. Rosenthal (1986) plantea que estas interacciones y sus implicaciones constituyen la base de la ecología química.

La investigación sobre los "productos naturales" que para Gros y colaboradores (1985) es sinónimo de "metabolitos secundarios", es una necesidad en el caso específico de los E.P. con poder insecticida. En los "metabolitos secundarios" generalmente no se conoce la naturaleza de su significado bioquímico, es decir, se desconocen las funciones que desempeñan en el organismo que los contiene. Esta consideración para los autores arriba señalados es temporal, por cuanto los avances de la ciencia permitirán dilucidar su papel en el futuro. Estos productos tienen una distribución relativa restringida en la naturaleza y en ocasiones se limita a especies o subespecies únicas. Es factible que algunos de estos metabolitos no sean esenciales para el organismo que los produce, pero deben tener algún significado ya que son biosintetizados y biodegradados, por lo que se presume que deben poseer una función específica.

En los metabolitos secundarios se presentan varias clases que tienen efectos diferentes en los insectos. Algunos actúan como disuasores de actividades en los insectos. Los taninos, señala Swain (1977) tienen gran importancia porque inhiben proteasas y otras enzimas digestivas de los insectos reduciendo así la posibilidad de obtener proteínas en su proceso alimenticio; así mismo compuestos fenólicos, quinonas, alcaloides, terpenoides, glucosinatos y glicósidos cianogénicos revisten importancia disuasora en las relaciones planta-insecto. Pero hay cuatro grupos de metabolitos secundarios de mayor importancia y ellos son: ácidos amino - no proteínicos, ecdisonas, inhibidores de proteasas y lectinas. En estos metabolitos secundarios se ha comprobado el efecto sobre grupos de insectos.

En los mecanismos de defensa de las plantas superiores los productos naturales tienen una gran importancia, pero en ocasiones es muy poco conocida la base bioquímica de esta acción. Rosenthal (1988) ha investigado la L-canavanina un aminoácido no proteínico identificado en cerca de 1.200 leguminosas, y otras plantas, arbustos y árboles. Esta sustancia tiene propiedades antimetabólicas, altera la conformación de proteínas y posee una función macromolecular, con efectos nocivos en la biología de especies insectiles.

En los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) es de vital importancia tratar de combinar en forma armónica el mayor número de métodos de control. Plantean Panizzi y Parra (1991) que dentro de este concepto de integración deben estar incluidas las técnicas que tienen relación con la ecología nutricional de las plagas, destacando cómo las plantas contienen sustancias químicas que pueden afectar la biología y el comportamiento de los insectos.

El MIP se puede definir como el control de plagas en un contexto económico y ecológico mediante el uso de múltiples factores de una manera compatible con la protección contra los riesgos para el hombre, los animales, las plantas y el ambiente. Los compuestos extraídos de plantas pueden constituir una buena parte de esos factores.

Las defensas químicas, conocidas en las plantas y los desarrollos que se han adelantado con ellas, alcances y limitaciones en su aplicación práctica se presentan en el siguiente numeral.

3. ACTIVIDAD DE LOS FITOCOMPUESTOS

3.1 Insecticidas

Se cree que el primer producto usado como insecticida vegetal fue el tabaco molido, mezclado con agua y cal, en 1763; en 1809 se aisló su principio activo, en 1828 se conoció que era un alcaloide y en 1904 fue sintetizado por Pictet y Rotachy (Barbera, 1967; Vela, 1991). Para principios del siglo XIX se recomendaba el uso del piretro para eliminar piojos y pulgas, muy populares en el mundo a partir de 1890. Este producto, extraído de flores de *Chrysanthemum*, presenta cuatro ésteres, a saber: Piretrinas I y II y cinerinas I y II.

El piretro aún goza de la reputación de ser un insecticida seguro y barato. Las piretrinas I y II han sido estudiadas en gran detalle desde el punto de vista de su actividad y estructura. Estos estudios han permitido la obtención de productos como Cypermctrina sin el inconveniente de la inestabilidad de las moléculas naturales originales, pero los insectos presentaron resistencia muy rápidamente a ellos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Para 1848 ya se usaba la Rotenona contra comedores de follaje del orden Lepidóptera y

en 1902 se aisló su principio activo, el cual se obtiene especialmente de plantas de los géneros *Lonchocarpus* y *Derris*. A partir de esta época los insecticidas de origen vegetal lograron su plena vigencia la cual perdieron a partir de la producción de los insecticidas inorgánicos y órgano-sintéticos (Barberá, 1967; Hilderbrand, 1991).

La rotenona, presente en muchas leguminosas, es un insecticida que controla coleópteros comedores de follaje y larvas de lepidópteros. Aunque hay algunos reportes de que es cancerígena, esto no está plenamente comprobado. La Quasina, obtenida de varias especies de *Quassia*, el dialil-disulfuro de la cebolla, la surangina de las flores de "Surangi" y las isobutilamidas que se extraen de *Fagara* spp. y *Piper* spp. son conocidas como insecticidas pero son irritantes de la piel y muy inestables. (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Existen una gran cantidad de alcaloides con acción insecticida, pero ninguno de ellos es usado en forma extensiva, exceptuando la nicotina que extraen de los deshechos del tabaco. Se sabe que la nicotina actúa sobre el sistema nervioso central, el metabolismo y la biosíntesis de muchos insectos. La nicotina es altamente volátil y carcinogénica. Sus derivados como el sulfato de nicotina están siendo ampliamente promovidos en la actualidad. Muchos alcaloides de origen vegetal son poco recomendables como insecticidas por su alta toxicidad para los mamíferos.

Rama (1993) hace una relación de los insecticidas vegetales y además de los ya referenciados, menciona los siguientes:

Canedina y Veratridina: Alcaloides de *Sabadilla officinalis*, con acción de contacto y estomacal. Son insecticidas de amplio espectro. Con baja toxicidad residual.

Ryanodina: Alcaloide de raíces de *Ryania speciosa*. Es un potente insecticida contra perforadores y masticadores. Buena estabilidad en condiciones tropicales.

Quasina y Neoquasina: Extraídas de *Quassia amara* (Sinambaceae). Efectivas contra pulgones y moscas siena.

Anoninas: Presentes en tallos y hojas de *Annona squamosa* y *A. reticulata*, con buen valor insecticida, especialmente contra termitas, chizas y otros insectos del suelo.

Acorus (*Acorus calamus*): Tiene buena acción insecticida en plagas de granos almacenados, pulgones y larvas de Lepidoptera.

3.2 Hormonas juveniles (J.H.)

Las hormonas juveniles más importantes que se han extraído de plantas son el farnesol y la juvalbiona. Parece que los insectos biosintetizan JH I, II y III del farnesol, de los cuales

JH I y II controlan la metamorfosis en lepidópteros, mientras JH II actúa como gonadotrópico en el mismo grupo de insectos. El desarrollo de análogos de estos productos ha logrado sustancias muy buenas como el metoprene y el Kinoprene (metoprene es 2430 veces más activo que la hormona juvenil natural de los insectos). El mayor inconveniente de estos agentes morfogénicos es que ellos son activos especialmente sobre adultos, pero en agricultura la mayoría de los daños son causados por los estados inmaduros. Estos productos han sido especialmente útiles contra insectos de granos almacenados y en control de mosquitos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Con relación a este grupo, Camps (1988), reporta que con una ligera actividad juvenilizadora se han encontrado dos componentes en el aceite de *Sesamum indicum*, el Sesamin y el Sesamolin que en ocasiones se usan como sinérgicos de insecticidas convencionales también se comportan de igual manera el ácido tújico aislado del cedro rojo *Thuja plicata*; el ácido estercúlico presente en la *Sterculia foetida*; la tagetona común en *Tagetes minuta*; la ostruthina aislada de la *Imperatoria ostroruthium*; el ácido abscísico omnipresente en plantas; la equinolona identificada en raíces de *Echinacea angustifolia*; diversos derivados del bakuquiol extraídos de las semillas de *Psoralea corylifolia*; el juvadenoceno descubierto en las raíces de *Macropiper excelsum* y los juvocimenos I y II encontrados en el aceite destilado de *Ocimum basilicum*; todas estas citas las toma Camps (1988) de diversos autores y además anota que los juvocimenos tienen frente a los insectos una actividad mayor que la de las hormonas juveniles naturales, pudiendo llegar a inducir efectos morfogenéticos en las últimas fases de ciertos hemípteros en dosis del orden de picogramos.

3.3 Antihormonas juveniles

Las hormonas juveniles o sus análogos interfieren efectivamente en el desarrollo del insecto solo en el último estado larval, con lo cual no se pueden evitar los daños de los primeros ínstares. Con antagonicos de la H.J., explica Camps (1988) se podría bloquear la acción de la H.J. en todos los estadios, lo cual ocasionaría una metamorfosis precoz en larvas jóvenes con la aparición de pequeños adultoides difícilmente viables y la esterilización en los adultos, al interrumpirse la vitelogénesis.

El descubrimiento de precoceno I y II, los primeros anti-JH extraídos de *Ageratum conyzoides* en 1976 generó gran expectativa. Sin embargo, estos compuestos y sus análogos sintéticos como precoceno III (5 veces más activo que precoceno II) solo ha resultado activo sobre pocas especies de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Los precocenos por contacto, ingestión o inhalación inducen metamorfosis precoz en larvas, esterilizan hembras adultas, inducen diapausa en ciertas especies, interrumpen la embriogénesis e inhiben la producción de la feromona sexual; pero con la aplicación de la H.J., se corrigen estos efectos lo cual sugiere que la actividad observada era debido a la

ausencia de la H.J., más bien que una inhibición a nivel de receptor. Los precocenos destruyen las glándulas productoras de la H.J. los corpora allata, presumiblemente por una previa transformación en un epóxido intermedio sumamente reactivo que actúa como agente citotóxico alquilante.

3.4 Hormonas de la muda

Las ecdisonas inducen la muda en los insectos y el tipo de muda es determinado por la hormona juvenil secretada por el corpus allatum. B ecdisona y otros compuestos relacionados han sido aislados de varias especies de plantas. Como estos compuestos son altamente polares, no pueden penetrar la capa cuticular de los insectos y por lo tanto tienen pocas posibilidades de aplicación.

En extractos de plantas se han encontrado estructuras idénticas o similares a las ecdisonas, que exhiben una actividad inductora de la muda. Camps (1988) las denomina FITOECDISTEROIDES y menciona los registros de varios investigadores que han aislado: la ponasterona A, un esteroide polihidroxilado de *Podocarpus nakaii*; 20-hidroxiecdisona en las hojas de *Taxus baccata* y en los rizomas del helecho *Polypodium vulgare*. En cerca de 111 familias de plantas se han descrito 69 fitoecdisteroides.

Los fitoecdisteroides actúan iniciando los ciclos de ecdisis propios de la secuencia de desarrollo en las especies insectiles que presentan este fenómeno. Rosenthal (1986) explica los trabajos de Butenandt y Plack para obtener la ecdisona y la 20-hidroxiecdisona del *Bombyx mori* y como posteriormente Nakanishi y Takemoto obtenían del helecho *Polypodium vulgare* la 20-hidroxiecdisona, lo cual impulsó la búsqueda de los ecdisteroides en plantas.

Camps (1988) plantea que la 20-hidroxiecdisona, la hormona de la muda, es el fitoecdisteroide más abundante en pteridofitas, gimnospermas y angiospermas. En las plantas estas sustancias juegan un papel defensivo y parece que estos compuestos podrían haber emergido como un mecanismo de defensa en una fase particular de la evolución antes de la aparición de las angiospermas, donde su papel defensivo habría ya sido substituido total o parcialmente por otros metabolitos.

Rosenthal (1986) detalla como Kubo y colaboradores confirmaron que las fitoecdisonas actuaban como poderosos agentes protectores al perturbar los ciclos de crecimiento de los insectos que depredan plantas productoras de las mismas. Esto fue comprobado con Extractos de *Ajuga remota* que utilizado para alimentar *Spodoptera frugiperda* produjo una extraordinaria aberración del desarrollo: en la metamorfosis de larva a pupa el insecto no produce una sino varias cápsulas cefálicas. Estas cápsulas múltiples obliteraban las piezas bucales y el insecto muere por hambre. Las anomalías del desarrollo obedecen a la acción de los fitoecdisteroides presentes en la planta *A. remota*.

3.5 Anti-hormonas de la muda (Anti-MH)

Algunos productos que inhiben la muda han sido aislados de plantas. Ellos son: Ajugalactona de *Ajuga procumbens* y Azadirachtin y Salannin de *Azadirachta indica*. La Ajugalactona es activa contra algunos insectos que atacan granos almacenados y su estudio ha permitido conseguir productos sintéticos con buena actividad anti-MH.

Algunos metabolitos de plantas exhiben la propiedad de interferir específicamente con alguna de las fases del proceso de muda en los insectos. Camps (1988) menciona esta acción de la ponasterona A que inhibe la ecdisis de larvas de *Hyalophora cecropia*, *Tribolium confusum*, *Pectinophora gossypiella* y de *Acrolepiopsis ussectella*; aparentemente este efecto es debido a la resistencia de este fitoecdisteroide a los mecanismos de metabolismo del insecto y a su interacción con los receptores de la hormona.

Camps (1988) relata que un producto natural que inhibe la ecdisis en cuatro especies de lepidópteros plagas agrícolas es la plumbagina, que es una Naftoquinona aislada de las raíces del arbusto *Plumbago capensis*, con solo 400 ppm se logró entre el 90 al 100% de mortalidad de *Pectinophora gossypiella* y con 1400 ppm se obtuvo la misma mortalidad para *Heliothis virescens*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni*. Otro compuesto natural que inhibe la ecdisis de insectos por algún mecanismo no explicado es la azadiractina, aislada de semillas de *Azadirachta indica* y de los frutos de *Melia azedarach*.

3.6 Semioquímicos

Algunas plantas contienen potentes antialimentarios como son Warburginol (*Warburgia ugandensis*), azadirachtina y salamina (Neem). Muchas lactonas sesquiterpenos, aisladas de Asteraceas y alcaloides como tomatina (tomate), capsaicina (Ají), solanina (tomate), cafeína (café), teofilina (te) y quinina (Cinchona) son algunos de los muchos antialimentarios conocidos. Estos compuestos son irritantes de la piel, tóxicos para mamíferos y de acción restringida a pocas especies de insectos (estrecho espectro). De todos estos, parece ser que solo azadirachtina y salannina han mostrado un buen potencial sobre muchas especies de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Rama (1993) relata que algunos compuestos como neem, piretro, y otros inhiben la alimentación de los insectos cuando se aplican sobre el follaje de sus plantas hospedantes. Otros como florizina, leptina, tomatina, solanina, aminoácidos no esenciales, taninos, lignanos, etc. presentes en algunas plantas, actúan como antialimentarios. Azadirachtina es supresora del apetito en acrididos y larvas de algunos lepidópteros.

3.7 Inhibición del crecimiento de los insectos (GR)

El neem contiene una serie de compuestos pertenecientes al grupo de los tetramortriterpenoides que poseen excelente acción inhibitoria del crecimiento en muchas especies de insectos. Se sabe que estos compuestos son responsables tanto de la falla ecdisial como del disturbio en la acción de las hormonas juveniles, al actuar sobre el sistema endocrino. Hay otras pocas especies de plantas pertenecientes a la familia Meliaceae que presentan actividad inhibitoria del crecimiento de los insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Productos vegetales como "azadirachtin", cafeína y aminofilina, son potentes G.R.; así mismo, esclerina, un metabolito fungoso y varias sustancias presentes en helechos, coníferas, gimnospermas. Plantas como pino, tamarindo, guayabo, mango y roble contienen este tipo de sustancias (Rama, 1993).

En forma complementaria, este autor se refiere a la actividad de otros fitocompuestos así:

- Repelentes. Algunos extractos de plantas, hacen que las plantas rociadas con ellos sean poco atractivas, impalatables u ofensivas; entre ellos pueden citarse: aceites esenciales de citronela, alcanfor, terpenos, quinonas, fenoles y muchos otros.
- Atrayentes. Ciertos químicos presentes en las plantas pueden ser usados para reorientar los insectos plagas hacia sitios de alimentación u oviposición diferentes al cultivo que se pretende proteger como ocurre con Isothiocianatos contra plagas de crucíferas; trimedlure, azúcar y melazas contra moscas de las frutas; fenil-acetaldehído contra lepidópteros y geraniol, eugenol y fenetil propionato contra coleópteros.
- Químico-esterilizantes. Varios aceites esenciales extraídos de eucaliptos, casias, anís, clavo, limoncillo, acorus, neem, etc., tienen acción esterilizante y ovicida en varios insectos dañinos.
- Solventes de insecticidas. Aceites de origen vegetal como los de algodón, soya, pino, etc., son muy buenos solventes. Gomas lípidos y proteínas vegetales se usan como humectantes y agentes emulsificantes. Algunos sinérgicos como piperina, sesamina y aceite de pino son muy usados en mezclas de insecticidas.
- Portadores de polvo. Corteza del fruto de maní, soya, corteza de árboles, harina de nogal, etc. se usan como buenos portadores de insecticidas en polvo.

4. LAS PLANTAS FUENTE INAGOTABLE DE FITOQUIMICOS

En el reino vegetal se han descrito unas 400.000 especies de plantas y todas ellas contienen compuestos químicos que pueden presentar propiedades diversas entre ellas servir para planes de MIP. En casi todos los países se viene trabajando en el inventario de las plantas que tengan metabolitos secundarios con efectos diversos sobre las poblaciones de artrópodos-plagas.

Los registros sobre plantas con propiedades insecticidas que se constituyen en fuentes de extractos son abundantes. Grainge, Ahmed, Mitchell y Hylin (1985) presentan en una base de datos aproximadamente 1.600 plantas que poseen propiedades para el control de plagas y entre 200 y 300 especies adicionales que se sospecha poseen tales propiedades. Para cada especie le han registrado: características de la planta (ciclo de vida, hábito, clima, suelos); necesidades de manejo (fertilización, agua, labores, área de crecimiento); ingrediente activo (tipo de actividad; partes de la planta utilizados; tiempo de vida efectivo); aplicación de los extractos y preparación de los mismos; impacto medioambiental y valor económico (usos complementarios).

En uno de los textos clásicos de mayor difusión a nivel internacional Stoll (1989) hace una descripción detallada sobre 17 especies de plantas con propiedades insecticidas, ubicándolas en 10 familias botánicas y presentando sobre cada una generalidades, espectro de acción, observaciones, plagas afectadas y forma de preparación y aplicación de los extractos. Complementa este listado con la mención de otras 12 especies de las cuales resume su distribución geográfica, la parte empleada, el efecto, las plagas controladas, además de la preparación y aplicaciones, para el caso de los cultivos de campo. Este autor sugiere que en el almacenamiento las plagas pueden controlarse con extractos de plantas y es así como menciona otras 10 especies para tal fin.

Secoy y Smith (1983), reportan 677 especies vegetales ubicadas en 99 familias de gimnospermas, angiospermas, helechos, hongos, líquenes y algas, que presentan actividad repelente, disuasora o insecticida. Las sustancias activas presentan su efecto sobre gran cantidad de especies insectiles, aunque solo reportan los nombres comunes de grupos de insectos: chinches, ácaros, insectos de almacenados, mosquitos, cucarrones, parásitos de vertebrados, termitas, etc., son algunos de los nombres comunes anotados. La sustancia o sustancias activas han sido encontradas en diferentes partes de las plantas: hojas, flores, corteza, raíces y semillas.

Para el control de mosquitos (*Culex*, *Aedes*, *Anopheles*) Kumuda, Perich y Boobar (1991) registran 322 especies de plantas, agrupadas en 99 familias. Para estas describen su efecto tóxico, inhibición del crecimiento y reproducción o repelencia y disuasión de la oviposición. Por lo menos un 80% de las plantas mencionadas tiene efecto larvicida y las sustancias activas se han encontrado en semillas, hojas, raíces, flores, tallos, frutos; además

destacan las resinas y los aceites que las plantas exudan. Entre las especies de mosquitos más afectados se encuentran: *A. aegypti*; *C. quinquefasciatus*; *C. pipiens* y *An. stephensi*.

Nadityachaudhury y colaboradores (1985) reportan 76 metabolitos secundarios, presentes en Malvaceas, Rutaceas, Solanaceas, Verbenaceas, Meliaceas, Lauraceas, Ericaceas, Simarubaceas, Euforbiaceas, Rutaceas, Gramineas, Leguminosas y Compuestas, los cuales presentan actividad insecticida o antialimentaria. De ellos 47 son terpenoides, 13 alcaloides y 6 son cumarinas.

La importancia de los E. P. con poder insecticida lo confirman trabajos que Srimannarayana (1993) ha adelantado durante los últimos años. Este autor seleccionó 3 familias de plantas: Leguminosae, Annonaceae y Euphorbiaceae, y de ellas 17 plantas, considerando que las especies *Derris elliptica* (raíces); *Mundulea sericea* (corteza); *Tephrosia purpurea* (vainas) y *Milletia racemosa* (tallos descortezados) que son de Sur América, Africa y Malasia son una excelente fuente de Flavonoides, Iso Flavonoides, Cumarinas y Rotenoides con alta actividad antialimentaria.

Para preparados de tipo comercial recomienda explorar las especies *Tephrosia villosa*; *T. purpurea*; *Mundulea sericea* y semillas de *Pongamia pinnata*. Por ser plantas de relativa abundancia en muchos países y ser promisorias para obtener productos insecticidas recomienda investigar: *Annona squamosa* (semillas), *Vitex negundo* (follaje), *Piper longum* (tallos), *Cleistanthus collinus* y *Pongamia pinnata* (semillas).

El potencial de especies para la obtención de E.P., que puedan contribuir al control de insectos-plagas es muy amplio en la región andina. Son varias las especies aún inexploradas, pero que contienen sustancias tóxicas que mediante tecnologías de extracción podrían emplearse con el propósito de controlar plagas y enfermedades. Tal es el caso de *Chenopodium polidicaule* Aellen con propiedades repelentes; de igual forma *Chenopodium quinoa* Willdenow y *Lupinus mutabilis* Sweet contra ectoparásitos del ganado, entre otros (Jardín Botánico de Córdoba (España), 1992).

En plantas del orden Rutales los limonoides constituyen los metabolitos secundarios más importantes. Estos compuestos tienen un amplio rango de actividades, entre ellas la de ser agentes antialimentarios, regulan el crecimiento en los insectos y además tienen propiedades medicinales en animales y humanos. De conformidad a lo expuesto por Champagne y colaboradores (1992), los limonoides se constituyen en el futuro en una excelente fuente de E.P. para el control de plagas.

4.1 Clasificación de los fitoquímicos

Los constituyentes tóxicos (fitoquímicos) de las plantas que pueden utilizarse en programas de MIP son clasificados por Devaraj (1993) en trece grupos que se describen en forma

resumida en los siguientes párrafos.

4.1.1 Bases vegetales

1. Aminas: bases naturales simples, especialmente derivadas de aminoácidos.
2. Purinas: purinas de methyl-xanthinas presentes en algunas plantas tropicales.
3. Alcaloides: el grupo más importante de bases vegetales, especialmente las aminas terciarias.

4.1.2 Glucósidos

Son más ampliamente distribuidos que los alcaloides.

4.1.3 Saponinas

Presentes en más de 400 especies de plantas pertenecientes a más de 50 familias. Producen una espuma jabonosa cuando se frota con las manos con agua. Son particularmente tóxicos para insectos, peces y sapos.

4.1.4 Aceites fijados

Son compuestos de glicerol y ácidos grasos que contienen esteroides y otras sustancias disueltas. Ocurren en semillas de plantas y generalmente son laxantes. Cuando se calientan se descomponen liberando vapores caústicos.

4.1.5 Aceites esenciales

Los aceites volátiles son responsables de los olores en las plantas en las cuales ellos ocurren. En algunos casos se encuentran combinados. Difieren de los aceites fijados, por su alta presión de vapor. Entre ellos pueden citarse: mezclas de terpenos y sesquiterpenos; alcoholes de cadena abierta y aldehídos; alcoholes aromáticos (serie alcanfor) y sus cetonas; alcoholes aromáticos (serie benceno) y sus aldehídos, etc. Muchos de estos compuestos actúan como antisépticos, desinfectantes, repelentes de insectos e insecticidas.

4.1.6 Resinas

Sustancias heterogéneas de composición química muy variable. Sus principales constituyentes son ésteres conocidos como "Esteres resinosos"; complejos ácidos conocidos como "Resinas-ácidas" y "Resenos" o sustancias de constitución desconocida.

4.1.7 Ácidos orgánicos

El más significativo es el ácido oxálico; es un veneno protoplásmico que ocurre en muchas plantas como oxalatos de calcio, sodio y potasio. El ácido fórmico, una sustancia irritante, se ha encontrado en unas pocas especies de plantas.

4.1.8 Proteínas tóxicas

Proteínas tóxicas o toxalbumina, se ha encontrado en unos pocos géneros de las familias Leguminosae y Euphorbiaceae. Son sustancias que tienen poder aglutinante de los glóbulos rojos.

4.1.9 Taninos

Son derivados fenólicos, no nitrogenados, algunos glucósidos. tienen acción astringente y ocurren en muchas plantas, especialmente en corteza, hojas y en agallas.

4.1.10 Principios amargos

Se encuentran en forma natural en cucurbitáceas, además en especies de zábila. Las Aloinas más importantes son Pentosas y derivados hidroxilo de antraquinonas. Los terpenos Azadirachtin y Salannin se les halla en plantas de la familia Meliaceae.

4.1.11 Otros

La existencia de sustancias Fotodinámicas compuestas de Fluor y Selenio y otros productos con estructuras y acciones complejas presentes en muchas plantas, las presenta Devaraj (1993) como parte de la clasificación de los fitoquímicos.

5. UTILIZACION DE EXTRACTOS DE PLANTAS

La posibilidad de darle a los extractos de plantas una utilización en programas de MIP, puede afirmarse que ya está respaldada por una amplia investigación a nivel internacional que demuestra las bondades de esta estrategia. En esta parte de la conferencia se entregan resultados que así lo confirman.

Los fagoestimulantes pueden presentar una amplia variedad de estructuras químicas; para Camps (1988), pueden ser glicósidos, ácidos, compuestos carbonílicos, fosfolípidos y terpenoides. La sinigrina un glucosinolato presente en crucíferas es un fagoestimulante que por acción de la mirosinasa libera isotiocianato de alilo, que induce la alimentación de *Pieris brassicae* y *Brevicoryne brassicae*. La esparteína actúa sobre el pulgón

Acyrtosiphon spartii, que cambia su lugar de alimentación en la planta de acuerdo con el contenido de este producto en un lugar específico del vegetal.

De las semillas de *Annona squamosa*, Kawazu, Alcantara y Kobayashi (1989) han aislado dos compuestos con poder insecticida. Uno de ellos identificado como Annonina (Squamocina) y el otro caracterizado como dihidroxi-bistetra hidrofuran, una lactona de ácido graso (Acetogenina) con 35 carbonos. La efectividad de estos compuestos se verificó sobre poblaciones y crias de *Drosophila* encontrándose que tanto Squamocina como Neoannonina tienen efectos tóxicos sobre posturas (huevos) larvas y adultos de *Drosophila*.

En Canadá se considera que *Melanoplus sanguinipes* (F.) (Orthoptera: Acrididae) es la principal plaga de esta familia y sus migraciones ocasionan serios problemas económicos a los cultivadores. Westcott, Hinks y Olfert (1992) estudiaron los efectos que 22 compuestos secundarios obtenidos de varias plantas adicionados a dieta seca tenían sobre el peso promedio y la sobrevivencia de las ninfas de esta plaga. Los compuestos investigados fueron obtenidos de varias especies de plantas. Los resultados demostraron que la saponina reduce la sobrevivencia; que los ácidos Oleanólico y Chlorogénico así como la Spartina disminuyen el peso promedio de las ninfas y que la Gramina, Harmalina, Harmana, Hordenina, Scopoletina y Flavonoide reducen significativamente el peso y la sobrevivencia de las ninfas de *M. sanguinipes*.

Para el control de colonias de *Macrosiphum euphorbiae* en papa *Solanum tuberosum*, Reis, Barros, González y Ferreira (1994) utilizaron los alcaloides Quinina, Saponina y Solanina los cuales son sintetizados por el metabolismo secundario de muchas plantas. Varias concentraciones de los alcaloides y un extracto de *Solanum granulosum leprosum* se adicionaron a una dieta con el objetivo de verificar su efecto sobre pulgones y el crustáceo *Artemia salina*. Estos autores hallaron que los alcaloides presentan efectos de toxicidad y repelencia y además que los mejores resultados se encontraron con Solanina 500 ppm y Saponina al 1%.

Un estudio clásico sobre la actividad insecticida de compuestos de plantas, es el que realizaron Farrar y Kennedy (1987) con larvas de *Heliothis zea* (Boddie) y *Manduca sexta* (L) criadas en dietas artificiales. Ellos agregaron la sustancia 2-Undecanone un compuesto presente en tricomas glandulares de *Lycopersicon hirsutum* L. y *L. glabratum* C.H. Mull, a la dieta, encontrando que la mortalidad de *H. zea* se incrementaba en las primeras 48 horas cuando 2-Undecanone se combinaba con 2-Tridecanone y además se ocasionaba deformidad y mortalidad de pupas de *H. zea*. Sobre *M. sexta* no se encontraron efectos significativos.

El uso de extractos tóxicos es documentado por Carvalho y Castro (1987) quienes ensayaron sustancias obtenidas de raíz y semillas de *Tephrosia toxicaria* L; tallo de *T. tumicata* M., raíces de *T. condida* Koll, hojas de *Melia azederach* L, hojas de *Daptura* sp.

y además pulpa del fruto de *Melia azedarach* L. con el objetivo de controlar la plaga del frijol *Diabrotica speciosa* Germar. Los resultados demostraron que evidentemente los extractos reducían el consumo de follaje e incrementaban la mortalidad de la plaga.

De una sola planta, *Alchornea triplinervia* Poepp & Endl. (Euphorbiaceae) se aislaron seis compuestos a saber: ácido antranílico, ácido gentísico; ácido senecioico; Cinnamaldehydos y ácido cinnámico; los cuales se ensayaron contra *Manduca sexta* y *Anthonomus grandis* Boheman encontrándose que estos compuestos inhiben el crecimiento de *M. sexta* y la actividad alimenticia de *A. grandis* (Miles, Hankinson y Randle, 1985).

Potenza, Rossi y Calafiori (1987) analizaron los efectos de extractos de girasol *Helianthus annuus* L. sobre *Empoasca kraemeri* Ross-Moore y *Diabrotica speciosa* Germar demostrando acción de repelencia de las sustancias obtenidas del girasol. Extractos de follaje del árbol *Ginkgo biloba* L. incorporados a una dieta de Agar-azúcar, con la cual se adelantaban crías de *Pieris brassicae* y *Pieris rapae*, demostraron contener sustancias con acción antialimentaria, lo cual permite emplear este árbol para obtener sustancias tóxicas contra las plagas mencionadas. En un interesante trabajo Renwick y Radke (1985) precisaron que los extractos de *Brassica oleracea* L. aplicados sobre cultivos de esta misma crucífera inhibían la oviposición de *P. rapae*.

Los extractos de *Tephrosia* spp., *Melia* sp. y *Datura* sp. fueron empleados en combinación con *Bacillus thuringiensis* Berliner (Dipel), para control de larvas de *Spodoptera frugiperda* y del díptero *Aedes togoi* (L.) con muy buenos resultados por los investigadores Hellpap y Zebits (1986).

El género *Spodoptera* ha sido investigado para su control con extractos de plantas de muchos países. En Kenya, Kubo y colaboradores (1976) emplearon las especies *Warburgia stuhlmannii* L. y *W. ugadensis* L. dos plantas de la familia Canellaceae encontrando que los extractos de la corteza poseen acción antialimentaria contra *Spodoptera littoralis* (G.) y *S. exempta* (Guenee). Los compuestos aislados fueron Poligodiol, Ugandensidiol y Wuarburgonol.

En Filipinas han enfocado la investigación sobre E.P. hacia aquellas plantas que permitan suprimir aplicaciones de plaguicidas sintéticos. Lorica (1994) explica cómo los científicos del Departamento de Entomología de la Universidad de Filipinas han realizado la extracción, aislamiento, caracterización y bioensayo de los principios activos de las plantas: *Tinospora rumphii* Boerl; *Tagetes* spp. y *Capsicum frutescens* L.; en promedio estos E.P. han reducido de 2 a 4 aplicaciones contra unas 8 especies de insectos, nemátodos y hongos.

Kubo y Nakanishi (1977) trabajando con dos especies de *Spodoptera*, *S. exempta* y *S. littoralis*, comprobaron los efectos antialimentarios de E. P. tales como Azadiratina obtenida de *A. indica* y *Melia azedarach*; Xylomolina de frutos de *Xylocarpus moluccensis* Roem;

Ajugarina de hojas de *Ajuga remota*; Harrisonina de las hojas de *Harrisonia abyssinica* Oiv; Polygodiol, Ugandensidiol y Warburginol de las plantas *Warburgia stuhlmannii* y *W. ugandensis*; Inflexina de las hojas de *Isodon inflexus* y Isodomedina de las hojas de *I. shikokianus* var *intermedius* ; Crotepóxido de las hojas de *Croton macrostachys* y Unedosida del tallo de *Canthium euroides*. Empleando el método de disco de hoja inmerso en solución del E.P. con acetona se comprobó el efecto aal hallándose en todos los compuestos resultados positivos.

En investigaciones selectivas con 52 especies de plantas, Sabillón y Bustamante (1994) evaluaron 20 de ellas como extractos secos del material vegetal, 10 como extractos de planta fresca y seca y 22 como extractos de la planta fresca, para comprobar su efectividad sobre *Spodoptera frugiperda* en estado larval (L₁ ó L₂). El solvente empleado fue el agua. De todas las plantas evaluadas los mejores resultados se encontraron con *Petiveria alliacea* (120 g de planta recién cosechada por litro de agua) con 100% de mortalidad; *Amaranthus hybridus* con 80% de efectividad y *Mentha piperita* con igual porcentaje.

5.1 Productos vegetales de uso comercial

El Neem ha sido evaluado contra 106 especies de insectos, 12 especies de nemátodos y al menos 9 especies de hongos. Las evaluaciones han mostrado que los resultados no siempre han sido satisfactorios con el control de varias especies de insectos. Aún no se conoce la razón de su baja actividad contra algunas especies y de la inconsistencia de los resultados logrados por diferentes investigadores (Sing, 1993).

Más de 50 sustancias Terpenoides han sido aisladas de diferentes partes del árbol del NEEM. La azadirachtina posee propiedades disuasivas alimenticias; unos 9 compuestos poseen actividad reguladora del crecimiento y ellos son: azadiratrina; meliantrid; salonnin; deacetyl-azadiratinol; vepaol; isovepaol; nimbidin; 7-deacetyl-17 hidroxyl-azadiradione y varios diterpenoides tricíclicos (nimosome, nimbose, metil nimbiol y metil nimbione) (Saxena, 1993).

Los derivados del neem, tienen diversos tipos de acción sobre el comportamiento de los insectos y efectos fisiológicos gobernados por unos 30 compuestos. Se han identificado varios extractos y desarrollado una nueva formulación (Nimba), altamente efectiva contra *Spodoptera litura*, *Heliothis armigera* y *Nilaparvata lugens*.

Los organismos afectados por extractos del NEEM han sido inventariados por diferentes autores, citados por Saxena (1993) así: Jacobson (1986) menciona 123 especies de insectos de los ordenes Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Homoptera, Lepidoptera y Orthoptera, además de 3 especies de ácaros y 5 de nemátodos; Saxena (1989) enumera otras 75 especies de insectos y un ostrácodo y posteriormente adicionó otras 33 especies de insectos, 12 de nemátodos y 15 de hongos.

La potencialidad que tienen los insecticidas vegetales para el control de plagas es innegable, Cárdenas (1994) adelantó ensayos con Azadirachtina ingrediente activo de Azatina 3% de Agridynetech, contra la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Se hicieron tratamientos por superficie y por aplicación topical, realizando lecturas de mortalidad a las 6, 25, 48, 72 horas después de estar la broca en contacto con cada una de las concentraciones evaluadas. Con una dosis de 500 ppm se produjo via topical una mortalidad del 86% y con 1000 ppm del 100%. En los trabajos de campo se observó que existe un efecto repelente de la azadirachtina.

Hoy en día los productos comerciales a base de E.P. más conocidos son: Repelin RD9, Weligro (The Indian Leaf Tobacco Div. Rajah.); Nimbosol, Biosol (A.V. Thomas & Co. Lt. Madras); Margosan-0 (Worgrace & Co, Connecticut); Nee Mark (West Coast Herbochem, Bombay); Neemrich (Nat. Chem. Lab. Pune), todos estos obtenidos del árbol NEEM (Saxena, 1993).

Para una mayor contribución al tema se incluyen en los anexos las tablas 1, 2 y 3, que resumen las informaciones de Singh (1993) sobre productos a base de NEEM.

6. NECESIDADES FUTURAS

Consideran los autores que con relación al tema de los extractos de plantas se requieren varios aspectos algunos de mayor importancia que otros según el lugar en el cual esté intentándose impulsar su empleo. Estas necesidades se condensan en los numerales siguientes.

6.1 Generar amplia información sobre insecticidas botánicos.

En la actualidad no hay disponibilidad de documentación en muchos centros y además de esto, productores y técnicos no tienen información que les permita trabajar con esta alternativa bioecológica para el MIP.

6.2 Unificar metodologías de trabajo

En este aspecto, tal como lo señala Nagablushan (1993):

"El desarrollo de insecticidas bioracionales es una empresa difícil pero necesaria. Las plantas producen una gran diversidad de metabolitos secundarios como armas defensivas contra los animales que las atacan: estas defensas naturales son muy superiores a los insecticidas sintéticos. El estudio de estas sustancias y la determinación de sus estructuras químicas puede señalar el desarrollo de nuevos plaguicidas y nuevas estrategias en el manejo de los problemas de plagas insectiles. Otra importante opción son los biopesticidas cuyo principio activo esté basado en o derivado de microorganismos".

6.3 Acopio de información sobre especies promisorias

Existen en cada país numerosas plantas que tienen propiedades toxicológicas contra insectos-plagas u otros efectos. Los grupos interesados en el tema deben acopiar la máxima información sobre cada una de ellas. Las especies de plantas que se elijan para obtener E.P., deben poseer, entre otras, las siguientes características: de ciclo vegetativo perenne; requerir para su crecimiento y desarrollo de poco espacio y mínimas condiciones y requerimientos de prácticas culturales, de riego y fertilización; cuando se realice la cosecha del material para los E.P., no debe destruirse la planta; no revestir la potencialidad de constituirse en un problema fitosanitario como maleza o bien como hospedera de plagas y/o enfermedades. Además debe tener positivos usos complementarios. Según Ahmed y Grainge (1986) estas especies permitirán obtener E.P. que cumplan con requisitos como: ser efectivos selectivamente contra insectos-plagas; no afectar enemigos naturales, ser fáciles de procesar y formular con tecnologías de nivel local; de fácil empleo y deben ser medioambientalmente seguros.

6.4 Investigar la quimiodinámica de los fitoquímicos

Los insecticidas botánicos presentan una limitada persistencia bajo condiciones de campo; esta puede ser solo una desventaja en los casos de una alta presión de población plaga lo cual obligaría a realizar varias aplicaciones constituyendo este aspecto un incremento de los costos del control (Schmutterer, 1990).

6.5 Investigación fitoquímica

Los insecticidas que se obtienen a partir de plantas adquieren cada día mayor importancia debido a que por su naturaleza no representan serios riesgos de contaminación, pero en algunos países las leyes y normas de registros son inexistentes. Para el caso de formulaciones comerciales de E.P.; se necesita precisar cual es exactamente el ingrediente activo y esto es difícil además de costoso. Una sustancia con poder antialimentario puede tener mayor concentración en una parte de la planta que en otra, más en semillas que en raíces. Por esto identificar con precisión el ingrediente activo del E.P. no es una tarea fácil. Es factible que una sustancia presente varios isómeros (Appayya, 1993).

En el futuro de los E.P., ésta es quizás una de las limitaciones más serias que presentaran los países en el registro de nuevos bioinsecticidas.

Los E.P. con poder insecticida provienen de organismos y en un sentido amplio presentan su propia "biosíntesis". Para Gross y colaboradores (1985), en los trabajos de

investigación sobre productos naturales es preciso extraer cuidadosamente los componentes del vegetal para luego aislar y purificar los compuestos presentes en los extractos obtenidos. Posteriormente esos compuestos puros se analizan con técnicas espectroscópicas y métodos químicos, lo que permite obtener las estructuras químicas correspondientes. Para que la extracción sea completa hay que usar solventes de diferente polaridad. Debe seleccionarse un método separativo adecuado, usando absorbentes y eluyentes apropiados.

6.6 Impulsar su empleo con agricultores

Los insecticidas botánicos (E.P.) tienen que reunir ciertos requisitos para que puedan obtener éxito entre los agricultores. Leupolz (1994), para el caso del NIM relata que deben cumplirse cuatro aspectos: ser eficaz, de fácil aplicación, disponibilidad comercial permanente y tener un precio económico. La eficacia no solo depende del E.P., ella está ligada a la capacitación que tenga el agricultor para aplicarlo y también con los factores agroclimáticos.

6.7 Incorporar los insecticidas botánicos al MIP

La alternativa de los E.P. debe incluirse en los planes de MIP y propuestas de sistemas de producción agroecológicos. En estos las plantas con propiedades insecticidas, que en Colombia, pueden pasar de las 500 especies, tienen que considerarse como un componente esencial. Tiene que aceptarse que no obstante la alta toxicidad de algunos E.P., características como su bajo poder residual, el retardo de la aparición de resistencia, su selectividad a la fauna benéfica (enemigos naturales) y la facilidad de obtención les otorgan ventajas comparativas frente a los insecticidas orgánico sintéticos.

6.8 Manejo cuidadoso

Ninguna alternativa de manejo de plagas debe tomarse como solución mágica, milagrosa y única; por el contrario, debe tenerse muy presente que los extractos de plantas, mal usados, como han sido los plaguicidas químicos, pueden traer también consecuencias indeseables, entre las cuales, la selección por resistencia de los insectos, las intoxicaciones de animales domésticos, efectos nocivos sobre fauna benéfica y los efectos sobre la salud humana, son solo algunas.

CONSIDERACION FINAL

Un poco más de 30 años después que Rachel Carson alertó a la opinión mundial sobre las consecuencias del uso y abuso de agrotóxicos en su libro "La primavera silenciosa", se continúa el inventario de insectos y ácaros resistentes a los biocidas; de casos de resurgencia; de pérdida de polinizadores y fauna silvestre; de residuos de plaguicidas en todos los componentes del agroecosistema (bióticos y abióticos); de intoxicaciones de toda forma de vida además de los

impactos sociales y económicos de tipo negativo en las comunidades afectadas. No se requiere mucha imaginación para deducir que un método de control de plagas que evite estos problemas, puede alcanzar con prontitud no sólo importancia sino que también popularización.

No debe desconocerse que los E.P. se usaron con anterioridad a la aparición de los insecticidas orgánico-sintéticos. Se insiste que este hecho relegó a partir de 1940 el uso de la Rotenona, del Piretro y de la Nicotina. Por esto se impone una necesidad y ella es la de desarrollar investigaciones en cada país que consoliden información comprobada, segura y con respaldo científico para el empleo de E.P. en programas de manejo integrado de plagas.

TABLA 1. Productos a base de Neem desarrollados en la India
A. Insecticidas

| PRODUCTO | COMPOSICION (IA) | TIPO DE ACTIVIDAD | USOS EN | CASA COMERCIAL |
|----------------------|---|--|---|---------------------------------------|
| RD-9 (Repelin) CE. | <i>Azadirachta indica</i> <i>Pongamia glabra</i> <i>Annona sp.</i> <i>Ricinus comunis</i> | Insecticida y deterrente | Algodón, Tabaco Viveros, Girasol | Indian Tobacco Company Ltd. |
| Wellgro | <i>A. indica</i> | Repelente | <i>Spodoptera litura</i> Detiene dispersión de TMV | Indian Tobacco Company Ltd. |
| Neemguard | <i>A. indica</i> | Deterrente de insectos IGR | Algodón, Soya, Arroz, Hortalizas, Frutales y Forestales | M/S Gharda Chemicals Ltd. |
| Neemark | Azadirachtin | Antialimentario, repelente en insectos | Varios cultivos | M/S West Coast Herbochem Pvt. Ltd. |
| Neemta 2100 | <i>A. indica</i> | Antialimentario, repelente en insectos | Varios cultivos | |
| Neem granule | Aceite de <i>A. indica</i> + Arcilla china + goma de <i>Acacia sp.</i> | Insecticida contra <i>Chilo partellus</i> (Borer del sorgo) | Sorgo | |
| Neemrich I, II y III | <i>A. indica</i> | Deterrente de oviposición en adultos, antialimentario en larvas | Papa | |

Ref. Singh, Q.P. 1993. Neem in Agriculture-Indian Scenario. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. pp. 78-113.

TABLA 2. Productos a base de Neem desarrollados en la India.

B. Inhibidores de la nitrificación

Fertilizantes nitrogenados con torta de Neem para liberación lenta:

"Neem cake blended Urea"

"Neem cake"

"Hind-O-Meal"

"Cake-O-Meal"

"Yashodhan NPK Mixture"

C. Uso veterinario

"Pestex" Insectifugo para animales

"Neemlent" Repelente de moscas y mosquitos para uso en animales domésticos

Ref. Singh, Q.P. 1993. Neem in Agriculture-Indian Scenario. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. pp. 78-113.

TABLA 3. Productos a base de Neem desarrollados en la India

D. Otros productos

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| JK 22 | Tabletas contra diabetes |
| Nimbola | Cápsulas contra diabetes |
| Galakol | Tabletas (Galact gogue) |
| Olosyn | Sistema nervioso |
| Toquin | Tabletas antimalaria |
| Neemcure | Unguento antiséptico bacterial |
| Sensal | Líquido contraceptivo |
| Nim 76 | ? |
| Jabones de Neem | |
| Crema dental de Neem | |

Ref. Singh, Q.P. 1993. Neem in Agriculture-Indian Scenario. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. pp. 78-113.

BIBLIOGRAFIA

- AHMED, S. and GRAINGE, M. 1986. Potential of the Neem tree (*Azadirachta indica*) for pest control and rural development. *Economic Botany* 40 (2): pp. 201-209.
- APPAYYA, C.C. 1993. Problems and prospects of registration of botanical pesticides. In: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry, 1990. pp. 74-77.
- AYYANGAR, N.R. and NAGASAMPAGI, B.A. 1993. Role of botanicals in integrated pest management. In: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry, 1990. pp. 54-61.
- BARBERA, C. 1967. Pesticidas agrícolas. OMEGA. Barcelona, 330 p.
- CAMPS, F. 1988. Relaciones planta-insecto. insecticidas de origen vegetal. En: Insecticidas Biorracionales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. pp. 69-85.
- CARDENAS, M.R. 1994. Pruebas de laboratorio y de campo de la azadirachtina contra la broca del café (*Hypothenemus hampei*) (Ferrari) (Coleoptera-Scolytidae). En: 1^{er} Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre NIM y otros Insecticidas Vegetales. Resúmenes. GTZ. Santo Domingo, República Dominicana (pi).
- CARVALHO, S.M., CASTRO B.R.R. 1987. Efeito de plantas toxicas no controle de vaquimha *Diabrotica speciosa* Germar en Laboratorio. Ann. 11a. Reuniao. Nac. Pesq. Feijao. Resumo. No. 49 (S.P.)
- CHAMPAGNE, D.E.; KOUL, O; ISMAN, M.B.; SCUDDER, G.E.; TOWERS, G.H.N. 1998. Geological activity of limonoids from the rutales. *Phytochemistry*. 31(2): 377-394.
- DEVARAJ UTS, K.C. 1993. Toxic constituents of plants with reference to pest control. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. 1990. pp. 138-142.
- FARRAR, R.R.; KENNEDY, G.G. 1987. 2-Undecanone, a constituent of the glandular trichomes of *Lycopersicon hirsutum* F. *Glabratum*: Effects on *Heliothis zea* and *Manduca sexta* growth and survival *Entomol. Exp. Appl.* 43:17-23.
- FU-SHUN, Y; EVANS, K.A.; STEVENS, L.H.; VAN BEEK, T.A.; SCHOONHOVEN, L.M. 1990. Deterrents extracted from the leaves of *Ginkgo biloba*: effects on feeding and contact chemoreceptors. *Entomol. Expo. Appl.* 54. 5764.

- GROS, G.E.; POMILLO, B.A.; SELDES, M.A. and BURTON.G. 1985. Introducción al estudio de los productos naturales. Secretaría General de la O.E.A. Washington D.C. 146 p.
- HILDEBRAND, VON A. 1991. Los extractos vegetales y el manejo integrado de plagas y enfermedades. En: Agroquímicos Problema Nacional. Políticas y Alternativas. Gomero, O.L. Compilador J.R. Ediciones Lima, pp. 341-352.
- JARDIN BOTANICO DE CORDOBA (ESPAÑA). 1992. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No. 26. Roma. 339 p.
- KAWAZU, K.; ALCANTARA, J. and KOBAYASHI, A. 1989. Isolation and structure of Neoannonin, a novel insecticidal compound from the seeds of *Annona squamosa*. Agric. Biol. Chem. 53(10): 2719-2722.
- KOGAN, M. 1983. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal. En: YUCA: Control Integrado de Plagas. Programa de yuca. CIAT. XYZ. Cali, pp. 33-45.
- KUBO, I.; LII, Y.W.; PETTEI, M.; PILKIE WICZ, F.; NAKANISHI, K. 1976. Potent Army Worm antifeedants from the east african Warburgia. Plants. J.C.S. Chem. COM. M. 1013-1014.
- and NAKANISHI, K. 1977. Insect antifeedants and repellents from African plants. ACS. SYMPOSIUM SERIES No. 62. Host Plant Resistance to Pests. Amer. Chem. Soc. Part 11: 165-178.
- KUMUDA SUKUMAR, J.; PERICH, M. and L.R., Boobar. 1991. Botanical derivatives in mosquito control: a review. In: Journal of the American Mosquito Control Association. Vol. 7(2): 210-237.
- LORICA, V.M. 1994. Plantas: fabricas naturales para combatir plagas. RAAA-Boletín No. 11. Lima, Perú. pp. 9.
- LEUPLZ, W. 1994. Aspectos socio económicos del insecticida botánico NIM. En: 1^{er} Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre NIM y otros insecticidas vegetales. Resúmenes. GTZ. Santo Domingo, República Dominicana (Pi).
- MIER, B.C.E y PALOMINO, R.M.E. 1993. Importancia de los metabolitos secundarios en algunas hortalizas. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 57 p.

- MILES, H.D.; HANKINSON, B.L.; RANDLE, S.A. 1985. Insect antifeedants from the Peruvian plant *Alchornea triplinervia*. In: Bioregulators for Pest Control. pp. 469-476.
- NADITYACHUDHURY, Anjan bhattacharyya et al. 1985. Chemical constituents of plants exhibiting insecticidal, antifeeding and insect growth regulating activities. In: Journal of Scientific and Industrial Research. Vol (44): 85-1001.
- NAGABHUSHAN, S. 1993. Pesticides from biological origin are key to better pesticides. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. 1990, pp. 25-53.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, R.P.J. 1991. introducao a ecologia nutricional de insectos. En: Ecologia Nutricional de Insectos e suas Implicacoes no Manejo de Pragas. Editora Manole Ltda. Sao Paulo. 359 p.
- POTENZA, M.R.; ROSSI, C.E.; CALAFIORI, M.H. 1987. Emprego de extrato de planta de girasol *Helianthus annuus* L. no controle de cigarrinha *Empoasca Kraemeri* Ross & More 1957 e da patriota *Diabrotica speciosa* Germar 1824 em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* Ecosistema. 12: 114-118.
- RAMA RAO, M. 1993. Utility of plant products in pest control of field and orchard crops. Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry 1990. pp. 125-127.
- REIS R.; BARROS, N.M.; GONZALEZ, A. y FERREIRA, F. 1994. Efeito de metabólicos secundarios de plantas en afideos *Macrosiphum euphorbiae*. En: 4º SINCOBIOL SIMPOSIO DE CONTROLE BIOLOGICO. Anais: Sessao de Poster. Embrapa. p. 83.
- RENWICK, J.A.A.; RADKE, C.D. 1985. Constituents of host-and non-host plants deterring oviposition by the cabbage butterfly *Pieris rapae*. Ent. Exp. Appl. 39: 21-26.
- ROSENTHAL, G.A. 1986. Defensa química de las plantas superiores. Investigación y Ciencia No. 114: 70-77.
- , 1988. The protective action of a higher plant toxic product. Bioscience. 38(2): 104-109.
- SABILLON, A. y BUSTAMANTE, M. 1994. Evaluación de extractos botánicos para el control del cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. En: 1º Congreso latinoamericano y del Caribe sobre NIM y otros insecticidas vegetales. Resúmenes. GTZ. Santo Domingo, República Dominicana (Pi).

- SAXENA, R.C. 1987. Antifeedants in tropical pest management. *Insect Science Appl.* 8(4,5,6): 731-736.
- _____. 1993. NEEM as a source of natural insecticides-an update. *In: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM, Rajahmundry.* 1990. pp. 1-24.
- SCHMUTTERER, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the Neem tree *Azadirachta indica*. *Annu Rev. Entomol.* 1990. 35:271-297.
- SECOY, D.M. and SMITH, A.E. 1983. Use of plants in control of agricultural and domestic pests. *Economic Botany* 37(1): 28-57.
- SING, R.P. 1993. Neem in agriculture-Indian scenario. *Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM, Rajahmundry* 1990. pp. 78-113.
- SRIMANNARAYANA, G. 1993. Chemical investigation of indigenous insecticidal plants including Neem and evaluation of insecticidal, antifeedant activity of the constituents. *In: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry, 1990.* pp. 62-73.
- STOLL, G. 1989. Protección natural de cultivos con recursos provenientes de las granjas en las zonas tropicales y subtropicales. JOSEF MARGRAF. Weikersheim, Alemania Federal. 185 p.
- SWAIN, T. 1977. Secondary plant compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol. U.S.A.* 28:479-501.
- VELA, A.A. Uso de extractos vegetales en el control de plagas. *En: Agroquímicos Problema Nacional. Políticas y Alternativas.* Gomero, O.L. Compilador. J.R. Ediciones. Lima, 1991. pp. 353-356.
- WESTCOTT, N.D.; HINKS, C.F. and OLFERT, O. 1992. dietary effects of secondary plant compounds on nymphs of *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera:Acrididae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 85(3):304-309.

**CURSILLO
PROBLEMATICA
ENTOMOLOGICA
EN HUMANOS**

ESTRATIFICACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGO PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

José Pablo Escobar Vasco¹

RESUMEN

Ante la grave situación actual del control de las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV), se requiere de nuevas reorientaciones de su estudio y control.

La Estratificación Epidemiológica de Riesgo, toma elementos del enfoque de riesgo en salud y lo aplica al análisis operativo estratificado para la vigilancia y control de las ETV.

Para definir las intervenciones mas adecuadas en el control, se requiere evaluar la importancia de los factores de riesgo mas relacionados con la probabilidad de transmisión de estas enfermedades.

Este nuevo enfoque se ha definido como un proceso dinámico y continuo de investigación, diagnóstico, análisis e interpretación de información, para categorizar metodológicamente y de manera homogénea áreas geocológicas o grupos de población, de acuerdo con la jerarquización de los factores de riesgo de enfermar o morir.

Las etapas principales de este proceso son: identificación de áreas prioritarias, conformación de estratos, selección de intervenciones, a las acciones de los servicios de salud y adecuación de recursos, identificación de indicadores de evaluación, ejecución de recursos, identificación de indicadores de evaluación, ejecución de intervenciones, evaluación, monitoreo y ajuste.

Se presenta una propuesta práctica para operativizar desde los programas de los servicios de salud, la estratificación epidemiológica de riesgo en el manejo de la malaria, la leishmaniosis y el dengue.

1. INTRODUCCION

La gravedad creciente del problema de salud pública generado por las enfermedades transmitidas por vectores (ETV), como la malaria o paludismo, el dengue, la leishmaniosis y la enfermedad de chagas entre otras, debe producir una seria reflexión sobre como se ha venido orientando e interviniendo en las últimas décadas estas patologías, que actualmente están produciendo un gran impacto negativo para la vida de un gran porcentaje de

¹MD, MSP, MSc. Coordinador de Proyectos de Salud Ambiental. Dirección Seccional de Salud de Antioquia.

colombianos y latinoamericanos, así como para los servicios públicos que se han visto obligados a la ampliación y mejora de la calidad y efectividad de sus acciones, en medio de limitaciones presupuestales y de capacidad de gestión para resolver esta problemática.

Al revisar las estadísticas sobre la frecuencia de estas enfermedades sorprenden una serie de contradicciones que demuestran la gran diferencia que debe existir con la realidad actual. Para el caso de la malaria es difícil aceptar que durante 1992 casi el 60 % de los enfermos de Colombia estuvieran viviendo en algunos municipios del departamento de Antioquia y que otras regiones con grandes problemas sociales donde hace unos años se concentraba un alto porcentaje de esta problemática, hayan pasado a un lugar muy secundario sin que se hubieran realizado significativas acciones, diferentes a las impulsadas tradicionalmente (1,2). Muy probablemente lo que está ocurriendo es un gran subregistro de estos problemas de salud.

La estratificación para el manejo adecuado de estas patologías se ha venido sugiriendo y tratando de poner en práctica desde hace varias décadas. Sin embargo, poco se ha superado el concepto de identificar las regiones con mayor incidencia y prevalencia, para distribuir allí más cantidad de recursos destinados a las acciones de control.

Es necesario integrar y fortalecer la vigilancia y la investigación de las ETV en las acciones de los servicios de salud del país, para que obteniendo solo la información necesaria y con buena calidad y oportunidad, se analice, utilizando herramientas epidemiológicas básicas para determinar los factores de riesgo (F.R.) más asociados con la probabilidad de transmisión de estas enfermedades y se definan inteligentemente y con la participación de la comunidad, las intervenciones más adecuadas y la forma de evaluar los resultados para alcanzar el control, la eliminación o la erradicación de estas patologías.

Este sencillo planteamiento corresponde al enfoque actual que recomienda la Organización Panamericana de la Salud para la vigilancia y control de la malaria (3), pero que también se debe aplicar a control de las otras ETV.

La modernización y democratización del estado, es una necesidad social que todos debemos apoyar. Con la ley 10 de 1990, la ley 60 de 1993 y con la ley 100 de 1994 que reforma el Sistema de Seguridad Social, se han venido grandes desafíos para el sector salud, que bien pueden aprovecharse en la mejora de las condiciones de salud de la población más necesitada.

La inversión social en salud debe fortalecerse y ejecutarse con gran eficacia para mejorar la calidad y cobertura de atención. El Ministerio de Salud como ente rector normativo debe apoyar el desarrollo de una efectiva red de servicios de salud, impulsar más la salud pública en los aspectos de fomento y promoción de la salud, fortalecer las acciones de asesoría, vigilancia y control, así como facilitar la integración racional de los recursos

públicos y del sector privado para responder más adecuadamente a las demandas y necesidades de la población que tiene un limitado acceso a los servicios de salud.

Dentro de este panorama la descentralización del manejo de las ETV ha sido un proceso difícil en los países que ya lo han iniciado. Colombia está tratando de hacerlo ya hace varios años; sin embargo, aún falta mucha preparación y decisión política regional y local, para que los servicios seccionales de salud con los sistemas locales puedan asumir la gran responsabilidad de integrar a sus actividades las acciones de diagnóstico, tratamiento, vigilancia epidemiológica, prevención y control de las ETV.

Para alcanzar éxito en el control de estas patologías, se requieren grandes esfuerzos, garantizar el apoyo técnico, logístico y financiero por parte del Ministerio de Salud, así como lograr el compromiso verdadero de los otros sectores del desarrollo social y las comunidades, en la intervención de los complejos F.R. que interactúan para mantener y expandir la transmisión de las ETV.

2. LA VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA COMO BASE PARA LA ESTRATIFICACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGO

Tradicionalmente el desarrollo del Sistema de Vigilancia Epidemiológica en Colombia se ha hecho principalmente para apoyar la prevención y control de las enfermedades inmunoprevenibles sujetas al programa ampliado de inmunizaciones (PAI).

Como para la mayoría de los Servicios Seccionales de Salud el problema del manejo de las ETV ha sido responsabilidad del Servicio de Erradicación de la Malaria (SEM), los programas de control y las acciones de vigilancia epidemiológica se han incorporado de forma muy limitada a sus actividades.

En los últimos años algunos Servicios Seccionales y el Ministerio de Salud han elaborado manuales de normas técnicas y administrativas para impulsar programas de control de las ETV que incluyen acciones de vigilancia epidemiológica, pero que muy poco se están ejecutando por falta de recursos humanos capacitados y por la demora en concretar el proceso de la descentralización del SEM.

La vigilancia epidemiológica de las ETV debe ser también un proceso sistemático y permanente de análisis de la frecuencia y distribución de estas enfermedades, sus complicaciones y muertes, así como de la valoración de la importancia de los F.R. implicados en su transmisión y complicaciones, para realizar acciones oportunas y efectivas de tratamiento, prevención y control.

Todo sistema de vigilancia epidemiológica debe desarrollar los subsistemas de información, análisis e intervención. El subsistema de información debe incluir la notificación periódica

de los datos necesarios para la toma de decisiones, integrando la información de los puestos rurales de diagnóstico y tratamiento al resto de la información de salud e incluyendo la información ambiental pertinente al riesgo de transmisión de estas enfermedades.

Para que la vigilancia epidemiológica local apoye la estratificación debe registrar bien las acciones de diagnóstico y tratamiento y realizar evaluaciones periódicas sobre las condiciones de la estructura y proceso de atención así como de la importancia de los diferentes F.R. relacionados con la transmisión en las regiones más afectadas.

Los datos deben consolidarse y analizarse en cuadros y gráficos que faciliten la interpretación de los indicadores, evaluando los resultados alcanzados en la adecuación de los recursos, en el mejoramiento de la calidad, oportunidad y efectividad en la atención, en la participación social y en la reducción de la frecuencia de casos, complicaciones y muertes, así como de los F.R. asociados con su ocurrencia.

Los indicadores epidemiológicos ayudan a identificar áreas y épocas de alta incidencia, permiten definir la importancia de los F.R., evalúan el proceso de estratificación, el impacto logrado y orientan el uso racional de los recursos disponibles.

Para evitar el incremento de la magnitud actual de las ETV, las acciones de vigilancia epidemiológica deben ejecutarse de acuerdo con la situación epidemiológica, tanto en las zonas epidémicas o endémicas, como en las zonas llamadas de bajo riesgo, donde solo esporádicamente aparecen casos nuevos, pero que potencialmente tienen las condiciones para establecer una transmisión permanente.

3. FUNDAMENTOS DE LA ESTRATIFICACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGO

Este método incorpora el enfoque de riesgo epidemiológico a la estratificación. Se ha definido como un proceso dinámico y continuo de investigación, diagnóstico, análisis e interpretación de información, para categorizar metodológicamente y de manera homogénea áreas geocológicas o grupos de población, de acuerdo con la jerarquización de los F.R. de enfermar o morir (4).

El estudio epidemiológico de los F.R. en individuos y grupos sociales es la característica principal de esta nueva metodología.

Etapas del proceso de la Estratificación Epidemiológica de Riesgo:

3.1 IDENTIFICACION DE AREAS PRIORITARIAS: se considera área prioritaria la región o localidad donde la incidencia de la enfermedad es elevada o hay tendencia

creciente a su incremento.

3.2 ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO: en las áreas prioritarias, mediante encuestas periódicas se deben evaluar los factores de riesgo para determinar asociaciones estadísticas y obtener medidas epidemiológicas de riesgo relativo o razón de disparidad y el porcentaje de riesgo atribuible poblacional.

3.3 CONFORMACION DE ESTRATOS: la presencia y el orden de importancia de los principales factores de riesgo permiten la conformación de estratos. El riesgo relativo o la razón de disparidad y el riesgo atribuible poblacional son los indicadores de riesgo que se utilizan para la conformación de estratos y la clasificación de las comunidades dentro de ellos. Como en general las áreas de transmisión de las ETV se encuentran localizadas en regiones donde los recursos para salud son escasos, se recomienda jerarquizar utilizando el porcentaje de riesgo atribuible poblacional (4).

Luego de obtener las medidas de riesgo en las diferentes poblaciones, se observa cuáles presentan una jerarquización similar en la distribución de los principales factores de riesgo y se procede a agruparlas por estratos. Cada grupo de poblaciones con similar jerarquización conforman un estrato.

3.4 SELECCION DE INTERVENCIONES: en esta etapa se deben definir intervenciones para disminuir o eliminar los factores de riesgo en cada estrato y así reducir la incidencia de la enfermedad. Para tomar la decisión sobre cuales factores de riesgo se van a intervenir, es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Aquel F.R. con mayor riesgo relativo o razón de disparidad puede ser casualmente más importante.
- Los F.R. con mayor porcentaje de riesgo atribuible poblacional deben priorizarse.
- Hay intervenciones más factibles de implementarse que otras.
- Hay intervenciones que producen cambios permanentes en los F.R. (v.g., desarrollo de la capacidad local de diagnóstico y tratamiento, control de criaderos).

3.5 INCORPORACION DE LAS INTERVENCIONES A LAS ACCIONES DE LOS SERVICIOS DE SALUD Y ADECUACION DE RECURSOS: se considera que los servicios generales de salud deben ser los responsables de las actividades de prevención y control de las ETV. Una vez aceptado a nivel central el proceso de estratificación epidemiológica de riesgo, se debe hacer una revisión global de las operaciones de prevención y control y su organización; el primer paso a seguir es la descentralización de

las actividades de diagnóstico y tratamiento de casos, integrando el programa a los demás programas de salud a nivel de los servicios locales, y definiendo los recursos necesarios para su buen funcionamiento y evaluación periódica.

Cuando se haya avanzado más en el proceso de la descentralización y estratificación, las acciones antivectoriales de prevención y control deben integrarse también a los programas sanitarios de los servicios locales de salud facilitando la participación social.

Debe haber un sistema de supervisión permanente con evaluaciones epidemiológicas periódicas de seguimiento a cargo del nivel regional y central.

3.6 IDENTIFICACION DE INDICADORES DE EVALUACION: la evaluación se ha definido como un proceso que tiene como objeto la determinación sistemática y objetiva de la relevancia, efectividad e impacto de actividades a la luz de sus objetivos. El objetivo principal del proceso de evaluación es identificar en qué medida la estrategia basada en el enfoque epidemiológico de riesgo es una alternativa mejor, que la que orienta las intervenciones tradicionales. La evaluación debe realizarse a través de indicadores de estructura, proceso y resultado o impacto (4).

3.7 EJECUCION DE INTERVENCIONES, EVALUACION, MONITOREO Y AJUSTE:

Después de un período de tiempo de haber iniciado la ejecución de las intervenciones se deben hacer la evaluación, retroalimentación y ajuste en la orientación de las medidas de prevención y control.

Existen diferentes diseños de estudios para la evaluación, de acuerdo con el diseño seleccionado se definen los indicadores de evaluación, el tipo de información básica requerida y la existencia o no de grupos de control.

El proceso de evaluación deberá incluir la participación del personal de salud, administrativo, con poder de decisiones políticas y a los representantes de la comunidad.

4. PROPUESTA PRACTICA PARA OPERATIVIZAR LA ESTRATIFICACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGO

4.1 EN EL MANEJO DE LA MALARIA: cuando el subsistema de vigilancia epidemiológica esté funcionando bien, con la asesoría del epidemiólogo regional, se puede completar en formulario aparte, el diario de actividades del programa control, con variables que correspondan a los F.R. que se consideran relacionados con la transmisión malárica, para que al menos en el período epidemiológico del año considerado de mayor transmisión, se recolecte esta información complementaria a todos los pacientes febriles procedentes de

la(s) localidad(es) prioritaria(s) que demanden la gota gruesa por sospecha de malaria.

Mediante una tabla de dos por dos, con la información obtenida durante este período, buscando la mayor representatividad, se puede hacer un análisis de casos y controles, para obtener medidas epidemiológicas (pruebas de significancia estadística, razón de disparidad y porcentaje de riesgo atribuible poblacional) que permitan jerarquizar los F.R., ubicar esta localidad en un estrato con medidas de intervención claramente definidas. La realización anual de esta actividad, permite ajustar las intervenciones con miras a reducir el impacto de la enfermedad.

4.2 EN EL MENEJO DE LA LEISHMANIOSIS: en primer lugar se deben ubicar los focos de esta enfermedad que se han definido como regiones geográficas y ecológicas determinadas donde se ha confirmado la transmisión de la Leishmaniosis. Para estos focos y según la importancia de ellos, los equipos locales de salud con el apoyo de especialistas del nivel regional y seccional, deben realizar un estudio epidemiológico de campo (5), donde se evalúen los F.R., para obtener las medidas epidemiológicas que permitan jerarquizar, conformar estratos y definir intervenciones, que serian evaluadas anual o bianualmente con estudios semejantes.

4.3 EN EL MANEJO DEL DENGUE: al igual que para las otras patologías la estratificación para la prevención y control del dengue, se puede realizar desde los servicios locales de salud. Hoy día se ha adquirido buena experiencia en la actualización periódica de los índices de infestación larvarios con muestreos representativos por barrios o zonas definidas de las áreas urbanas de mayor riesgo. Esta información ha permitido disponer de mapas de infestación clasificando los municipios en alto, mediano y bajo riesgo, según los criterios de la OPS, o incluso las áreas urbanas de éstos, para compararlos con los mapas de riesgo de presentación de casos donde con frecuencia se analiza la posible existencia de un subregistro del dengue clásico.

Para el dengue ha sido más común estratificar por sectores, de acuerdo con la proporción de frecuencia de los diferentes F.R. que se consideran asociados a la transmisión de la enfermedad, para definir mejor las intervenciones que se requieren.

También puede estratificarse aplicando una encuesta serológica representativa durante una época de transmisión viral que evalúe la asociación de los F.R. con los casos, realizando un análisis de casos y controles para determinar los indicadores que permiten la estratificación epidemiológica de riesgo.

Utilizando los fundamentos de la estratificación epidemiológica de riesgo, también se puede orientar manejo de la enfermedad de Chagas y Oncocercosis, entre otras.

BIBLIOGRAFIA

1. SERVICIO SECCIONAL DE SALUD DE ANTIOQUIA. Sección de Recurso Lógico. Morbilidad de Malaria en Antioquia, 1992
2. COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD. División de Patologías Tropicales. Informe de Actividades del Programa de Malaria, 1992.
3. ESCOBAR, J.P. Estratificación en Malaria. Memorias Seminario Taller Nacional, Malaria: Descentralización y control. Medellín, Junio, 1991.
4. BAJONA, M. y CASTILLO C. Uso de la Información Epidemiológica para el control de la Malaria. Módulo No.4. Principios de Epidemiología para el Control de la Malaria. Documento OPS-OMS PNS/90-23 (4). Washington, D.C., 1991
5. ESCOBAR, J.P. Metodología para el estudio de un foco de Leishmaniosis. Memorias Seminario Taller Nacional, Leishmaniosis Manejo Clínico y del Vector. Medellín, Abril 14-16, 1993.

ARTROPODOS COMO AGENTES DE ENFERMEDAD

Rafael Valderrama H.¹

RESUMEN

La mayoría de la información sobre Artrópodos de Importancia Médica se refiere a su papel como Vectores, con énfasis en los mosquitos vectores de malaria; en contraste, es limitada con respecto a los Artrópodos como Agentes etiológicos, especialmente en Colombia. Con base en experiencias clínico-epidemiológicas y en la bibliografía consultada, se comenta y analiza el Papel de estos organismos como agentes directos de algunas entidades frecuentes en el país.

LA ESCABIOSIS es una afección dermatológica endémica y/o epidémica de amplia distribución; en ocasiones se presentan pandemias de cobertura mundial. Su frecuencia ha aumentado en los últimos 25 años; en Colombia se describió una epidemia entre 1969 y 1973 que creció exponencialmente y que afectó al sector doméstico. Recientemente se demostró que en siete municipios de Antioquia las tasas de morbilidad/1000 htes. fluctuaron entre 4% y 17%. Las variaciones clínicas y la amplia gama de fármacos utilizados pueden estar contribuyendo al incremento del problema por diagnóstico equivocado o por resistencia a los productos.

LOS PIOJOS, parásitos obligados y específicos del hombre, afectan núcleos poblacionales grandes, especialmente escolares. Las cifras sobre infestación por *Pediculus humanus capitis* son variables a nivel mundial, pero por lo general sobrepasan el 10% en las poblaciones estudiadas. El 30% de los escolares de diferentes estratos socio económicos de Medellín se encontró positivo para esta parasitosis y en algunos establecimientos fué superior al 60%; el problema parece estar en aumento, al igual que la pediculosis por *Pthirus pubis*, especialmente en adolescentes.

Varios casos de MIASIS invasivas por *Cochliomyia hominivorax* y forunculares por *Dermatobia hominis* se han registrado en el Hospital Universitario San Vicente de Paul de Medellín. Puesto que no hay medicamentos de uso humano para el tratamiento específico de estas parasitosis, se discuten algunos de los procedimientos utilizados con éxito en el manejo de las mismas.

Finalmente, se analizan los ENVENENAMIENTOS POR PICADURAS de Arañas, Escorpiones y Abejas, problema complejo y subnotificado pero siempre presente en Colombia.

¹ I.A. Profesor Titular de Entomología Médica, Depto. de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Apdo Aéreo 1226, Medellín. FAX (94) 2638282.

1. INTRODUCCION

"Cuando una mañana se despertó, Gregorio Samsa, después de un sueño agitado, se encontró transformado en un espantoso insecto. Se encontraba tumbado sobre el quitinoso caparazón de su espalda y al levantar la cabeza, vió la forma convexa de su vientre de color oscuro, cruzado por curvadas durezas, cuyo relieve casi no podía soportar la colcha, que estaba a punto de deslizarse hasta el suelo. Numerosas patas, lastimosamente delgadas, comparadas con el grosor normal de sus piernas, presentaban ante su mirada el espectáculo de un movimiento sin sentido".

El entomofóbico espectáculo que describe Kafka en *La Metamorfosis*, es solo una de las formas como los artrópodos pueden afectar la salud del hombre. La reacción de las personas frente a estos organismos en la vida real, adquiere muchas veces los matices fantásticos del relato kafkiano, como en el caso de una socióloga que después de trabajar varios meses en una comunidad rural y de sufrir múltiples picaduras de chinches de cama (*Cimex lectularius*), desarrollaba, al recordar el episodio, un cuadro sicosomático con signos y síntomas semejantes a los experimentados, aun cuando llevaba varios años lejos de la fuente de exposición.

Sin embargo, el papel más importante de los artrópodos en su relación con el hombre, como elementos indispensables de los sistemas epidemiológicos en que se gestan muchas de las enfermedades, en especial en las denominadas tropicales, es el de servir como hospederos y/o vectores de microorganismos que afectan su salud. Los ejemplos son múltiples. Para ilustración baste mencionar los 400 o más millones de personas enfermas de malaria, de filariosis o de una de las aproximadamente 40 virosis transmitidas por mosquitos; o considerar la situación de la Leishmaniosis, de la enfermedad de Chagas o del Dengue en Colombia. La situación es semejante: grandes núcleos de población están expuestos o sufren la enfermedad y las medidas de control no son suficientes para detener su creciente expansión. La situación de *Aedes aegypti* es dramática en las Américas y en el país ha alcanzado tales proporciones que "es prácticamente irreversible y tenemos que aprender a convivir con él", según las conclusiones de un funcionario de salud en uno de los múltiples foros que se han hecho sobre el tema, considerando el riesgo real de grandes epidemias de dengue hemorrágico y de reurbanización de la fiebre amarilla, enfermedades transmitidas por este mosquito en las zonas urbanas.

Tal vez en razón de la amplia distribución mundial y de las elevadas cifras de prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores, la mayor parte de la literatura científica en Entomología Médica se refiere a esos artrópodos. No obstante lo anterior, también existe un grupo importante de enfermedades causadas directamente por artrópodos que afectan núcleos poblacionales grandes a nivel mundial pero que, a diferencia de las primeras, registran índices de letalidad menores, aun cuando su cobertura geográfica sea mayor. La

investigación y la literatura disponibles al respecto son escasas, especialmente en Colombia.

Estas notas pretenden aportar elementos para ubicar la importancia de los artrópodos que afectan en forma directa la salud humana, con base en investigaciones y experiencias clínico-epidemiológicas recientes sobre Escabiosis, Pediculosis, Miasis y Artropodotoxicosis.

2. ESCABIOSIS Y PEDICULOSIS, DOS PARASITOSIS ACTUALES

Resulta paradójico —y hasta patético— que en los albores del nuevo siglo —¿el siglo de las luces, acaso?— se plantee que dos entidades tan antiguas como el hombre sean vigentes e importantes, aún más cuando los últimos años del viejo siglo dejan su lastre de hambre y violencia; de feroz competencia económica y agotamiento de los recursos naturales; un desempleo creciente y flagelos como el SIDA y el Cólera; una indolente deshumanización, la pérdida de valores y la incertidumbre de sobrevivir en un mundo tecnócrata y autómatas con las carencias propias del subdesarrollo y frente a la opulencia y desdén de los poderosos. Sin embargo, LA ESCABIOSIS —llamada SARNA, CARRANCHIL, SIETE LUCHAS, FUCHA, PICA-PICA y de otras varias maneras según el país o región— y LA PEDICULOSIS —la también común, frecuente y conocida infestación por piojos— están hoy tan presentes como hace siglos y los niveles de población que afectan son cada vez mayores. El impacto histórico, las implicaciones epidemiológicas, el folklorismo implícito que se maneja frente a ellas y que desvirtúa su importancia, así como el poco interés médico que despiertan, la gran variedad de fármacos empleados para su tratamiento —cada vez menos eficaces— y la resistencia de los parásitos a aquellos, son aspectos que comparten estas parasitosis y que permiten analizarlas en conjunto.

El volumen de literatura sobre biología y control de los piojos del hombre y de los ácaros de la sarna es extensa; no obstante, la información estadística sobre prevalencia a nivel mundial es deficiente. Estudios recientes confirman la presencia continua de escabiosis humana en varios países y discuten sobre si existen o no ciclos regulares de incidencia; se estima que cerca de 300 millones de personas están infestadas con escabiosis (Hogan *et al.*, 1991) y que se presentan pandemias cada 15 años (Arlian, 1989). En Colombia se registró un brote epidémico que pasó del sector público al sector doméstico y que creció en forma exponencial (Camacho y Pacheco, 1974). En siete municipios de Antioquia se encontraron cifras de prevalencia hasta del 17%, lo cual confirma que la entidad es vigente (Jaimes *et al.*, 1991).

El *Sarcoptes scabiei var. hominis* se incriminó como agente de la escabiosis hace más de un siglo, aun cuando se había descrito e ilustrado desde 1689 (Van Neste, 1988). Los aspectos clínicos generales de la infestación se conocen bien, pero no ocurre lo mismo con muchos de los aspectos biológicos del parásito y de la respuesta fisiopatogénica del

hospedero por la dificultad de realizar experimentos controlados en vivo (Dona bedian y Khazan, 1992). Recientemente se demostró que los ácaros colocados sobre la superficie de la piel destruyen el estrato córneo e inician una penetración gradual hasta la epidermis en donde se localizan y viven a expensas de la actividad metabólica de las células epidermales (Arlian *et al*, 1984; Van Neste, 1988).

La escabiosis es el comodín, la gran simuladora de las dermatosis; el cuadro clínico —en apariencia sencillo y de fácil diagnóstico— puede ser compatible con, por lo menos, otras ocho dermatosis pruriginosas y confundirse con frecuencia (Arlian, 1989; Parish *et al*, 1983). Los signos y síntomas más comunes en infestaciones de escabiosis humana son prurito nocturno, lesiones eritematosas, papulares y vesiculares simétricas que se asocian con las galerías que hacen los ácaros (Arlian, 1989; Parish, 1983; Orkin y Maibach, 1979). La complicación más conocida —aunque poco frecuente— es la escabiosis o sarna noruega, que se caracteriza por hiperqueratosis marcada en diferentes áreas anatómicas, asociada a deficiencias nutricionales o inmunológicas y trastornos mentales; en la actual situación pandémica del SIDA, esta complicación se ha observado con más frecuencia (Espy y Jolly, 1976; De Paoli y Marks, 1987; Sindrup *et al*, 1987).

Se considera que la escabiosis se transmite por el contacto directo entre el hospedero y la persona sana y que los fomites no tienen mayor importancia; estudios recientes sobre ciclo de vida, comportamiento, sobrevivencia, infestación y prevalencia de los ácaros en el medio ambiente del hospedero, indicaron que los fomites pueden llegar a ser fuente de aquéllos en las infestaciones o reinfestaciones y que se deben tener en cuenta en el proceso de transmisión (Arlian *et al*, 1988).

Los piojos del hombre pueden infestar diferentes áreas anatómicas. Según la especie involucrada se denomina al parasitismo: *Pediculus humanus capitis* es el responsable de la pediculosis del cuero cabelludo, la más común de todas; mientras que *P. h. corporis* o piojo del cuerpo, infesta las extremidades y el tronco, y *Phthirus pubis*, como lo indica su nombre, se encuentra con preferencia en la región púbica y genito crural, aun cuando se puede desplazar a otros sitios en donde las pilosidades sean gruesas y afectar las cejas y pestañas de niños impúberes (Robinson, 1985; Burnett, 1991).

En las últimas dos décadas se han publicado varios estudios sobre los piojos de la cabeza, indicando que el problema está muy difundido y en expansión, aún en los países desarrollados. En los Estados Unidos los índices de infestación en escolares está cerca del 10% y se cree que por lo menos 10 millones de personas están infestadas (Phipps, 1991), mientras que en Canadá se notificaron cifras hasta del 12% en 1971, constituyéndose en el primer reporte epidémico para ese país en los últimos 20 años (Hopper, 1971). La situación en Europa era más dramática y las cifras sobrepasaban el 60% en algunos sitios, como se notificó para la parte norte de París y para la ciudad de Barcelona en 1976, cifras que 10 años después se mantenían en el 10% (Lamizana y Mouchet, 1976; Sholdt, 1983).

En pocos países de Suramérica se han realizado estudios sobre pediculosis: en escolares de Santiago de Chile se notifican niveles de infestación entre el 17% y el 22% (Schenone *et al*, 1986) y en Brasil se considera como una de las principales ectoparasitosis infantiles actuales (Linardi *et al*, 1988); en Colombia se conoce un estudio realizado en escolares de diferentes estratos socio económicos de la ciudad de Medellín, en el que se notifican niveles de infestación hasta del 30% (Valderrama *et al*, 1992).

La pediculosis del cuerpo es menos común y afecta a personas que no cambian ni lavan sus ropas con frecuencia. Los piojos del cuerpo se transmiten por el uso de ropas infestadas, personales o de cama; viven entre las costuras de éstas y no sobre el cuerpo, en donde solamente se alimentan (Hogan, *op cit*). La información estadística sobre esta parasitosis es deficiente, lo cual puede obedecer al acceso difícil a ciertas áreas geográficas en donde los piojos del cuerpo son comunes, a la ignorancia sobre su papel como vectores de enfermedades y a la escasez de trabajos científicos sobre el problema. Sin embargo, se estima que la prevalencia de piojos del cuerpo se ha estabilizado en varios países de Africa, Asia y Sur América con deficientes condiciones socio económicas y que solo cambiará cuando dichas condiciones se modifiquen (Schenone *op cit*; Gratz, 1977).

La frecuencia y distribución de los piojos púbicos también se ha incrementado en las últimas décadas, fenómeno asociado con el incremento de la promiscuidad sexual (Schenone *op cit*). La pediculosis púbica es común entre los 15 y los 40 años, por ser una parasitosis de transmisión sexual. Por lo menos la mitad de los pacientes infestados tienen una enfermedad sexualmente transmisible, usualmente gonorrea y consultan por lo general por los síntomas de estas enfermedades, considerando a la pediculosis como un problema secundario (Robinson *Op Cit*; Munkvad y Klemp, 1982). En niños, la presencia de piojos en cejas y pestañas corresponde casi siempre a infestaciones con *P. pubis* y puede considerarse como consecuencia de abuso sexual o de condiciones de hacinamiento marcado (Kairys *et al*, 1988)

Pero, ¿la Escabiosis y la Pediculosis son tan solo condiciones parasitarias sin trascendencia para la salud humana? ó, por el contrario, ¿alcanzan el status de enfermedades?. Dependiente de este análisis y de la posición frente a cada respuesta, será la actitud individual o colectiva que se adopte y las acciones que se implementen en cada caso.

3. MIASIS EN HUMANOS, MAS QUE UNA SIMPLE PARASITOSIS

En 1840 se utilizó por primera vez el término Miasis para referirse a la infestación por los estados larvarios de varias especies de moscas que invaden órganos o tejidos de humanos o de animales vivos que se alimentan —al menos durante un tiempo— de tejidos vivos o muertos del hospedero, de sus líquidos orgánicos o de los nutrientes que ingiere (Nutting y Parish, 1983; Sharma *et al* 1989). No obstante, no todos los casos de miasis son ejemplos de parasitismo: las larvas que se alimentan de tejido muerto —necrosado por

mordedura de serpientes, heridas infectadas, leishmaniosis, lepra u otras— o que consumen materia fecal en el recto, no se comportan estrictamente como parásitos (Askew, 1973).

La invasión de los tejidos puede ser asintomática en las fases iniciales, tener efecto benigno cuando limpian heridas profundas o, también, originar desórdenes violentos y, a veces, la muerte. El hombre puede ingerir larvas de moscas con alimentos como frutas, quesos o carnes, sin que evolucionen dentro de él y emerger luego —a veces vivas— por el ano, infestaciones que se denominan como seudomiasis (Askew *op cit*).

Es difícil expresar en términos cuantitativos la magnitud del daño y el impacto de las miasis sobre la salud humana. A esto contribuye la inexistencia de registros y estadísticas de incidencia y prevalencia; se desconocen los costos derivados de los daños, de las incapacidades, del manejo y tratamiento, ni se han precisado los principales factores de riesgo.

Cualitativamente los daños van desde las miasis leves de la piel en las cuales hay pocas larvas hasta las infestaciones masivas, con gran número de larvas; en las primeras el diagnóstico y el manejo son sencillos y no quedan secuelas, mientras que en las últimas los daños son severos, las localizaciones de difícil observación, el diagnóstico y el manejo complejos y las secuelas probables; a veces ocurre la muerte (Valderrama, 1991).

Para las personas que sufren miasis deformantes y masivas, especialmente de la cara, de heridas profundas y de órganos de los sistemas urogenital o digestivo, se constituye en una condición desmoralizante (Sharma et al, *op cit*). La sensación de estar "lleno de gusanos" puede generar alteraciones psicológicas y de comportamiento; las personas así afectadas se tornan retraídas y vergonzantes y buscan aislarse y ocultarse.

Desde hace más de cien años hay informes de casos de miasis en humanos pero solo recientemente se ha recopilado información sobre miasis específicas en varios países. En 1935 se registró en Texas una epidemia de miasis por *Cochliomyia hominivorax*, que afectó a más de 1.2 millones de animales vivos; se notificaron 55 casos en humanos, pero la cifra real pudo haber sobrepasado los 200. En Chile se registró una epidemia de 81 casos en 1945-1946 (Harwood y James, 1979). En Curazao, durante la epidemia de 1975-1976, después de la reinfestación de la isla por *C. hominivorax*, se reportaron 25 casos, lo que generó pánico y reacciones histéricas que motivaron la implantación de medidas de control (Tannahill *et al*, 1980; Sancho, 1988). En una revisión de 10 años de experiencia en el manejo de miasis nasal en la India se notificaron 252 casos (Sharma *et al*, *op cit*). En Colombia hay informes de casos de diferentes tipos de miasis en distintos órganos —nasal, vaginal, uterina— (Restrepo, 1917; Cantillo y Rojas, 1971; Rojas *et al*, 1976; Alarcón y Pérez, 1988); un estudio reciente analiza la experiencia de ocho años sobre miasis ótica y naso faríngea en el Hospital San Vicente de Paul (Duque, Marrugo y Valderrama, 1990). Las miasis pueden presentarse en personas de ambos sexos y a cualquier edad pero se

obsevan con mayor frecuencia en las de edad mediana y avanzada y en el personal que trabaja con animales.

La letalidad de las miasis es menor del 10% y por lo general se debe a lesiones del cerebro o de otras partes del sistema nervioso (Sood *et al*, 1976; Jorg, 1976). Es dramático el caso de una miasis cerebral por *C. hominivorax* que se atendió recientemente en el servicio de Neurocirugía del Hospital Universitario San Vicente de Paul en un paciente con heridas traumáticas de cráneo: las larvas habían invadido y consumido por lo menos dos terceras partes del tejido cerebral de uno de los hemisferios; se extrajeron por cirugía aproximadamente 40 larvas de ultimo estadio, algunas de las cuales se llevaron vivas al Laboratorio de Entomología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, en donde se identificaron, empuparon y obtuvieron adultos. Después de un tratamiento sistémico con una droga de uso veterinario, no se encontraron más larvas y el paciente fué dado de alta con algunas limitaciones neuromotoras y sensoriales (datos sin publicar).

4. LOS ARTROPODOS VENENOSOS Y EL HOMBRE

Las estructuras y adaptaciones morfofisiológicas que les posibilitan a los organismos proveerse de alimento o defenderse de sus enemigos, es una constante filogenética que se observa con frecuencia en la evolución de las especies. Las sustancias que producen, inician un proceso de digestión extrínscico al ser inoculadas en las presas, lo cual explica las acciones de neuro o histotoxicidad que caracterizan a los venenos animales, cualidades que se presentan independientes o combinadas; también les permite responder con cierta ventaja al ataque de predadores y mantenerse vivos en la cadena biológica (Valderrama, 1993).

Puesto que entre estos animales y el hombre no existe una relación de dependencia directa como parásitos o predadores, su encuentro fortuito constituye un accidente que puede afectar la salud del hombre. Los artrópodos venenosos le ocasionan diversas patologías que llegan a comprometer su vida, en especial en las zonas tropicales en donde son abundantes y muy dispersos (Brown y Neva, 1985). La magnitud real de esos accidentes no se conoce, entre otras razones por la carencia de registros, por subnotificación o por omisiones en la información; sin embargo, son más graves de lo que en general se estima y ocurren en varios países. Las publicaciones sobre el tema son escasas, especialmente en nuestro medio. La acción de los venenos y el cuadro clínico que originan son variados. Generan reacciones localizadas de rápida evolución o compromiso sistémico grave que puede ocasionar la muerte (Cardoso, 1990).

Los accidentes por escorpiones, arañas y abejas representan un porcentaje significativo dentro de los ocasionados por animales venenosos en diversas partes del mundo. La revisión de certificados de defunción de 10 años en los Estados Unidos demostró que, de las 460 muertes atribuidas a animales venenosos, el 66% fue por picadura de himenópteros

(50%), arañas (14%) y escorpiones (2%), cifra que corresponde al doble de las defunciones por mordeduras de serpientes (Harwood y James, 1979).

En Latinoamérica el número y la frecuencia de accidentes por animales venenosos son altos; el número registrado de muertes por artrópodos en México en 1941 fué nueve veces mayor (1921) que el ocasionado por mordedura de serpientes (219). Antes de 1958 ocurrían en ese país más de mil muertes asociadas con escorpiones, especialmente en la región árida central, mientras que en Belo Horizonte, Brasil, hasta 1945, se estimaba un promedio de 850 accidentes anuales por escorpiones, con una letalidad del 2 % (Lucas, 1990; Santos *et al*, 1991; Mendes *et al*, 1990; Tanis *et al*, 1991)

En Colombia no se conocen datos que permitan calcular la magnitud de este problema, pero se sabe que son frecuentes las picaduras de abejas, avispas y escorpiones. Desde 1978, cuando apareció la abeja africanizada en el país, la notificación de accidentes se incrementó y en zonas como el Valle del Cauca, los Llanos Orientales y Antioquia, causaron problemas graves de envenenamiento y algunas defunciones. Se conocen varios casos de insuficiencia renal aguda como consecuencia de múltiples picaduras de abejas, atendidos en el Hospital Universitario San Vicente de Paul de Medellín (Mejía *et al*, 1986). Mientras se preparaba este escrito se atendió en el mismo centro hospitalario un envenenamiento grave en una niña, con compromiso necrótico del páncreas, por la picadura de un escorpión.

La composición del veneno de los artrópodos es compleja y variada y los efectos se asocian tanto con ésta como con la respuesta inmunológica de la persona accidentada. El veneno de las arañas del género *Loxosceles* tiene actividad dermonecrotica y hemolítica y origina cuadros clínicos cutáneos y cutáneo-visceral de difícil tratamiento (Rees *et al*, 1987); mientras que el veneno de las del género *Lactrodectus* y *Phoneutria*, de los escorpiones y de los himenópteros, es fundamentalmente neurotóxico.

Con el panorama expuesto, pareciera cumplirse la terrible visión Kafkiana que nos sumerge en un mundo tétrico y terrorífico en el que habitan seres que atentan contra nuestra vida, en el mundo de "Los insectos, los insectos solos, crepitantes, mordientes, estremecidos, agrupados.." que inmortalizó Garcia Lorca en uno de sus poemas. Sin embargo, todavía se puede andar por los campos y los valles sin llevar una coraza de hojalata para protegerse de éstos; tal vez al conocerlos "podamos convivir con ellos y no los matemos por el solo hecho de estar vivos", como se lee en la invitación escrita a la entrada del museo del Instituto Butantan de Sao Paulo.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, M. y Pérez, A. 1988. Miasis uterina. Segundo caso en Colombia. Rev Col Obstetr Ginecol 39: 130-33.
- Arlian, LG. 1989. Biology, Host Relations, and Epidemiology of *Sarcoptes scabiei*. Annu. Rev. Entomol. 34: 139-61.
- _____.; Estes, SA. y Vyzenskin-Moher, DC. 1988. Prevalence of *Sarcoptes scabiei* in the environment of scabietic patients. J. Am. Acad. Dermatol. 19(5).
- _____.; Runyan, RA.; Achar S. et al. 1984. Survival and infestivity *Sarcoptes scabiei* var. *canis* and var. *hominis*. J Am Acad Dermatol 11: 210-215.
- Brow, HW. y Neva, FA. 1985. Artrópodos nocivos para el ser humano. En: Parasitología Clínica. 5 ed. México: Interamericana. 261-319.
- Burnett, J. 1991. Lice infestation. CUTIS 48: 32-33.
- Camacho, M. y Pacheco, G. 1974. Escabiosis humana. Análisis de un brote epidémico. Trib Médica XLIX(5): A11-A18.
- Cantillo, J. y Rojas, L. 1971. Miasis vaginal (*Dermatobia hominis* o nuche). Primer caso. Rev. Col. Obstetr. 22: 339-345.
- Cardoso, JL. 1990. Aracneísmo, Escorpionismo. Epidemiología, patogenia e clínica. En: Soerense, B. Animais peconhentos. Reconhecimento, distribucao geográfica. Producao de soros, clínica e tratamento dos envenamentos. Rio de Janeiro: Atheneus. 109-138.
- De Paoli, RT. y Ma. VJ. 1987. Crusted (Norwegian) scabies: treatment of nail involvement. J. Amer. Acad. Dermatol. 17(1): 136-38.
- Dona bedian, H. y Khazan, V. 1992. Norwegian scabies in a patient with AIDS. Clin Infect. Dis. 14(1): 162-64.
- Duque, M.; Marrugo, G. y Valderrama, R. 1990. Otolaryngology manifestation of myasis. Ear Nose Rhrot. J. 69: 619-622.
- Espy, PD. y Jolly, HW. 1976. Norwegian scabies. Ocurrrence in a patient undergoing immunosuppression. Arch. Dermatol. 112(2): 193-196.

- Gratz, NG. 1977. Epidemiology of louse infestation. In: *Scabies and Pediculosis*. Philadelphia JB: Lippincott. 157.
- Harwood, RF. y James, MT. 1979. *Entomology in human and animal health*. New York: Macmillan. 296-318.
- Hogan, D.; Schachner, L. y Tanglertsampan, C. Diagnos and Treatment of childhood scabies and pediculosis. *Pediatr Clin North Am* 38(4): 941-957.
- Hopper, JM. 1971. An epidemic of nits. *Can J Pub Hlth* 62: 159.
- Jaimes, LE.; Cruz, MH; Florez, DM. et al. 1991. Morbilidad por escabiosis en consulta externa en 7 municipios antioqueños entre noviembre 1990 y noviembre 1991. *Mim Inf de investigación curso de Salud pública y Medicina preventiva Fac de Medicina Univ de Antioquia, Medellín*. 86 p.
- Jorg, MA. 1976. Miasis anal y consideraciones generales del parasitismo por larvas de moscas. *Prensa Med Argentina* 63: 47-51.
- Kairys, DJ; Webster, HJ; Terry, JE. 1988. *J Am Optom Assoc*. 56(2):128-130.
- Lamizana, MT.; Mouchet, J. 1976. La pediculose en milieu scolaire dans la region parisienne. Test de resistance. *Med Malad Infect*. 6: 48.
- Linardi, PM.; Bothelo, JR.; de Maria, M. y Cunha, HC. 1988. Crendice e falsos conceitos que dificultam acoes profiláticas contra o piolho e a pediculose capitis. *J Pediatr (Rio de J)* 64(6): 248-55.
- Lucas, S. 1990. Principais aranhas e escorpioes de interesse médico. Reconhecimento. Distribuicao geográfica no continente americano. En: Soerence, B. op.cit. 47-73.
- Mejía, G *et al.* 1986. *Ann Int Medicine* 104(2):210-211.
- Mendes, R.; Meira, DA.; Teixeira, UA. et al. 1990. Acidentes por múltiplas picadas de abelha. *Arq Bras Med* 64(2): 81-88.
- Munkuad, M. y Klemp, P. 1981. Co-existence of venereal infection and pediculosis pubis. *Acta Derm Venereol (Stockh)* 62: 366-67.
- Nutting, WB.; Parish, LC. 1983. Myasis and similar invasions. In: *Cutaneous infestation of man and animal*. New York: Praeger. 356-69.

- Orkin, M. y Maibach, HJ. . 1979. Escabiosis. *Tribuna Médica*. LX(1): 19-24.
- Parish, LC.; Witkowski, JA. y Cohen, HB. 1983. Clinical picture of scabies. In: *Cutaneous infestation of man and animals*. New York: Praeger. 70-76.
- Phipps, MV. 1991. Permethrin: Treatment of head lice infestations. *Am Pharmacy* 31(10): 737-40.
- Rees, R.; Riege, E. y King, LIE. 1987. The diagnosis and treatment of brown recluse spider bites. *Ann Emer Med* 16(9): 945-949.
- Restrepo, ME. 1917. Miasis nasal. *Rev Clin Medellín* 2: 232.
- Robinson, R. 1985. Lice, Damned lice, and statistic . *Parasitology Today* 1(1): 29-30.
- Rojas, L., Cantillo, J. y Osorno-Mesa, E. 1974. Miasis uterina. Un caso de miasis uterina por *Callitroga americana* (Cushing y Patton 1933). *Rev Col Obstetr Ginecol* 25: 51-56.
- Sancho, E. 1988. *Dermatobia*, the neotropical warble fly. *Parasitology Today* 4: 242-46.
- Santos, CF.; Vieira, H.; Cardoso, JL. et al. 1991. Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos. 1 ed. Brasília: Min. de Saude. 46.
- Schenone, H.; Saavedra, T. y Rojas, A. 1986. Infestación por *Pediculus humanus capitis*: un prolongado problema actual de salud pública. *Bol. Chil. Parasitol.* 41: 16-20.
- Sharma, H.; Davaly, D. y Agarwal, SP. 1989. Nasal myiasis: review of 10 year experience. *J. Laryngol. Otol.* 103: 489-91.
- Sholdt, LL. 1983. Pediculosis: The world wide problem. In: *Cutaneous infestation of man and animals*. New York: Praeger. 144-150.
- Sindrup, JH.; Lisby, G.; Weismann, K. y Wantzin, GL. 1987. Skin manifestation in AIDS, HIV infection, and AIDS-related complex. *Internat Jour Dermatol* 26(5): 267-272.
- Tanis, M.; von Eickstedt, VR.; Knysak, I. et al. 1991. Acidentes por picada de aranha. *Arq Bras Med* 65(5): 457-468.
- Tannahill, FH.; Coppengde, JR. y Wendell, J. 1980. Screw worm (Diptera: Calliphoridae). Myiasis on Curazao. Reinvasion after 20 years. *J Med Entomol* 17: 265-67.

Valderrama, R. 1993. Arañas, Escorpiones e Hymenópteros de interés médico. IATREIA 6(2): 75-86.

_____.; Castaño, A.; Aguirre, B. et al. 1992. Pediculosis en escolares de diferentes estratos socio económicos de Medellín. Rev Colomb Entomol En prensa.

Van Neste, JJ. 1988. Human scabies in perspective. Inter Jour Dermatol 27(1): 10-15.

PROBLEMATICA DE LA MALARIA Y SUS VECTORES

Marco F. Suárez¹

RESUMEN

La biología de los vectores, es la ciencia que estudia los insectos que transmiten patógenos, su contacto con los humanos y su interacción con la enfermedad. En la malaria o paludismo, los vectores son mosquitos del género *Anopheles* y los parásitos son protozoos del género *Plasmodium*. Uno de los objetivos primarios en la investigación de la biología de los vectores, es obtener un mejor entendimiento del ciclo de la enfermedad, que facilite el diseño de estrategias de control efectivas y dirigidas.

No todos los anofelinos pueden transmitir los parásitos que causan la malaria humana. de los cientos de especies conocidas en el mundo, solo alrededor de 50 la transmiten naturalmente y en Colombia -con 41 especies registradas- los vectores no pasan de 5 especies. El proceso menos entendido en la transmisión de esta enfermedad es el desarrollo del parásito en el vector, lo cual dificulta el planteamiento de nuevos enfoques y de otras estrategias de control. Para transmitir el agente, el mosquito debe ser capaz de tolerar la evolución del parásito a través de varias etapas durante 8 a 15 días; sin embargo, los factores que afectan la susceptibilidad de los mosquitos no se conocen bien: la ausencia de algunos elementos críticos para el parásito o la presencia de toxinas que inhiben o abortan su desarrollo, influyen en la mayor o menor capacidad de éste para desarrollarse en el vector. Se desconocen las bases fisiológicas y genéticas del proceso; uno de los mecanismos que ayudan a explicar la resistencia de los mosquitos a los parásitos es la incapacidad del esporozoito para penetrar sus glándulas salivales. El proceso de la esporogonia en los vectores susceptibles se entiende poco: no se ha podido cuantificar el número de gametocitos ingeridos, el de ooquistes y oocistos que se forman, ni el de esporozoitos en hemolinfa, en glándulas salivales o los transmitidos durante una ingestión de sangre.

Para la determinación de la competencia vectorial de las especies, algunos estudios consideran tan solo el número de oocistos en la pared del estómago y subestiman el de esporozoitos en glándulas salivales, dato valioso para definir su papel como vector. los estudios de campo sobre transmisión necesitan reorientarse hacia la cuantificación de parámetros epidemiológicos importantes de la población de anofelinos; se conoce que al menos entre 1 y 20% de las inoculaciones de esporozoitos producen infección, pero no se sabe el papel que tienen los anticuerpos humanos ingeridos por el mosquito en la regulación de la infectividad de los esporozoitos. Como se ve, aún hay problemas por resolver con relación a la malaria y sus vectores.

¹ Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali.

1. INTRODUCCION

La malaria o paludismo es la más importante enfermedad parasitaria de los trópicos con transmisión en más de 100 países del mundo. Ha permanecido por muchas décadas como la más importante enfermedad transmitida por vectores que afecta al hombre y su trascendencia global se ha incrementado en los últimos años. Los más recientes estimados muestran la ocurrencia de malaria anual en 3 millones de muertes en el mundo, 488 millones de casos, de los cuales 14.8 millones suceden en Centro y Sudamérica (Sturchler, 1989). La recrudescencia de la malaria en la región Neotropical, ha sido atribuida al crecimiento de la población, la migración humana de áreas no endémicas a regiones donde la malaria es prevalente, la alteración de los hábitats, el abandono de las actividades para el control de los mosquitos, la resistencia de los vectores y del parásito a los químicos disponibles para su control, acoplado a los altos costos de desarrollo y registro de nuevos productos, el incremento en la legislación que limita su uso y la preocupación de la comunidad para limitar los residuos tóxicos que se liberan al medio ambiente (Marques, 1986; OPS, 1988).

Dado que la malaria en el hemisferio occidental afecta menos personas que en Africa tropical o Asia y el hecho de que la investigación de malaria históricamente se haya entronizado en el "Viejo Mundo", ha favorecido que la dinámica de la malaria en los trópicos del "Nuevo Mundo" sea considerablemente menos conocida. Las escasas referencias bibliográficas en el más comprensible compendio escrito últimamente (Wernsdorfer y MacGregor, 1988), refleja la relativa falta de investigación de la malaria Neotropical.

Los programas de control de malaria diseñados para interrumpir el contacto mosquito-hombre son limitados, en parte por la falta de conocimiento sobre el vector y la epidemiología de la enfermedad. La aplicación de métodos recientemente desarrollados con base en la biotecnología, tienen el inmenso potencial de aumentar nuestro conocimiento sobre la transmisión de malaria. Las investigaciones nos han permitido entender la compleja relación entre el mosquito, el parásito causante de la enfermedad y el huésped humano. El propósito de esta presentación es destacar algunos vacíos de conocimiento en la interrelación parásito-vector, exponer la problemática de los vectores en Colombia y destacar los temas de interés para investigación.

La malaria humana es transmitida solamente por la picadura de mosquitos infectados que pertenecen al género *Anopheles*. Sin transmisión de esporozoitos no hay malaria. El control de malaria podría ser mucho más simple, si solamente supiéramos cómo acabar con los esporozoitos, que son la fase infectiva del parásito que se desarrolla en el mosquito. Sin embargo, en la transmisión de malaria, quizás el proceso menos entendido es el desarrollo del parásito en el vector.

2. CICLO DEL PARASITO EN EL MOSQUITO

Un mosquito susceptible llega a infectarse con el parásito causante de la malaria de los humanos, cuando ingiere sangre de una persona con gametocitos. Las formas sexuales del parásito (microgametocito: forma masculina y macrogametocito: forma femenina) son ingeridas por el mosquito durante la alimentación sanguínea, comenzando el desarrollo con la rápida exflagelación del microgametocito. Las formas asexuadas del parásito, usualmente predominantes en la sangre de pacientes parasitados, son destruidas durante la digestión en el estómago del mosquito. Los gametocitos una vez en el estómago del mosquito continúan su rápida maduración y el micro y macrogametocito se fusionan para formar un cigoto. El cigoto se desarrolla a ooquinetos móviles, el cual penetra el epitelio del estómago medio y se aloja sobre la capa de la lámina basal. El ooquinetos se transforma en un ooquiste esférico proyectándose al hemocelo del mosquito, en el cual los esporozoitos se transforman y maduran. Luego de la ruptura del ooquiste, los esporozoitos emergen al hemocelo del mosquito y son transportados por la hemolinfa y su moderada movilidad a la cavidad del cuerpo. Un número de esporozoitos alcanzan las glándulas salivares, penetran y se acumulan en las células acinales. Algunos de estos esporozoitos pasan al ducto salival. Estos esporozoitos entran al torrente sanguíneo del huésped vertebrado durante una subsecuente alimentación sanguínea. Los esporozoitos son producidos durante el desarrollo del ciclo esporogónico que dura un período por encima de 8 a 20 días, dependiendo de la especie plasmodial y la temperatura ambiente (Bruce-Chwatt, 1985; Garnham, 1966; Sinden, 1984). Por ejemplo, *Plasmodium falciparum* toma 9 días a 30°C, 10 días a 25°C, 11 días a 24°C y 23 días a 20°C y en *P. vivax* el proceso se completa en 9 días a 25°C.

El ooquiste maduro tiene un tamaño entre 40 y 80 micras de diámetro. De un solo ooquiste pueden surgir un rango de 1.000 a 10.000 esporozoitos estimando el número de esporozoitos o el equivalente en proteína circumsporozoito (CS) (Burkot *et al.*, 1987; Pringle, 1965). El esporozoito mide entre 10-14 micras de largo y 1 micra de diámetro, es curvado moderadamente con un final angosto. Los esporozoitos recién liberados del ooquiste o en la hemolinfa son mucho menos infectivos que los esporozoitos que residen en las glándulas salivares. Su infectividad al hombre se incrementa desde un bajo grado en el ooquiste maduro hasta convertirse en altamente infectivo después de entrar a las glándulas. Están adaptados para sobrevivir largos períodos en el mosquito (30 a 40 días dependiendo de la expectativa de vida del mosquito) y una vez la hembra de mosquito es infectiva permanece así para el resto de la vida, aunque la infectividad del esporozoito disminuye con la edad del mosquito. El número de esporozoitos transmitido por un anofelino infectado, está limitado a aquellos que fluyen del ducto salival durante la salivación en el proceso de alimentación y parecen ser un poco menos de 25, aún en mosquitos con glándulas salivares altamente infectadas (Beier *et al.*, 1991; Rosenberg *et al.*, 1990).

El número de esporozoitos en las glándulas salivares de un mosquito es conocido como carga de esporozoitos. De acuerdo a la descripción de Beier (1993), la carga de esporozoitos depende de los siguientes factores: (1) el número de ooquistes que efectivamente producen esporozoitos; (2) el número total de esporozoitos producido por los ooquistes que se liberan al hemocelo del mosquito; (3) la invasión de los esporozoitos a las glándulas salivares y (4) su sobrevivencia en las glándulas salivares. La eficiencia de este proceso es completamente desconocida. Un sello característico en la biología de los esporozoitos es la tremenda variación en la carga de esporozoitos de los mosquitos infectados. La carga de esporozoitos comúnmente va de menos de 100 a tanto como 100.000 en mosquitos infectados en el laboratorio y por supuesto los rangos también son variables en los mosquitos naturalmente infectados, donde usualmente aparecen menos de 10.

No obstante los progresos, la infectividad de los esporozoitos es otro misterio en malaria. Muchos aspectos de la interrelación vector-parasito no están bien entendidos y se sabe poco sobre los esporozoitos en los vectores naturalmente infectados. En el mismo sentido, casi nada se sabe sobre la calidad de los esporozoitos. La pregunta que surge es ¿Todos los esporozoitos transmitidos por el mosquito tienen la misma capacidad de establecer la infección en el huésped? Al parecer, como lo propone Beier (1993) el potencial del esporozoito para iniciar la transmisión depende de la carga de esporozoitos. Una baja carga conlleva un bajo potencial para iniciar la infección en el huésped al igual que con una carga intermedia de esporozoitos la probabilidad de infección puede ser baja para bajo número de esporozoitos transmitidos y alta para mayor número de esporozoitos transmitidos. Así parece razonable que aquellos mosquitos con una carga alta de esporozoitos contienen esporozoitos con un mayor potencial de infección. La más efectiva transmisión puede ocurrir cuando gran número de esporozoitos son transmitidos por aquellos mosquitos con alta carga de esporozoitos por la "dosis" y porque tales esporozoitos tienen grandes reservas energéticas para su metabolismo.

Los esporozoitos están cubiertos con una proteína denominada circumsporozoito (CS), la cual es inmunodominante en el huésped vertebrado (Chulay, 1989, Nussenzweig & Nussenzweig, 1986). La posición repetitiva de la proteína CS ha sido el blanco de las vacunas con esporozoitos y de los ensayos inmunológicos básicos para la detección e identificación específica de los esporozoitos en el mosquito.

3. EL MOSQUITO VECTOR

Hay descritas alrededor de 400 especies de *Anopheles*, ninguna de las cuales es cosmopolita. El libro de Wernsdorfer y McGregor (1988) menciona que solamente 67 especies han sido encontradas como albergue de esporozoitos originados de infección natural, 30 especies adicionales fueron encontradas experimentalmente susceptibles a la infección con malaria humana y solamente 27 especies están asociadas con la transmisión de malaria en el mundo. Si embargo, Gilles (1988) plantea que aproximadamente 45

especies han sido implicadas en la transmisión. Otros estudios sindicaron hasta 85 las especies relacionadas como vectores de malaria humana (White, 1989). La clasificación un poco arbitraria de vectores primarios y secundarios explica estas discrepancias. Los vectores primarios han sido asociados con transmisión en las áreas endémicas, mientras que el status de vector secundario es dado a las especies que son capaces de mantener alguna transmisión, al menos en parte del área de estudio. El término *vector casual* ha sido usado para describir los anofelinos de importancia local que generalmente, se piensa, son incapaces de mantener extendida la transmisión (Bruce-Chwatt, 1985).

La mayoría de los anofelinos no son importantes vectores porque ellos no son fisiológicamente susceptibles a la infección, tienen corta vida que impide el desarrollo del parásito o no están estrechamente asociados con los humanos. Los vectores más eficientes se alimentan preferencialmente en humanos. El grado de susceptibilidad de las especies de mosquitos a la infección por malaria varía con la especie y cepa del parásito. Esto explicaría parcialmente porque una especie de *Anopheles* es vista como un vector importante en una región geográfica y con poca o ninguna importancia en otra área (Bruce-Chwatt, 1985; Garnham, 1966).

La lista de las especies vectoras ha sido recopilada de los estudios basados en la observación de esporozoitos en glándulas salivares y ooquistes en el estómago de los anofelinos capturados en el campo. Hay pocas dudas sobre los vectores primarios en la mayoría de las áreas del mundo, especialmente donde la evidencia epidemiológica soporta fuertemente los resultados de las disecciones. Sin embargo, los estudios que comprometen los vectores secundarios o casuales donde no se han identificado los esporozoitos de las glándulas salivares, requieren investigación para verificar el status. La presencia de los parásitos de la malaria en el mosquito ha dependido tradicionalmente de las disecciones de estómago y de glándulas salivares. El examen microscópico es muy sensible y laborioso pero no permite distinguir entre *Plasmodium falciparum* y *P. vivax*. Esta modalidad requiere de material fresco, lo que hace difícil su uso bajo las condiciones de campo obligando a desarrollar otras técnicas para evitar estas dificultades. El uso de anticuerpos monoclonales contra las proteínas del parásito, ha ganado mucho prestigio (Wirtz and Burkot, 1991). Un ejemplo de ello ha sido la detección de la proteína circumesporozoito en el ensayo inmunoabsorbente (ELISA) (Zavala et al., 1982; Burkot et al., 1984 y Beier et al., 1987). Sin embargo, esta prueba de ELISA falla en detectar los esporozoitos inmaduros presentes en los oocistos (Beier et al., 1987), además se argumenta la heterogeneidad de la proteína CS (Rosenberg, et al., 1989; Galey et al., 1990) y que la presencia de esta proteína en exceso sobreestima el número de esporozoitos presentes en los mosquitos infectados (Boulanger et al., 1988), por lo que se concluyen las limitaciones de este ensayo. Ultimamente, se ha observado que esta proteína da reacción cruzada con otras proteínas presentes en la sangre de ganado vacuno (Sonboon et al., 1993), lo cual hace necesario el uso de otros métodos alternativo de detección de los esporozoitos. Entre estos métodos está el uso de sondas de ADN basado en la hibridación de ácido nucleico

que permite detectar los mosquitos infectados con *Plasmodium* (Barker et al., 1986; Delves et al., 1989) y mas recientemente las técnicas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) (Tassanakajon et al., 1993). Pero aún los informes son insuficientes para hacer certeras conclusiones sobre la bondad de estas técnicas.

Adicionalmente, se debe dar especial atención al estudio de las áreas donde se ha alterado la ecología vr. gr. áreas deforestadas o forestadas, áreas de colonización y campos de refugiados. En estas áreas los mosquitos que contienen en las glándulas salivares esporozoitos de parásitos que no afectan al humano, pueden colectarse alimentándose sobre el hombre. En el mismo sentido los anofelinos capaces de transmitir malaria humana, pero que usualmente se alimentan de otros animales pueden convertirse en importantes vectores con la eliminación de su fuente preferida de alimentación.

Algunos vectores de malaria pertenecen a grupos de especies gemelas o lo que se ha denominado complejo de especies. Se refiere a miembros morfológicamente indistinguibles usando las claves taxonómicas corrientes. Estas especies son reproductivamente aisladas cuando ocurren simpátricamente por lo que normalmente no se cruzan donde las poblaciones se mezclan. Las especies gemelas pueden exhibir diferencias ecológicas, de comportamiento o fisiológicas, no obstante su similaridad morfológica que pueden diferenciarlas también en su capacidad vectorial. La falla en el reconocimiento de las especies gemelas de *Anopheles* resulta en una limitante para distinguir entre las especies vectoras y no vectoras (Crampton, et al., 1992). Cuando es posible, es esencial distinguir entre las especies gemelas usando otros métodos diferentes a los morfológicos. La identificación como vector de un miembro de un complejo de especies puede permitir el desarrollo de una estrategia selectiva de control.

4. MEDICION DE LA TRANSMISION

Históricamente ha habido tres enfoques básicos para cuantificar la transmisión de malaria: parasitológico, entomológico y matemático (teórico). Solo voy a referirme brevemente al enfoque entomológico que es un componente clave en los estudios epidemiológicos. La Tasa de Inoculación Entomológica (TIE) y la capacidad vectorial (CV) son 2 importantes parámetros en el estudio de la transmisión de malaria (Oaks et al., 1991). El TIE es una medida del número de picaduras infectivas que cada persona recibe por noche. El CV mide el potencial de transmisión basado en varios parámetros de la población de vectores. El TIE es el producto de la tasa de picadura en los humanos y la tasa de esporozoitos. La tasa de picadura o tasa de aterrizaje de los mosquitos sobre cebo humano se estima colectando los mosquitos que vienen a alimentarse sobre humanos. Las colecciones de mosquitos para medir la tasa de picadura a los humanos tradicionalmente se ha conseguido a través de colecciones después de la aplicación de piretro, o con trampas de salida en ranchos acondicionados o por picadura o aterrizaje en humanos. La tasa de aterrizaje tiende a sobreestimar la verdadera tasa de picadura mientras las otras técnicas de colección

subestiman la verdadera tasa de picadura. La capacidad vectorial es un intento de medir el potencial de transmisión relacionando la densidad del mosquito, los hábitos de picadura del vector y su sobrevivencia. Dado que ninguno de los componentes de la CV envuelve mediciones parasitológicas, la CV puede ser estimada tanto en las áreas endémicas como en las no endémicas. Desafortunadamente cada uno de los componentes de la CV es difícil de medir como lo anuncia Dye (1986) al recomendar modificaciones en las cuales los parámetros entomológicos claves sean identificados y se puedan correlacionar con la incidencia o prevalencia del parásito en la población.

5. EL CASO COLOMBIANO

De las 41 especies de *Anopheles* informadas de Colombia, se reconocen a *An. albimanus* y *An. darlingi* como los vectores primarios o principales responsables de la transmisión (Renjifo, 1948, Herrera, et al., 1987). Podría afirmarse sin temor a equivocación que donde estas especies se distribuyen, hay inminente riesgo de transmisión de malaria. Estas 2 especies fueron encontradas con esporozoitos en sus glándulas salivares y en la última década se ha confirmado el status de vectores primarios con inmunoensayos como IRMA y ELISA (Herrera et al., 1987). La siguiente especie en importancia es *An. nuneztovari* y para algunos hace parte de los vectores primarios dada su amplia distribución en el norte de Sudamérica, la evidencia epidemiológica y la importancia que tiene este mosquito en Venezuela. Los inmunoensayos con esta especie han resultado negativos. La única referencia que soporta su importancia como vector se remonta a 1950 (Rey y Renjifo, 1950) quienes encontraron esporozoitos en ejemplares procedentes de Puerto Santander en las cercanías de Cúcuta, departamento de Norte de Santander. Las mediciones sobre la antropofilia efectuadas por el personal del Servicio de Erradicación de la Malaria durante 1985 a 1988 demuestran la estrecha asociación de estas 3 especies con los humanos (Suarez et al., 1989 documento interno Ministerio de Salud, no publicado).

La situación con los vectores secundarios no esta resuelta con metodología entomológica. Basado en las evidencias circunstanciales que aporta la epidemiología en estos casos, se sindicaron como vectores de importancia local a *An. marajoara* o *An. allopha* (como *An. albitarsis*), *An. lepidotus*, *An. pseudopunctipennis*, *An. punctimacula* y *An. neivai*. A pesar de que algunas de estas especies como *An. neivai* ha sido encontrada infectada (Carvajal et al., 1989) se requieren estudios adicionales que afirmen el verdadero significado epidemiológico o confirmen que es una mera infección casual.

No obstante la escasa información disponible, definitivamente aún no sabemos todo lo que deberíamos saber para hacer mejores diseños de control. Si miramos como ejemplo la situación del departamento de Putumayo en la frontera Ecuador y Perú, encontramos que anualmente registran alrededor de 10.000 casos de malaria, sin la presencia de las especies primarias reconocidas. Se han colectado en cambio: *An. rangeli*, *An. oswaldoi*, *An. trinkae*, *An. evansae*, *An. strodei* y *An. triannulatus*. Las pruebas de ELISA mostraron una

exagerada infección de *An. rangeli* colectado en abrigos naturales, lo que nos hace pensar que la prueba fue inespecífica por las razones mencionadas anteriormente (Somboon, 1993). Hoy por hoy no puede afirmarse cual es la especie vectora en esa región aunque hay algunos argumentos a favor de *An. trinkae*, pero últimamente su ubicación taxonómica esta en cuestionamiento. Así es que se requieren urgentes estudios no solamente sobre la valoración de las especies como vectoras sino para esclarecer la situación taxonómica. Siempre se ha aceptado la dificultad taxonómica del sub género *Nyssorhynchus* y hoy por hoy se plantea la hipótesis de que *An. darlingi* y *An nuneztovari* constituyen complejos de especies. En síntesis es urgente saber cuales son los anofelinos responsables de la transmisión de malaria por cada enclave geográfico. Es peligroso generalizar. La capacidad de una especie de transmitir malaria varia de área a área.

6. AGENDA PARA INVESTIGACION

De acuerdo a los planteamientos señalados en el libro "Malaria Obstacles and Opportunities (1991), en los próximos 15 a 20 años la investigación sobre la biología de los vectores deberá focalizarse en cuatro áreas: investigación de campo, investigación con base en el laboratorio para soportar la investigación de campo, búsqueda de métodos innovativos de control y evaluación del control de vectores en áreas endémicas.

En las investigaciones de campo destacan cómo cada tipo de malaria es asociado con un grupo particular de mosquitos vectores que varía grandemente en su potencial para transmitir los parásitos de la malaria. El entendimiento de un patrón de transmisión depende de los estudios de campo focalizados en la definición de las interacciones ecológicas entre la población de mosquitos vectores, el parásito y los humanos. La identificación de puntos claves en los cuales la transmisión pueda ser interrumpida proporcionará una indicación para controlar la malaria en áreas de alta transmisión y puede conducir a nuevas estrategias para erradicar la malaria en áreas de baja transmisión.

Foco de investigación: La dinámica de la transmisión de malaria, la población de vectores y el riesgo de transmisión a la población de humanos en varios ecosistemas.

La incidencia de malaria severa puede depender entre otras cosas de los patrones locales (microdistribución) de la transmisión de malaria y de la intensidad de inoculación de esporozoitos. Identificar las relaciones del vector que determinan la malaria severa requiere nuevos avances para medir casa por casa las variaciones en la transmisión de malaria.

Foco de investigación: Caracterización de los patrones "microepidemiológicos" de la transmisión de malaria incluyendo la identificación de los vectores y los factores de riesgo en el desarrollo de la malaria severa.

La variación geográfica en la intensidad de la transmisión de malaria es de importancia primaria para el desarrollo y estratificación de las medidas de control. Es necesario establecer nuevas técnicas eficientes de vigilancia a lo largo de las áreas endémicas a manera de redes para dar seguimiento a la enfermedad, a los patrones de resistencia de los parásitos a los medicamentos, a la intensidad de la transmisión y a la respuesta de los mosquitos a los productos aplicados para su control.

Foco de investigación: Estrategias innovativas de vigilancia del vector para estimar la transmisión de malaria, midiendo el riesgo de exposición de la población humana a través de seguimiento de los parámetros epidemiológicos en humanos (anticuerpos, antígenos y uso de medicamentos).

Los asuntos relacionados con el vector asumen gran importancia cuando entran en juego las evaluaciones que se mueven del laboratorio al campo de los productos candidatos a vacunas contra la malaria. Para la planeación de los ensayos de evaluación de vacuna, es necesario la información base sobre la intensidad y estacionalidad de la transmisión. Durante estos ensayos de campo es necesaria la medición de la tasa de inoculación entomológica (TIE), útil para calibrar la eficacia de la vacuna especialmente en grandes ensayos conducidos en sitios con diferente intensidad de transmisión.

Foco de investigación: Caracterización de la transmisión de malaria y la población de vectores por sitio específico antes de los ensayos de campo de evaluación de vacuna paralelo a los esfuerzos de seguimiento de la intensidad de transmisión durante los ensayos de campo.

Se está desarrollando una vacuna que bloquea la transmisión para producir antigametocitos humanos que bloqueen las etapas tempranas del parásito que se desarrollan en el mosquito. Tales vacunas cuando se usan mezcladas con otras vacunas pueden extender su vida efectiva reduciendo la rata en la cual aparecen formas variantes del parásito.

Foco de investigación: Estudios de campo para valorar los efectos naturales de anticuerpos bloqueadores de la transmisión sobre las fases tempranas del parásito que se desarrolla en la población de vectores.

La segunda área de interés menciona los estudios de laboratorio que soportan el trabajo de campo. Se destaca en el libro el desconocimiento de los mecanismos que afectan el desarrollo del ciclo esporogónico en los anofelinos susceptibles y como el entendimiento de estos factores daría una guía importante sobre la epidemiología de la malaria para así establecer nuevas direcciones que permitan bloquear la transmisión en la naturaleza.

Foco de investigación: Estudio de los mecanismos básicos del desarrollo del parásito en los anofelinos y la interacción vector-parásito que afecta la transmisión potencial de esporozoitos.

Foco de investigación: Desarrollo de sistemas de cultivos *in vitro* de las etapas del parásito de la malaria que ocurre en el mosquito huésped.

El hecho de que muchos mosquitos anofeles no puedan transmitir malaria indica la presencia de uno o más mecanismos de refractariedad que inhiben el desarrollo del parásito. Los problemas de mantenimiento de colonias de anofelinos y el cultivo de los parásitos de la malaria humana en el laboratorio, hacen difícil el estudio de estos mecanismos.

Foco de investigación: Las bases genéticas, fisiológicas y bioquímicas de los mecanismos de refractariedad del mosquito a los parásitos de la malaria, con el propósito de desarrollar nuevos enfoques para bloquear o interrumpir el desarrollo esporogónico en el vector.

Dado los avances en biotecnología, hay un número de pruebas de campo que pueden ser extremadamente útiles a los biólogos de vectores. La más inmediata necesidad es la aplicación de métodos simples y baratos para diferenciar entre las especies de anófeles vectoras y no vectoras presentes en áreas donde existen y son indistinguibles morfológicamente. También se requieren métodos mejores para identificar las variantes genéticas dentro de las especies de anófeles, nuevas tecnologías para precisar la edad cronológica de los vectores y para caracterizar los parásitos en el vector de acuerdo a la resistencia de los medicamentos y a la diversidad genética. El ensayo ideal debería ser capaz de analizar simultáneamente mosquitos individuales para las múltiples variables epidemiológicas, incluyendo los esporozoitos, fuente de alimentación, resistencia a los insecticidas e identificación de las especies.

Foco de investigación: Desarrollo y pruebas de campo de ensayos moleculares e inmunológicos en conjunción con estudios de la transmisión natural de malaria y de los esfuerzos de control para determinar los parámetros relacionados con el vector.

La tercera área anunciada es la relacionada con los métodos novedosos para controlar la malaria. Diferente a las vacunas dirigidas contra el parásito de la malaria, una vacuna antimosquito podría ser efectiva contra todas las especies de *Plasmodium* y sería llevada por un vector común. Una excelente vacuna para ser efectiva no necesariamente tendría que matar inmediatamente el mosquito después que se alimente sobre humanos.

Foco de investigación: Desarrollo de candidatos de vacunas antimosquito que produzcan anticuerpos con un impacto inmunopatológico sobre el vector que interfiera con el desarrollo del parásito en el vector.

El control de malaria tiene posibilidades futuras interesantes que incluyen el reemplazamiento de los mosquitos vectores por mosquitos alterados genéticamente que no pueden transmitir malaria. A largo plazo y a partir del uso de la biotecnología el objetivo es explorar los mecanismos que están operando en la naturaleza con la esperanza en la manipulación genética para liberarlos en áreas endémicas que requieren control.

Foco de investigación: Futuro desarrollo de un enfoque de nivel molecular para entender la genética de la población de vectores y su habilidad natural para transmitir los parásitos de la malaria.

La cuarta área mencionada es sobre la evaluación de los métodos de control. Cada esfuerzo en el control de malaria debe ser evaluado y su impacto medido en la intensidad de la transmisión y la incidencia de la enfermedad. Igualmente es importante valorar cómo son recibidas las medidas de control a nivel de la comunidad y si ellas tienen un efecto adverso sobre los humanos o el medio ambiente. La evaluación continua de las actividades de control puede asegurar que los métodos usados sean apropiados para la situación epidemiológica particular.

Foco de investigación: Valoración del impacto de las intervenciones existentes y futuras sobre la intensidad de la transmisión de malaria y los patrones de la enfermedad.

Todo lo anterior permite concluir que se identifican problemas a nivel global de la biología del vector y del conocimiento que se tiene de los vectores en Colombia, pero más que problemas con los vectores de malaria vemos una invitación tácita a enfrentar con ganas estos desafíos y dejar la desidia y las disculpas que a pocos convencen. Con la biotecnología como aliada es el momento de convertir los problemas en oportunidades.

REFERENCIAS

- Barker, R.H., L. Suebsaeng, W. Rooney, G.C. Alecrim, H.V. Dourads & D.F. Wirtz. 1986. Specific DNA probe for the diagnosis of *Plasmodium falciparum* malaria. *Science* 231:1434-1436.
- Beier, J.C., P.V. Perkins, R.A. Wirtz, R.E. Whitmire, M. Mugambi & W.T. Hockmeyer. 1987. Field evaluation of an enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA) for *Plasmodium falciparum* detection in anopheline mosquitoes from Kenya. *Amer. J. Trop. Med. & Hyg.* 36:459-468.
- Beier, J.C., F.K. Onyango, J.K. Koros, M. Ramadhan, R. Ogwang, D.K. Koech and C.R. Roberts. 1991. Quantification of malaria sporozoites transmitted in vitro during salivation by wild Afrotropical *Anopheles*. *Med. Vet. Entomol.* 5:71-79.
- Beier, J.C. 1993. Malaria sporozoites: survival, transmission and disease control. *Parasitology Today* 9:210-215.
- Boulenger, N., H. Matile & B. Betschart. 1988. Formation of the circumsporozoite protein of *Plasmodium falciparum* in *Anopheles stephensi*. *Acta Tropica* 45:55-65.
- Burkot, T.R., J.L. Williams, I. Scheneider. 1984. Identification of *Plasmodium falciparum* infected mosquitoes by a double antibody enzyme-linked immunoabsorbent assay. *Amer. J. Trop. Med. and Hyg.* 33:783-788.
- Bruce-Chwatt, L.J., 1985. *Essential Malariology*, William Heinemann Medical Books Ltd., London, 452 p.
- Carvajal, H. de Herrera M. A., J. Quintero, A. Alzate, and S. Herrera. 1989. *Anopheles neivai*: A vector of malaria in the Pacific lowlands of Colombia. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 83:609.
- Chulay, J.D. 1989. Development of sporozoite vaccines for malaria. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. (Suppl)* 83:61-66.

- Crampton, J.M., I. Comley, P. Eggleston, S. Hill, M. Hughes, T. Knapp, G. Lycett, R. Urwin y A. Warren. 1992. Molecular biological approaches to the study of vectors in relation to malaria control. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 87 Suplemento III) 43-49.
- Delves, C.J., M. Goman, R.G. Ridley, H. Matile, T.H.W. Lensen, T. Ponnudurai and J.G. Scaife. 1989. Identification of *Plasmodium falciparum* infected mosquitoes using a probe containing repetitive DNA. Mol. Biochem. Parasitol. 32:105-112.
- Dye, C. 1986. Vectorial capacity: Must we measure all its components? Parasitol. Today 2:203-209.
- Galey, B., P. Druihle, I. Ploton, C. Desgranges, A. Asavanich, T. Harinasuta, C. Machhand, K. Brahimi, Y Charoenvit, C. Paul, J. Young, M cross, & R Beaudoin. 1990. Evidence for diversity of *Plasmodium falciparum* sporozoite surface antigens derived from analysis of antibodies elicited in humans. Infection and Immunity 58:2995-3001.
- Garnham, P.C.C., 1966. Malaria Parasites and other Haemosporidia, Blakwell, Oxford, 1114 p.
- Gilles, M.T. 1988. Anopheline mosquitoes: Vector behavior and bionomics. Wernsdorfer, W.H y MacGregor, I, (eds): en Malaria. Principles and practices in Malariology, Vol 1. Churchill Livingston, New York, pp 453-485.
- Herrera, S., M.F. Suárez, G.I. Sánchez, M.L. Quiñones y M. Herrera. 1987. Uso de la técnica inmunoradiométrica (IRMA) en *Anopheles* de Colombia para la identificación de esporozoitos de *Plasmodium*. Colombia Médica 18:2-6.
- Márques, A.C. 1986. Mem Inst. Osw. Cruz 81 (supl. II) 17-30
- Nussenzweig, V. and Nussenzweig R.S., 1986. Development of a sporozoite malaria vaccine. Am. J. Trop. Med. Hyg. 35:678-688.
- Oaks, SC., V.S. Mitchell, Pearson G.W. and C.C.J. Carpenter (editores).

Meta. *Caldasia* 5 (21):99-103.

Rey H., S. Renjifo. 1950. *Anopheles nuñeztovari* infestado en la naturaleza con *Plasmodium* sp. Rev. Acad. Col. de Cien. Exact. Fisicoquímicas y Naturales 7(28):534-540.

Rosenberg, R., R.A. Wirtz, D.E. Lanar, J. Satabongkot, T. Hall, A.P. Waters & C. Prasittisuk. 1989. Circumsporozoite protein heterogeneity in the human malaria parasite *Plasmodium vivax*. Science 245:972-976.

Rosenberg, R., R.A. Wirtz, I. Schneider and R. Burge. 1990. An estimation of the number of malaria sporozoites ejected by a feeding mosquito. Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg 84:209-212.

Sinden, R.E., 1984. The biology of *Plasmodium* in the mosquito. Experientia 40:1330-1343.

Somboon P., N Morakote, S. Koottathep and U. Trisanarom. 1993. Detection of sprozoites of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in mosquitoes by ELISA: false positivity associated with bovine and swine blood. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 87:322-324

Sturchler, D., 1989. How much malaria is there worldwide? Parasitology Today 5: 39-40

Tassanakajon A., V. Boonsaeng, P. Wilairat and S. Payim. 1993. Polymerase chain reaction detection of *Plasmodium falciparum* in mosquitoes. Trans. Roy Soc. Trop. Med. Hyg. 87:273-275.

Wernsdorfer, W. H. and S.J. McGregor eds. (1988). Malaria Principles and Practice of Malariology (2 vol) Churchill and Livingstone, N.Y.

White, G.B. 1989. Malaria, in geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors (WHO/VBC/89/967). 1:7-22. World Health Organization/ Division of Vector Biology and Control, Geneva 134.

Wirtz, R.A., T.R. Burkot. 1991. Detection of malarial parasites in mosquitoes. Adv. Dis. Vect. Res. 8:77-106.

Zavala, F., R.W. Gwadz, F.H. Collins, R.S. Nussenzweig and V. Nussenzweig. 1982. Monoclonal antibodies to circumsporozoites proteins identify the species of malaria parasite in infected mosquitoes. Nature 299:737-738.

EL DENGUE COMO PROBLEMA DE SALUD PUBLICA EN COLOMBIA

Yolanda Lucía López Arango¹

RESUMEN

Colombia como país americano tropical ha presentado continuos y repetidos brotes epidémicos por dengue clásico desde comienzos de la década del 70, período en el cual después de más de 15 años de haberse eliminado el vector del continente mediante esfuerzos conjuntos de los países, el país fué reinfestado por *Aedes aegypti* habiéndose detectado inicialmente en las ciudades de los departamentos de la Costa Atlántica. A partir de entonces, la carencia de programas de intervención permanentes orientados al control del vector en las regiones infestadas por éste, ha conllevado a la dispersión de la especie reconquistando y colonizando nuevas áreas y regiones del territorio diseminando la enfermedad.

El perfil epidemiológico se agravó con la aparición del primer caso de dengue hemorrágico a finales de 1989 y confirmado por laboratorio en 1990 y la subsiguiente presentación de nuevos casos que son más frecuentes cada año, instaurándose en regiones que podrían considerarse actualmente endémicas para dengue hemorrágico en el país. La situación actual de la enfermedad señala un panorama de incertidumbre, puesto que los costos de un programa para el control del vector a nivel nacional, exigirían una alta disponibilidad presupuestal y las actividades de diagnóstico y asistencia médica carecen de los recursos físicos, humanos y financieros oportunos para la atención de los casos y serían totalmente insuficientes ante la presentación de emergencias por dengue hemorrágico con las características de la ocurrida en Cuba en 1981.

Lo anterior, constituye un reto preocupante y peligroso para los servicios de salud por razones como la amplia distribución alcanzada por el vector; el desconocimiento sobre la capacidad vectorial y de los factores biológicos que favorecen la transmisión inherentes al *Aedes aegypti*; la carencia de programas continuos y permanentes de control a nivel nacional, departamental o local; la carencia de infraestructura adecuada y de educación sanitaria en la mayor parte de las áreas urbanas y rurales del territorio colombiano; la falta de planes adecuados de emergencia ante el riesgo cada vez mayor de la aparición de brotes severos de dengue hemorrágico; la falta de capacitación médica sobre la enfermedad; la carencia de métodos diagnósticos oportunos en el país y las deficiencias en los sistemas de vigilancia epidemiológica en los servicios de salud, entre otras.

¹ Bacterióloga. Sección Entomología, Laboratorio Departamental de Salud Pública. Dirección Seccional de Salud de Antioquia. Carrera 51 A No. 62-42. Medellín.

Se destaca además el riesgo potencial que tiene el país sobre la introducción del *Aedes albopictus*, especie foránea originaria de Asia y que actualmente se encuentra en E.E.U.U., Brasil, México y República Dominicana en el continente americano, considerada una amenaza para la transmisión de dengue y de fiebre amarilla urbana dada su gran adaptación tanto a las áreas urbanas como rurales.

1. INTRODUCCION

El dengue es una enfermedad febril aguda producida por un virus que lleva su nombre "virus del dengue" del cual se conocen cuatro serotipos dengue 1 (D1), dengue 2 (D2), dengue 3 (D3) y dengue 4 (D4; cada uno de ellos produce la enfermedad de tal forma que una persona puede sufrir hasta cuatro veces el dengue en su vida puesto que no repite por cada serotipo dado que existe inmunidad duradera para cada uno de éstos. Se transmite por el mosquito *Aedes aegypti*, el cual convive con el hombre principalmente en asentamientos urbanos dada su marcada preferencia antropofílica y su preferencia por criaderos artificiales domiciliarios y peridomiciliarios que acumulan agua, como tanques y canecas para el almacenamiento de agua, llantas, frascos, tarros, botellas, latas, vasijas abandonadas, juguetes desechados, bebederos de animales, entre otros.

La enfermedad puede presentarse en dos formas clínicas: dengue clásico y dengue hemorrágico. El dengue clásico corresponde a un cuadro clínico de iniciación brusca con malestar general, fiebre, artralgias, mialgias, cefalea, dolor retroocular, dolor lumbar, acompañado o no de brote maculopapular. Puede llegar a presentar manifestaciones hemorrágicas como epistaxis, gingivorragias, sangrado gastrointestinal e hipermenorrea sin comprometer severamente el estado general del paciente; no requiere tratamiento específico y su manejo es generalmente ambulatorio en las unidades de salud de poca complejidad (primer nivel de atención). El dengue clásico puede evolucionar a dengue hemorrágico y los signos clínicos que predicen tal evolución son el vómito, dolor abdominal, hepatomegalia y agitación. La presencia de ellos requiere de hospitalización y tratamiento adecuado; en su ausencia se debe instruir al paciente para que consulte nuevamente ante la presentación de estos signos o cualquier manifestación hemorrágica.

El dengue hemorrágico se caracteriza por alteraciones fisiológicas importantes, siendo la principal de ellas la fuga de plasma del espacio intravascular hacia los tejidos y cavidades, que conlleva a la hemoconcentración y en los casos más severos al choque pudiendo ocasionar la muerte del paciente.

El diagnóstico clínico del dengue es solamente un diagnóstico de presunción, basado en el juicio crítico del médico que debe tener en cuenta la anamnesis, el examen físico completo y la situación epidemiológica del sitio donde ocurrió la infección del paciente.

El diagnóstico de presunción requiere de la confirmación por laboratorio para detectar anticuerpos específicos para la enfermedad y procurar el aislamiento viral que permita definir el serotipo del virus de dengue circulante en la localidad. Estas pruebas diagnósticas solamente se encuentran disponibles en el país en 4 laboratorios de referencia de mayor complejidad, que en la actualidad son el Instituto Nacional de Salud en Santafé de Bogotá, el Laboratorio Departamental de Salud Pública del Departamento de Antioquia, la Universidad del Valle y el Centro de Investigaciones Tropicales de Bucaramanga.

El dengue constituye una amenaza permanente para todas aquellas localidades infestadas por *Aedes aegypti* que además de estar ubicadas por debajo de los 1800 metros sobre el nivel del mar, reflejen la existencia de condiciones particulares favorables para la transmisión de la enfermedad denominados aquí como factores de riesgo, los cuales pueden ser ambientales, biológicos y de los sistemas de salud. En éstos pueden considerarse los siguientes:

. **Factores de riesgo ambientales:** ausencia o deficiencia de condiciones higiénico-sanitarias en la comunidad; coberturas deficientes de suministro de agua por sistemas de acueducto; deficiencias en la disposición correcta de los desechos líquidos y sólidos; presencia de objetos o materiales que permiten la acumulación de agua en viviendas o establecimientos públicos; ausencia o diseños inadecuados de los sumideros o desagües de alcantarillas ubicados en las calles; ausencia o deficiente saneamiento de edificaciones; viviendas que facilitan el acceso de los insectos; presencia permanente o temporal de aguas estancadas dentro de las poblaciones o alrededor de éstas; ausencia o deficiente saneamiento de áreas vecinas a las áreas habitadas y deficiencias en el control sanitario de parques, cementerios, basureros, lotes, solares, jardines, talleres, edificios en construcción, chatarrerías, entre otros.

. **Factores de riesgo biológicos:** serotipo del virus de dengue circulante; virulencia del virus circulante; inmunidad de la población en el área de transmisión de la enfermedad; competencia inmunológica del huésped; susceptibilidad del huésped; altas densidades poblacionales del vector y capacidad vectorial.

. **Factores del riesgo del estilo de vida:** áreas de urbanización reciente o desordenada, como zonas marginales periféricas o de invasión; zonas o regiones de alta migración poblacional; zonas o áreas con mayor densidad de población (hacinamiento) dentro de la comunidad o en las viviendas puesto que se favorecen las tasas de transmisión de enfermedades; costumbres sobre las condiciones de aseo e higiénico-sanitarias de las viviendas; entre otros.

. **Factores de riesgo de los servicios de salud:** subregistro de la enfermedad motivado por cuadros clínicos inespecíficos; falta de confirmación por diagnóstico de laboratorio de los casos sospechosos de dengue en una localidad; desconocimiento de la magnitud de la

incidencia en la localidad por deficiencias en el

registro de los pacientes; disminución o no realización de las labores de promoción, educación, prevención y control del dengue en la comunidad y que se encuentren bajo la responsabilidad del servicio de salud; no utilización de indicadores de riesgo para definir acciones oportunas para la prevención y el control de la enfermedad en la localidad; entre otros.

A continuación se presentará un breve recuento sobre la magnitud del problema del dengue con algunos comentarios críticos y se describirá el comportamiento de la enfermedad en Colombia desde la reaparición de brotes a partir de 1971 hasta 1992, con base en la recopilación de datos de fuentes secundarias procedentes de: registros estadísticos del SIS 12 de la Dirección de Epidemiología del Ministerio de Salud, datos de la Dirección de Campañas Directas del Ministerio de Salud, datos registrados por la Oficina de Epidemiología del Instituto Nacional de Salud en el Boletín Epidemiológico y otros suministrados por comunicación escrita a los Servicios Seccionales de Salud, datos suministrados telefónicamente por la Oficina de Informática del Ministerio de Salud, datos del Laboratorio Departamental de Salud Pública, otras fuentes bibliográficas consultadas.

2. SITUACION DEL DENGUE

2.1. ANTECEDENTES DEL DENGUE EN EL MUNDO Y EN AMERICA

La primera descripción clínica del dengue en la historia médica, corresponde a la realizada por David Bylon en el siglo XVIII (1779) en Yakarta (Indonesia) posterior a ésta, en el siglo XIX se describieron grandes epidemias de la denominada "fiebre quebrantahuesos" que afectaron a todos los continentes, muy probablemente ocasionados por los intensos movimientos migratorios transoceánicos en embarcaciones que favorecieron el transporte del vector *Aedes aegypti* y del hombre infectado con el virus del dengue a las zonas del mundo libres de éstos (Arboleda, M., 1989).

Sin embargo, solo hasta el año 1907 se conoció que la enfermedad era producida por un virus aislado por Ashburn y Craig en 1907 y en 1908 se confirmó su transmisión por el vector *Aedes aegypti*. En 1994 se identificaron los serotipos 1 y 2 del virus y en 1956 los serotipos 3 y 4. Fué esta la causa por la cual, aunque en años anteriores se habían registrado epidemias de dengue con manifestaciones hemorrágicas y muerte (Grecia, 1927 - 1928), sólo hasta 1956 cuando Hammon aisló los serotipos 3 y 4 se asoció las manifestaciones hemorrágicas y el shock de los pacientes con el virus del dengue (Arboleda, 1989).

A partir de entonces se encuentran mayores y mejores registros de los brotes y epidemias de dengue clásico y fiebre hemorrágica dengue/síndrome shock del dengue que han ocurrido en el mundo, destacándose como áreas endémicas el Asia Sudoriental (India, Filipinas, Tailandia, Indonesia, Srilanka, Birmania, entre otros) y el Pacífico Occidental (Australia, Japón, Nueva Guinea, Polinesia, entre otros) (Cantelar, 1983; OMS, 1980).

En los registros de América se encuentran importantes epidemias de dengue clásico en el Siglo XIX en Norte y Centro América (EE.UU., Cuba, otras Islas del Caribe) y en el Siglo XX entre 1921 y 1950 se estimaron 2.000.000 de personas afectadas en los países con zonas costeras sobre el Mar Caribe. Ocurrió que a partir de 1947 la OMS convocó a todos los países americanos para erradicar el *Aedes aegypti* del continente mediante la estrategia principal de control químico, lográndose un gran esfuerzo conjunto que conllevó a excelentes resultados puesto que en 1961 el *Aedes aegypti* había sido eliminado en 18 países, entre ellos Colombia, quedando solamente infestados Argentina, Islas Caimán y México (Oceguera, R., 1988). Sin embargo, tal situación duró solamente hasta comienzos de la década de los 60; a partir de 1963 comenzaron nuevamente pandemias de dengue clásico en el Caribe en Antillas Mayores, Antillas Menores, Venezuela, Puerto Rico, República Dominicana y Jamaica, circulando inicialmente el serotipo 3, luego el serotipo 2 y en 1977 se introdujo el serotipo 1 que causó aproximadamente 702.000 casos en las Américas entre 1977-1980 (Jamaica, Puerto Rico, Honduras, Bahamas, Cuba, entre otros). En estos brotes fueron notificados algunos casos sospechosos no confirmados de fiebre hemorrágica dengue (FHD) y muertes asociadas con FHD/Síndrome Shock del dengue (Cantelar, 1983).

La primera epidemia de dengue hemorrágico de grandes proporciones se presentó en 1981 en el continente americano, en la isla de Cuba, producida por el serotipo 2 del virus. En ésta epidemia se registraron 344.000 casos, 24.000 de los cuales correspondieron a FHD, 10.000 casos a SSD y ocurrieron 158 muertes principalmente en menores de 15 años (60,3%) (Martínez, E., 1990).

En 1981 se introdujo el serotipo 4 en América y continuaron notificándose varias epidemias en: Brasil 1982 (10.000 casos, D1 y D4), México 1984 (D1, D2 y D4), Aruba 1984 (25.000 casos), Nicaragua 1986 (17.483 casos), Brasil 1986 (500.000 casos, D1), Guatemala 1987 (D1), Bolivia 1977 - 1988 (152.000 casos, D1), Ecuador 1988 (422.000 casos, D1) y Paraguay 1988, (D1). (OPS, 1983). Venezuela presentó la primera epidemia de dengue hemorrágico en su territorio en el segundo semestre de 1989 notificando más de 70 muertos por la enfermedad, donde se aislaron serotipos D1, D2 y D4 (Carmona, J., 1991)

2.2 DENGUE EN COLOMBIA

2.2.1 Período 1950 - 1979

En los años anteriores a 1950, Colombia presentaba una amplia distribución del *Aedes aegypti* en aquellas localidades ubicadas por debajo de los 1250 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) principalmente en la Costa Atlántica, Valles del Río Magdalena y Río Cauca, Buenaventura en la Costa Pacífica y los departamentos de Norte de Santander y Santander (Groot, H., 1980); no obstante no existen registros sobre la magnitud de los casos de dengue presentados en el país, puesto que el diagnóstico de la enfermedad era inminentemente clínico y el país no contaba con una estructura de notificaciones y registros estadísticos de la enfermedad a través de las instituciones de salud, puesto que aún no se encontraba estructurado el Ministerio de Salud, el cual solo surgió a partir de la Ley 27 de 1946 como Ministerio de Higiene.

Colombia controló el *Aedes aegypti* entre 1952-1966 debido a las actividades para la erradicación desarrolladas por los funcionarios del Servicio de Erradicación de la Malaria (SEM), convocadas por la OMS en 1947. A partir de este último año se detectó infestación en la Costa Atlántica la cual continuó avanzando hacia otras ciudades y en 1971 reapareció el dengue registrándose una epidemia por serotipo D2 que afectó la Costa Atlántica hasta Montería y en la cual se estimó la presentación de 450.000 casos con una tasa de ataque del 22%. En 1973 el *Aedes aegypti* había infestado nuevamente el valle del Río Magdalena y en 1975, se presentó un brote por serotipo D3 en el interior del país que afectó aproximadamente a 200.000 personas. En este brote algunas poblaciones del Valle del Río Magdalena fueron particularmente bien estudiadas y se encontraron tasas de ataque del 24% y 51% en las ciudades de Armero y Utica, respectivamente; por lo cual se estima que la población afectada en el país fué superior a los 400.000 personas (Boshell, J. y otros, 1986). La tercera epidemia comenzó a finales de 1977 como una extensión de la ocurrida en el Caribe por serotipo D1, con una tasa de ataque del 22% que permitió estimar la presentación de 770.000 casos aproximadamente (Groot, H., 1980). Esta epidemia se diseminó en el país durante los años 1977-1979, presentando su punto máximo en noviembre de 1976 (Boshell, J. y otros, 1986). No obstante, solamente aparecieron registrados 15.944 casos en 1978 y 12.134 en 1979 en los registros estadísticos del SIS 12 en el Ministerio de Salud, explicable por las siguientes razones: el dengue se convirtió en enfermedad de notificación obligatoria al Ministerio de Salud, solamente a partir de 1978 la mayoría de los pacientes no consultan a menos que ocurra una complicación por que conocen que la enfermedad tiene curación espontánea, los médicos diagnostican la enfermedad por criterios clínicos y en ocasiones no se comprometen con el diagnóstico y gran número de infecciones ocurren asintomáticas (Boshell, J. y otros 1986).

2.2.2 Período 1980 - 1992

Los brotes epidémicos de dengue clásico continuaron presentándose en aquellas áreas reinfestadas o colonizadas por el *Aedes aegypti* en el país. El serotipo D4 del virus del dengue fué aislado por primera vez en 1982 por el Instituto Nacional de Salud en un paciente de la ciudad de Valledupar, en la Costa Atlántica, donde se encontraban en un brote epidémico de la enfermedad, completándose así la circulación de los cuatro serotipos en el territorio colombiano en un período que tomó 12 años. En 1983 se presentó otro pico de actividad de la enfermedad registrándose 12.919 casos por SIS 12 (Minsalud, 1990), período en el cual circularon simultáneamente los serotipos D1, D2 y D4. El serotipo D3, desapareció desde su circulación en 1975 (Boshell, J. y otros, 1986).

Entre 1984 y 1986 disminuyó la notificación de casos de dengue, la que incrementó a partir de 1987 observándose el mayor registro de casos de dengue en 1992 con 20.100 casos. Entre 1980 y 1992 se registraron por oficialmente en la Dirección de Epidemiología del Ministerio de Salud un total de 159.723 casos de dengue.

Según la frecuencia de casos acumulados en los diferentes meses del año, consolidados por períodos epidemiológicos del I al XIII que abarcan 4 semanas cada uno año (desde enero a diciembre), entre 1980-1992 se observa el siguiente comportamiento: un primer pico con aumento en el número de casos en los meses de febrero a marzo que inicia desde el mes de enero y fue observado principalmente en 1981, 1984, 1989 y 1990; el segundo y mayor pico del número de casos se registra en los meses de mayo, junio y julio, el cual comienza a partir de mayo y se observó en general en todos los años; el tercer incremento se registra en los meses de septiembre y octubre que se prolonga hasta noviembre y fue observado como hecho general en todos los años 1980-1992. Se destaca el año 1989 que presentó el pico con incremento en el número de casos a partir del XII período epidemiológico (noviembre) y el cual se prolongó hasta el II período (febrero) de 1990, tiempo durante el cual apareció el primer brote epidémico de dengue hemorrágico en el país. Gráfico 1.

La proporción de incidencia (casos de dengue/población del país a riesgo de sufrir la enfermedad) entre 1980 y 1992 fluctuó entre 25.1 y 59.8 personas afectadas por cada 100.000 habitantes, observándose que el mayor número de personas enfermas por dengue se presentó en los años 1981, 1983, 1987, 1988, 1990, 1991 y 1992; destacándose el año 1992 con la mayor incidencia de casos de esta enfermedad correspondiente a 59.8 casos por 100.000 habitantes. Gráfico 2.

El mayor número de casos de dengue se ha registrado en el grupo etáreo 15-44 años con un total de 95.777 casos entre 1980-1992, seguido por el grupo de 5-14 años con 30.413 casos y el grupo etáreo de 45-59 años con 15.893 casos. Gráfico 3.

Según la proporción de incidencia por grupos de edad (casos de dengue para cada grupo de edad/población del país en ese grupo etáreo a riesgo de sufrir la enfermedad), se encontró que los más afectados por el dengue son el grupo de 15 a 44 años con incidencias que oscilan entre 33.9 y 78.6 por 100.000 habitantes y el grupo de 45-59 años con incidencia que oscilan entre 29.7 y 68,6 por 100.000 habitantes. A los anteriores los sigue el grupo de menores de 1 año cuyas incidencias oscilan entre 16.4 y 48.5 por 100.000 habitantes; los de 1-4 años, 5-14 años y mayor de 60 años presentaron fluctuaciones menos acentuadas que las anteriores. Tabla 1.

Los departamentos que registraron proporciones de incidencia superiores a 100 por 100.000 habitantes entre 1985 y 1992 fueron: Arauca, Casanare, Vaupés, Caquetá, Meta, Amazonas, Norte de Santander, Santander, Valle, Cundinamarca y Cesar. Estos son considerados de alto riesgo para la transmisión de dengue. Proporciones de incidencia entre 30 y 100 por 100.000 habitantes se encuentran los departamentos de Antioquia, Huila, Tolima, Nariño, Córdoba, Quindío, Cauca y Guaviare los cuales pueden considerarse de mediano riesgo. Los restantes presentan proporciones de incidencia menores a 30 por 100.000 habitantes y se consideran de bajo riesgo (Minsalud, 1985-1992).

2.2.3 DENGUE HEMORRAGICO

Hasta 1989 el cuadro clínico del dengue en el país correspondía a dengue clásico, destacándose que algunos de los casos alcanzaron a presentar manifestaciones hemorrágicas con frecuencia e intensidad variable pero que no reunían los criterios de la OMS para confirmar el diagnóstico de Fiebre Hemorrágica Dengue-Síndrome Shock del dengue (FHD/SSD) (Boshell, J. y otros, 1986). Desde la reaparición de la primera epidemia por dengue en 1971 por el serotipo D2, siempre se tuvo presente el riesgo potencial de la presentación de casos de dengue hemorrágico ante la introducción de un nuevo serotipo del virus, sin embargo, éste tardó 18 años en presentarse.

El primer caso de dengue hemorrágico ocurrió a finales de 1989 en una niña del municipio de Puerto Berrío en el departamento de Antioquia, cuyo diagnóstico fué confirmado por el Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud a comienzos de 1990 (Arbeláez, M.P. y otros, 1990). El brote de dengue hemorrágico se caracterizó por una rápida diseminación en el territorio colombiano. De los 40 casos presentados en 1990, 35 ocurrieron entre los meses enero y abril, el 59% (20) de éstos se presentaron entre el 18 de enero y febrero 19 y los restantes 15 entre el 20 de febrero y el 17 de abril (Carmona, J., 1991). A partir de ese año se han continuado diagnosticando casos de dengue hemorrágico hasta la fecha, observándose un comportamiento ascendente hasta 1992. Gráfico 4.

El primer brote de dengue hemorrágico en el país ocurrido en 1990 fué particularmente estudiado debido a la vigilancia activa que para dengue clásico, dengue con manifestaciones hemorrágicas y dengue hemorrágico instauró el Sistema Nacional de Salud. Una vez diagnosticado el primer caso, los Servicios Seccionales de Salud, recibieron instrucciones para diagnosticar los casos sospechosos de dengue clásico y dengue hemorrágico, notificar los casos, tomar y remitir las muestras de suero correspondientes para la confirmación en el Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud (I.N.S), donde fueron procesadas para la detección de anticuerpos mediante la técnica de Inhibición de la Hemaglutinación (IHA) y por la técnica IgM-ELISA y además, se realizaron aislamientos del virus en cultivos celulares y en mosquitos (SAAD, C., 1990). De los 40 casos de dengue hemorrágico ocurridos en 1990, 21 correspondientes al (53%) se presentaron en hombres y 19 (47%) se presentaron en el sexo femenino. No se encontró diferencia significativa para la presentación de la enfermedad según el sexo. El mayor número de casos (18) se presentó en el grupo de 15-44 años correspondientes al 45% del total, 9 casos correspondientes al 22% se presentaron en el grupo de 5-14 años, 10 casos (25%) en menores de 5 años y 3 casos (8%) en el grupo de 45-59 años, en el grupo de 60 y más años no ocurrieron casos (Camacho, R., 1991). En el brote se produjo una muerte en una menor de 1 año procedente de la localidad de El Difícil (Magdalena), para una letalidad por dengue hemorrágico del 2.5% en el país durante 1990 (SAAD, C. y otros 1989).

35 casos de dengue hemorrágico del brote epidémico de 1990 fueron analizados por el INS y se encontró que el 20% de los casos se registró durante la séptima semana epidemiológica correspondiente al mes de febrero. 26 casos (74%) correspondieron a dengue hemorrágicos leves de los grados I y II y 9 (26%) correspondieron a dengue hemorrágico severo grados III y IV de acuerdo a los criterios de la OMS. Las manifestaciones clínicas más frecuentes en los pacientes fueron: fiebre 35%, hemorragias 34%, mialgias y cefalea 22% cada una y brote 12%. Las manifestaciones hemorrágicas más frecuentes fueron petequias en el 60% de los casos, epístaxis en el 40% de los casos, equimosis y hematuria en el 20% de los casos y hematemesis 17% de los casos. Otras manifestaciones fueron gingivorragias 14%, melenas 11%, rectorragias 6% y metrorragia 3% (De la Hoz, F. y otros, 1989).

En 1991 se confirmaron 100 casos de dengue hemorrágico, 510 en 1992 y 303 casos en 1993 en el Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud; sin embargo, se destacan 923 casos en 1992 y 152 en 1993 que fueron sospechosos de dengue hemorrágico pero cuya información o muestras llegaron incompletas al Instituto Nacional de Salud (INS) impidiendo ser confirmados como tales, lo que permite suponer un mayor número de casos de la enfermedad (Boletín Epidemiológico INS, 1993).

Los departamentos que aportaron el número de casos de dengue hemorrágico entre 1989 - 1993 en orden descendente son: Norte de Santander (190 casos), Santander (166 casos), Tolima (152 casos), Huila (118 casos), Valle (124 casos) y Cundinamarca (72 casos).

(Boletín Epidemiológico INS, 1993). Se observa que la mayor frecuencia de casos ha ocurrido en aquellos departamentos ubicados en la región del valle del Río Magdalena en la Cordillera Oriental. Los casos de dengue hemorrágico de la región de los Llanos Orientales y Amazonía se han presentado en los departamentos de Arauca (4 casos), Casanare (2 casos) y Guaviare (2 casos); en los restantes no se han presentado brotes de dengue hemorrágico (Boletín Epidemiológico INS, 1993). Mapa 1.

2.2.4 SEROTIPOS DEL VIRUS DEL DENGUE CIRCULANTE EN EL PAIS

Desde la reaparición de los brotes de dengue en el país en 1971 la introducción y circulación de los serotipos del virus en el territorio colombiano se señalan en el gráfico 5. Hasta 1989 la totalidad de casos producidos por estos serotipos fueron de dengue clásico, algunos de los cuales se presentaron con manifestaciones hemorrágicas. Durante los brotes de dengue hemorrágico, se aislaron serotipos D1 y D4 en 1990, en 1991 no se realizaron aislamientos en INS, en 1992 se aisló serotipo D2 y en 1993 se aislaron serotipos D1, D2, D4. El serotipo D3 solamente circuló en 1975 en el país (Boshell, J. y otros, 1986; Arboleda, M., 1989; Minsalud, 1992).

2.2.5 SITUACION DE INFESTACION POR *Aedes aegypti* EN EL PAIS

Colombia inició sus esfuerzos para erradicar el *Aedes aegypti* en agosto de 1950 por convocación de la OMS para todos los países americanos, año en el cual el 28% del país se encontraba infestado

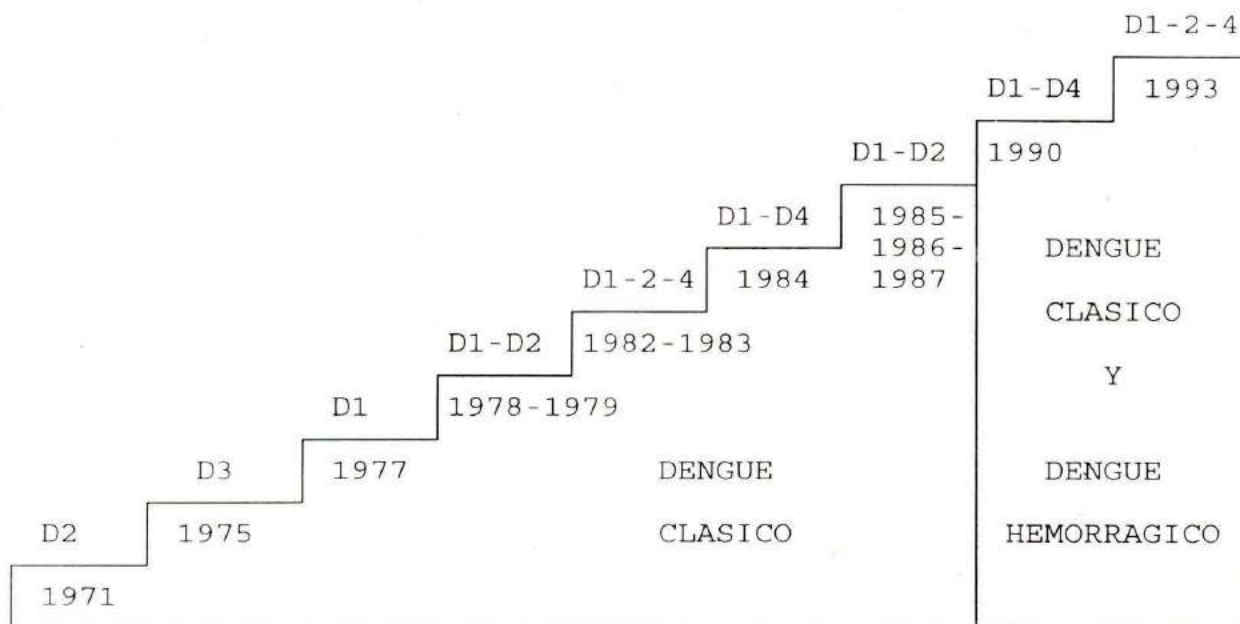
entre las Costas y la Cordillera Oriental, puesto que el oriente del territorio colombiano nunca fué infestado por este vector. Entre 1952 y 1960 el *Aedes aegypti* fué controlado en el territorio colombiano a excepción de un foco en la ciudad de Cúcuta donde el mosquito presentó resistencia al DDT. A partir de 1960 Colombia fué declarado por la OPS libre de *Aedes aegypti*. No obstante, en 1966 fué detectado nuevamente en Santa Marta, en 1968 en Barranquilla y en 1969 en Riohacha, en 1971 Montería y Sahagún (Córdoba), en 1972 en Valdivia (Antioquia), en 1975 había invadido las áreas del valle medio y alto del Río Magdalena, en 1978 en Meta, Caquetá y en el valle alto del Río Cauca, en 1979 en el piedemonte de los Llanos Orientales, Golfo de Urabá, valle del Río Atrato en el Chocó y Arauca y en 1981 en Vaupés. Se considera que en 1978 ya el *Aedes aegypti* había alcanzado distribuirse en la totalidad de localidades donde existía en 1952 y se había establecido en nuevas áreas. (Groot, H., 1980). En la actualidad, el *Aedes aegypti* ha infestado además las áreas urbanas de los departamentos de Casanare, Guaviare, Putumayo y Vichada dado que allí se reportan anualmente casos de dengue.

La distribución de esta especie abarca desde los 0 metros sobre el nivel del mar hasta los 2.200 metros, registro de mayor altitud en la ciudad de Málaga en Santander (Suárez y

Nelson, 1981). Aunque continúa siendo una especie de hábitos domésticos y peridomésticos de las áreas urbanas del país, ya se han presentado registros de alta infestación tanto de larvas como de adultos en viviendas aisladas de un área rural en el municipio de La Mesa en Cundinamarca (Morales, A., 1981); siendo además encontrado con frecuencia en veredas y caseríos periurbanos de las cabeceras municipales en los diferentes departamentos del país.

Gráfico 5

SEROTIPOS DEL VIRUS DEL DENGUE CIRCULANTES EN EL PAIS
AISLADOS POR EL LABORATORIO. COLOMBIA 1971-1993



FUENTE: Laboratorio Virología INS y Laboratorio Departamental Antioquia.

3. DISCUSION Y ANALISIS

El dengue es una enfermedad que cada vez afecta un mayor número de personas en Colombia. Se considera que la población ubicada en las áreas urbanas situadas por debajo de los 1.800 metros sobre el nivel del mar está en riesgo de contraer la enfermedad, lo que corresponde aproximadamente a 3.600.000 viviendas en las cuales residen cerca de 18 millones de habitantes. (Camacho, R., 1981).

Sin embargo, los casos notificados por SIS 12 al Ministerio de Salud no reflejan la realidad de la magnitud de la transmisión de esta enfermedad en el país; el hecho de solo registrar un poco más de 159.000 casos en 12 años, corresponde a menos de lo que se estima que ocurre en el país en un año. Este hecho es explicable por las infecciones asintomáticas y por la falta de asistencia a consulta médica, puesto que la mayoría de las personas asocian la sintomatología con otras virosis de curación rápida; pero no puede desconocerse que otros factores agravan el subregistro de la información como son: la negligencia médica para comprometerse con el diagnóstico puesto que gran parte del número de infecciones virales entran a formar parte de las enfermedades notificadas como "virosis" ó "enfermedades de etiología no esclarecida", el poco conocimiento sobre la presunción clínica y el diagnóstico del dengue hemorrágico y la carencia de pruebas diagnósticas oportunas para confirmar los casos en los diferentes laboratorios de la totalidad de las Direcciones Seccionales de Salud, puesto que 4 laboratorios que desarrollan actualmente ésta prueba en el país a pesar de su gran calidad, resultan insuficientes e ineficientes para garantizar la oportunidad requerida en el diagnóstico de todas las zonas afectadas por la enfermedad.

Por lo tanto no se tienen las cifras reales sobre las proporciones de incidencia que presenta el dengue, aunque los datos disponibles si permiten aproximarse a la distribución que la enfermedad ha alcanzado en el territorio colombiano.

Aquellas proporciones de incidencia de más de 100 personas afectadas por dengue por cada 100.000 habitantes presentadas por algunos departamentos, al parecer no han representado ninguna importancia para las instituciones de salud responsables de la vigilancia de ésta enfermedad, puesto que no se conocen estudios que amplien la información con cifras más reales.

La anterior situación permite evidenciar además que se carece de datos sobre los costos económicos y sociales que representan para Colombia tener personas enfermas por dengue en todas las áreas ubicadas a menos de 1.800 metros sobre el nivel del mar. Datos sobre días escolares y laborables perdidos, erogaciones del presupuesto familiar para la compra de medicamentos, años potenciales de vida perdidos en las muertes por dengue hemorrágico, costos sobre los planes de emergencia, entre otros, no han sido calculados y ésto no solo conlleva a no conocer el costo actual del dengue en el país, sino que además

conlleva a no conocer el costo que representaría enfrentar una epidemia por dengue hemorrágico con la magnitud de la ocurrida en Cuba en 1981; la cual si llegara a ocurrir en este momento presentaría muertes incontables porque además se carece de la estructuración adecuada para su intervención tanto a nivel del ambiente como a nivel de salud.

Dado que los grupos etéreos mayormente afectadas por la enfermedad se encuentran en la población económicamente activa y en los escolares, se presume que los costos por incapacidad y ausencia escolar son realmente preocupantes para el desarrollo económico nacional.

La aparición del dengue hemorrágico ha agravado el panorama de la enfermedad en Colombia, puesto que a medida que aumentan los casos de dengue clásico han aumentado también los casos de dengue hemorrágico. La experiencia de Cuba, Venezuela y de otros países del mundo que presentaron o presentan epidemias o endemias por dengue hemorrágico, no han sido suficientes para que los Servicios de Salud tomen conciencia sobre la importancia que en la salud pública de la población colombiana tiene la transmisión permanente y continua del virus del dengue.

Las hipótesis existentes sobre los factores desencadenantes del dengue hemorrágico proporcionan un gran valor a la teoría secuencial en la cual las infecciones previas por un serotipo, inducen a favorecer complicaciones que pueden terminar en la presentación de un cuadro de dengue hemorrágico ante la presencia de una nueva infección por otro serotipo; también se ha hecho

referencia a la capacidad inmunológica del virus circulante para inducir casos de dengue hemorrágico. Los brotes de dengue hemorrágico ocurridos en Venezuela y en países del Sudeste Asiático se han presentado con la circulación simultánea de los serotipos 1,2 y 4 y éste también fue el caso de Colombia, Cuba fue la excepción puesto que la epidemia ocurrió con la circulación única del serotipo D2. A pesar de que no ha sido posible aislar la mayor parte de los virus de los pacientes con dengue hemorrágico en el país dadas las limitaciones sobre el diagnóstico anteriormente mencionadas, se puede considerar que desde 1989 hasta 1993 los casos de dengue clásico y dengue hemorrágico han ocurrido con circulación concomitante de los serotipos D1, D2 y D4 que ya venía ocurriendo desde 1982. Quizás por ésta razón en años anteriores a 1989 se habían registrado casos y brotes con manifestaciones hemorrágicas de los cuales ninguno fué considerado dengue hemorrágico de acuerdo a los criterios de la OMS. Queda la pregunta sobre si se había realizado la vigilancia estricta para descartar posibles casos de dengue hemorrágico ocurridos antes de el primer caso presentado en diciembre 4 de 1989 en Puerto Berrío - Antioquia?

El hecho de que gran número de casos sospechosos de dengue hemorrágico se queden sin confirmación por el laboratorio indica que tampoco son reales las cifras presentadas por

esta enfermedad y por lo tanto el subregistro de la enfermedad no permite conocer, aunque sí suponer, la gran magnitud que debe tener en el país.

La epidemia de dengue hemorrágico siguió el comportamiento clásico de la enfermedad, dado que apareció sobrepuesta a una epidemia de dengue clásico que inició a partir del décimo período epidemiológico (octubre) de 1989 y se prolongó hasta el quinto período epidemiológico (mayo) de 1990. Se destaca la discriminación tan rápida de la epidemia de dengue hemorrágico en 1990, que en tan sólo 1 mes se notificaron casos de la enfermedad en la Costa Atlántica, región Andina y Llanos Orientales lo que permite evidenciar condiciones muy deficientes en la infraestructura sanitaria del país. Actualmente la enfermedad se ha registrado en 22 departamentos correspondientes al 73% de éstos, lo que indica igual distribución del *Aedes aegypti*, único vector detectado hasta ahora en Colombia.

Dado que la presencia de dengue hemorrágico en Colombia siguió en pocos meses a la ocurrida en Venezuela en 1989, ésto le debió haber permitido al país prepararse un poco por lo menos para no tomarlo de sorpresa; sin embargo, ésta se presentó inusualmente puesto que los servicios de salud, la vigilancia epidemiológica y el saneamiento ambiental se encontraban inactivos ante el riesgo y una vez más tocó "aprender de los pacientes" en lugar de prevenir que "no se presentaran pacientes".

Aún hoy, después de 4 años de haber comenzado la epidemia de dengue hemorrágico, los casos continúan registrándose y las alternativas de control y vigilancia para la enfermedad no son operativas y dudosamente podría hablarse de una programación adecuada y concordante al diagnóstico real del comportamiento del dengue en el país. Igualmente se carece de estudios de costos que permitan calcular costos hospitalarios del dengue hemorrágico, costo de las medidas de intervención, costos de días laborables y escolares perdidos, entre otros.

Qué se ha hecho entonces ?

Esta situación cobra importancia puesto que actualmente no se tiene en el país un programa de vigilancia y control permanente para *Aedes aegypti* en las áreas infestadas o con riesgo de infestación, dado que se considera que es imposible lograr nuevamente la eliminación de esta especie una vez alcanzada la amplia distribución que presenta actualmente. Más aún, si se pensara solamente en la alternativa del control logrando mantener poblaciones del vector tan reducidas que fueran insuficientes para mantener la cadena de transmisión de la enfermedad en las áreas endémicas, tampoco serían abordables los recursos humanos, físicos y financieros que serían requeridos para iniciar un programa nacional con el fin de llevarlo a cabo. Por lo menos debería existir un esfuerzo valioso para vigilar las áreas no infestadas con el propósito de realizar acciones que permitan controlar inmediatamente la infestación una vez detectada e impedir la mayor dispersión del *Aedes aegypti*, controlando

así la aparición de nuevos brotes epidémicos y la instauración de brotes endémicos de la enfermedad en nuevas regiones.

Los brotes de dengue hemorrágico han sido controlados con la aplicación masiva de insecticidas de acción espacial como el malathion y el fenitrothion, que únicamente permiten eliminar los adultos de *Aedes aegypti* infectados con el virus. En algunas poblaciones, se empleó el insecticida organofosforado de acción residual temefos, para controlar las formas larvianas en depósitos, en agua, medida que permite reducir las densidades poblacionales del vector durante un período máximo de 3 meses y ahora ampliamente cuestionado, dado que contradice los mensajes educativos dirigidos a las comunidades sobre la importancia de lavar, limpiar y recambiar semanalmente el agua de los recipientes domésticos usados para el almacenamiento del agua. El empleo de tales medidas corresponde al rezago de un modelo eminentemente de control químico que ya no da respuestas al país y a la carencia total de las inspecciones correspondientes que realizaba el SEM (actualmente Dirección de Campañas Directas) para mantener actualizada la información sobre la infestación del *Aedes aegypti* en las localidades urbanas. Las últimas actividades de vigilancia periódica realizadas por esta institución se registraron en 1981; ésto indica que llevamos 13 años de letargo ante la situación, con unas muy pocas excepciones en algunos departamentos.

Resulta poco lógico que el mapa de la distribución del *Aedes aegypti* aun no haya sido actualizado en el país por actividades de vigilancia del vector y sean los casos de dengue los que obliguen a completarlo, puesto que según la notificación de dengue al Ministerio de Salud se concluye que han ocurrido nuevas infestaciones sobre todo en los Llanos Orientales y la Amazonía en poblaciones de los departamentos de Amazonas, Vichada y Guaviare. Más aún, si se tiene en cuenta que la información sobre la distribución de la especie es tan sólo una de las herramientas entomológicas necesarias para proceder a definir y orientar las medidas de intervención para el vector del dengue, puede entonces adicionarse la carencia del conocimiento sobre el comportamiento del insecto en las diferentes regiones, la magnitud de las infestaciones de acuerdo a índices entomológicos, la capacidad vectorial de los adultos, la frecuencia e importancia de la transmisión transovárica, la resistencia y susceptibilidad del insecto a los insecticidas, las densidades poblacionales por localidades y regiones, factores climáticos y bioecológicos que influyen en su comportamiento, infestación de áreas rurales, entre otros.

La imagen y la figura del SEM fué y ha sido el fantasma de las diferentes instancias del Ministerio e instituciones de salud y de las administraciones del orden nacional, departamental y local para permanecer inactivos frente a la complejidad de las intervenciones requeridas para hacerle frente al problema de las enfermedades transmitidas por vectores, entre ellas el dengue.

Debido a que son múltiples los factores que favorecen la transmisión de la enfermedad en una localidad se acepta que los esfuerzos para el control deben orientarse en forma integral, destacándose que éstas deben involucrar no solo recursos del orden nacional sino fundamentalmente del nivel municipal, de tal forma que se dirijan a:

- Garantizar infraestructuras sanitarias de acueducto y alcantarillado adecuadas para el suministro permanente y continuo de agua y de altas coberturas de recolección de basuras en la totalidad de las cabeceras municipales, corregimientos y caseríos.
- Aplicar con rigor la legislación existente para el control del *Aedes aegypti* en establecimientos como: cementerios, parques, jardines, montallantas, talleres, edificaciones, basureros, chatarrerías, cementerios de autos, entre otros.
- Orientar programas educativos para lograr el cambio de actitudes en aspectos culturales de los habitantes tales como el almacenamiento adecuado del agua, la disposición de depósitos inservibles y la limpieza de otros depósitos útiles.
- Diseñar y mantener el Plan de Emergencia para atender epidemias potenciales de dengue clásico y/o dengue hemorrágico.
- Aplicar con rigidez las normas de vigilancia epidemiológica sobre la enfermedad y el vector.
- Definir los diferentes métodos de intervención para el control del vector en las localidades infestadas con disponibilidad adecuada de los recursos físicos, humanos y financieros.

Podría decirse que ya no es posible ante el panorama de la descentralización de la Dirección de Campañas Directas, permanecer inmóviles ante la situación y corresponderá a cada una de las Direcciones Seccionales de Salud y de los municipios determinar el "qué hacer" y el "cómo hacerlo" para virar la situación que se ha presentado del dengue a una panorámica favorable y comprometida.

Debe mencionarse igualmente, el riesgo potencial existente sobre la reurbanización de la fiebre amarilla. Desde 1929 el país no ha presentado más casos de fiebre amarilla urbana; sin embargo, ésta enfermedad continúa produciendo enfermos y muertes en las zonas selváticas y rurales de Colombia. La proximidad cada vez mayor de gran número de áreas urbanas del país con las áreas rurales y selváticas y las altas infestaciones del *Aedes aegypti* en la mayor parte de las poblaciones ubicadas a menos de 1.000 metros sobre el nivel del mar que a su vez se encuentran superpuestas a las áreas endémicas para fiebre amarilla selvática, convierten en un riesgo potencial la transmisión nuevamente del virus de la fiebre amarilla en las áreas urbanas; más aún, cuando las vías de transporte del país favorecen

la migración rápida entre estas áreas. Este se constituye en otro motivo para realizar con urgencia los programas de control del *Aedes aegypti* en el país.

Amenaza semejante la constituye el *Aedes albopictus*, mosquito originario del continente asiático, transmisor de los virus del dengue y de la fiebre amarilla con capacidad de adaptarse tanto al medio urbano como selvático que le permitiría ser el enlace entre los ciclos de transmisión de la fiebre amarilla selvática y urbana en las áreas endémicas, y a su vez, servir de puente para la transmisión del dengue en las áreas rurales. El *Aedes albopictus* se encontró por primera vez en el continente americano en 1984 en E.E.U.U. cuando había alcanzado una dispersión en 12 estados y en 1986 en Brasil donde ya había infestado 4 estados. La infestación en E.E.U.U se realizó a través de llantas importadas del Japón y en Brasil a partir de troncos de bambú procedentes de Asia. Posteriormente ha sido encontrado en México (1989) y República Dominicana (1994). Colombia a través de los aeropuertos y puertos internacionales donde se llevan a cabo grandes actividades de intercambio comercial, se encuentra en riesgo de ser infestado por esta especie dado que fácilmente podrían transportarse huevos o adultos en aviones, barcos o embarcaciones pequeñas que desplazan carga, mercancía y pasajeros procedentes de otros países que están o podrían estar infestados. Aunque existen planes de vigilancia en el país para detectar su ingreso, las condiciones actuales y la infraestructura sanitaria existente, igualmente permitiría favorecer la dispersión de esta especie que se reproduciría en los mismos criaderos del *Aedes aegypti*.

4. CONCLUSIONES

4.1 Es urgente replantear los sistemas de vigilancia epidemiológica clínica y entomológica para el dengue clásico y hemorrágico en la totalidad del territorio colombiano, de tal forma que permita definir y orientar las medidas de intervención requeridas para el control de la enfermedad en las localidades con transmisión.

4.2 Se requiere desarrollar planes de emergencia operativos y capacitar el recurso humano necesario para el manejo clínico y hospitalario adecuado del dengue hemorrágico en las zonas endémicas para la enfermedad.

4.3 Se requiere descentralizar las técnicas de diagnóstico de laboratorio para la enfermedad en cada una de las Direcciones Seccionales de Salud del país, con el propósito de contar con este recurso en forma oportuna y eficiente.

4.4 Se requiere desarrollar en cada una de las Direcciones Seccionales de Salud del país, grupos de entomología médica que garanticen mantener actualizada la situación de la infestación por el vector en el área de influencia y realizar estudios sobre la dinámica y el comportamiento del *Aedes aegypti* en las áreas endémicas para la enfermedad.

4.5 Es urgente definir programas permanentes y continuos de vigilancia y control del dengue clásico y hemorrágico en las Direcciones Seccionales de Salud del país, que cuenten con el recurso humano, físico y financiero necesario.

4.6 Se requiere la realización de estudios de costos para establecer el monto de las pérdidas económicas y sociales que representa la enfermedad para el país, calculados sobre cifras reales de la transmisión de ésta en las regiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

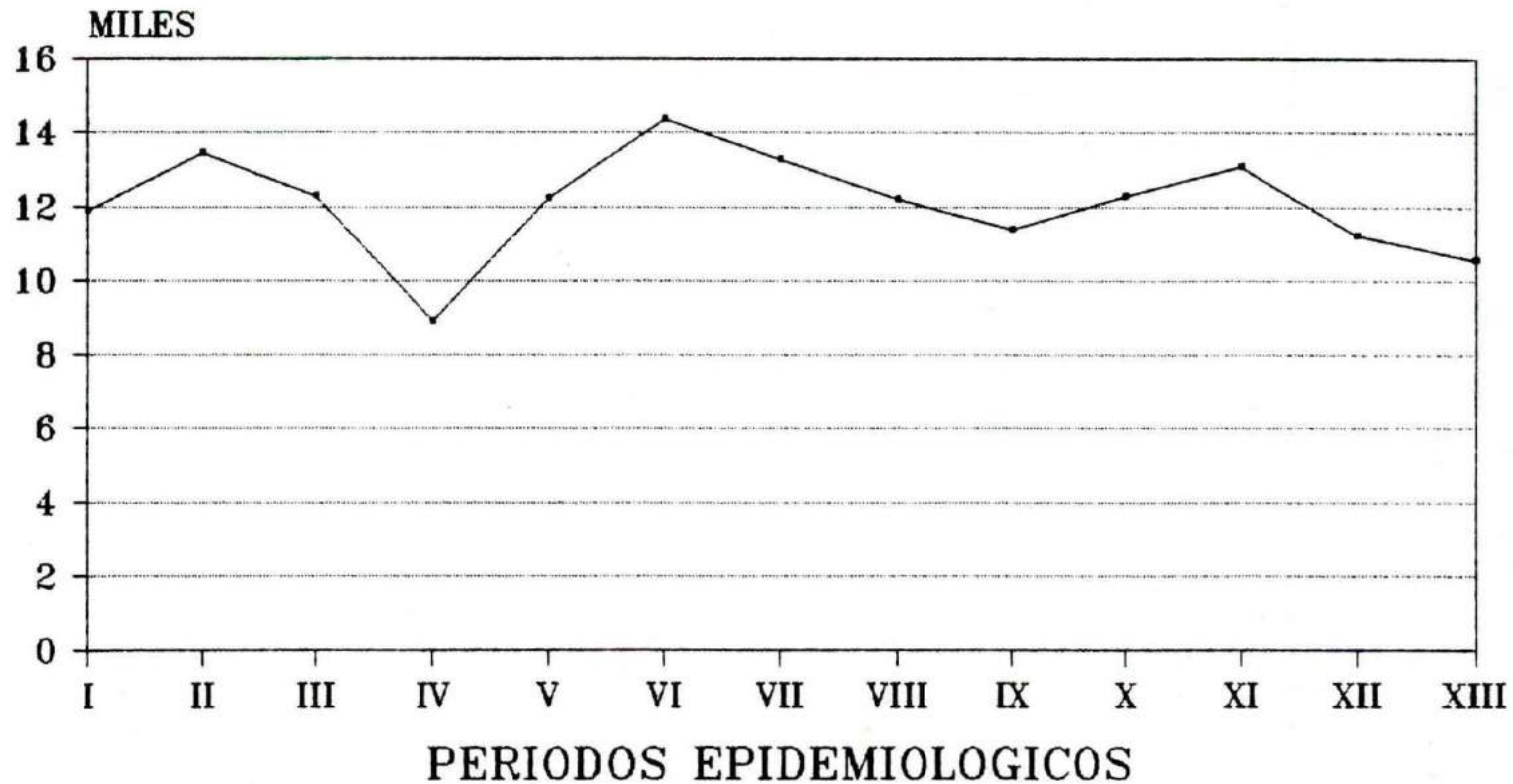
- Arbeláez, M.P., Escobar, J.P. y López, Y.L. 1990. Fiebre Hemorrágica del Dengue. Antioquia 1990. Boletín Epidemiológico de Antioquia. Año XV(1):111-121
- Arboleda, M. 1989. Epidemiología del dengue. Memorias Seminario Taller Nacional. Dengue: Manejo clínico, epidemiológico y del vector. Servicio Seccional de Salud de Antioquia. Medellín. p.p 27-46.
- Boshell, J., Groot, H., Gacharná, M., Márquez, G., González, M., Gaitán, M., Berlie, C. y Martínez, M. 1986. Dengue en Colombia. Biomédica. Vol. 6 (3 y 4): 101-106.
- Camacho, R. 1991. Situación actual del dengue en Colombia. III Reunión de Investigadores de malaria y otras enfermedades tropicales. Ministerio de Salud Colombia- O.P.S. Rionegro, Marzo 21-25. p.p 81-95.
- Cantelar de F.N. 1983. Fiebre hemorrágica dengue (FHD). Sudeste Asiático y Pacífico Occidental (I parte). Revista Cubana de Medicina Tropical. 35: 130-135.
- Cantelar de F.N. 1983. Dengue en el Caribe y las Américas (II parte). Revista Cubana de Medicina Tropical. 35:136- 153.
- Carmona, J. 1991. Fiebre hemorrágica dengue en Colombia, 1989- 1990. Temas microbiológicos. Universidad de Antioquia. Vol. 12(1): 1-19.
- De la Hoz, F., Martínez, M., Saad, C., Parra, J., Rivas, F., Boshell, J., Hernández, L. y Márquez, G. 1989. Dengue hemorrágico en Colombia. Aspectos clínicos. Enero-Junio 1990. Biomédica. Vol. 9(3 y 4):93-98.
- Groot, H. 1980. The reinvasion of Colombia by Aedes aegypti. Aspects to remember. Am. J. Trop. Med. Hyg. Vol 29(3): 330- 338.
- INS. 1993. Casos de fiebre amarilla y dengue hemorrágico (DH) confirmados por el INS y casos sospechosos de DH, no confirmados o descartados por falta de información, por departamento. Colombia 1991 - 1992. Boletín epidemiológico del Instituto Nacional de Salud. Enero-Junio 1993. Pág. 7

- INS. 1993. Casos de fiebre amarilla y dengue hemorrágico (DH) confirmados por el INS y casos sospechosos de DH. no confirmados o descartados por falta de información, por departamento Colombia 1991 - 1992 Boletín epidemiológico del Instituto Nacional de Salud. Octubre-Diciembre 1992. Pág 5.
- INS. 1992. Informes epidemiológicos sobre dengue. Primer bimestre y acumulados mayo, julio de 1992. Grupo de Vigilancia Epidemiológica. Instituto Nacional de Salud. Santafé de Bogotá.
- INS. 1993. Informe sobre dengue hemorrágico en 1993. Vigilancia Epidemiológica. Instituto Nacional de Salud. Santafé de Bogotá. p.p. 1-5 comunicación escrita.
- Laboratorio Departamental de Salud Pública de Antioquia. Notificación de los casos de dengue según diagnóstico de laboratorio. I-XIII períodos epidemiológicos 1989-1993. Sección virología y Oficina de Epidemiología Laboratorio Departamental de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia.
- Martínez, E. 1990. Dengue hemorrágico en Niños. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Santafé de Bogotá. 140 p.
- Ministerio de Salud. 1990. Análisis de dengue. Colombia 1980 - 1989. Grupo de Vigilancia Epidemiológica, Ministerio de Salud. Santafé de Bogotá. 25 p.
- Ministerio de Salud. Informes estadísticos sobre casos de dengue por grupos de edad. Colombia 1990 - 1992. Dirección de Campañas Directas. Comunicación escrita.
- Ministerio de Salud. Informes estadístico del SIS 12 sobre casos de dengue según grupos etáreos y períodos epidemiológicos. Colombia 1990 - 1992. Oficina de Informática. Comunicación telefónica.
- Morales, A. 1981 Aedes aegypti en zona rural del municipio de La Mesa (Cundinamarca), Colombia, S.A. Biomédica. Vol 1(4):223.
- OMS. 1980. Vigilancia del dengue y la fiebre hemorrágica dengue en 3 regiones. Crónica de la OMS. Junio.
- O.P.S. 1989. El dengue en las Américas 1980 - 1987. Boletín Epidemiológico OPS. Vol 10(1):1-8.
- Ocegüera, R. 1988. Estudio actual de la erradicación del Aedes aegypti. O.P.S. Panamá. Estaedes 30/V/88. 15 p.

- Saad, C. 1990. Vigilancia Intensificada sobre el dengue y primeros casos de dengue hemorrágico confirmados en Colombia. Primer semestre de 1990. Biomédica Revista del Instituto Nacional de Salud. Suplemento Octubre. p 60.
- Saad, C., Martínez, M., De la Hoz, F., Parra, J., Rivas, F., Boshell, J., Calderón, L. de y Márquez, G. 1989. Vigilancia Intensificada sobre el dengue y los primeros casos de dengue hemorrágico confirmados en Colombia durante el primer semestre de 1990. Biomédica Revista del Instituto Nacional de Salud. Vol 6(3 y 4): 99-104.
- Suárez, M.F. y Nelson, M.J. 1981. Registro de altitud del *Aedes aegypti* en Colombia. Biomédica. Vol 1(4):225.

GRAFICO 1

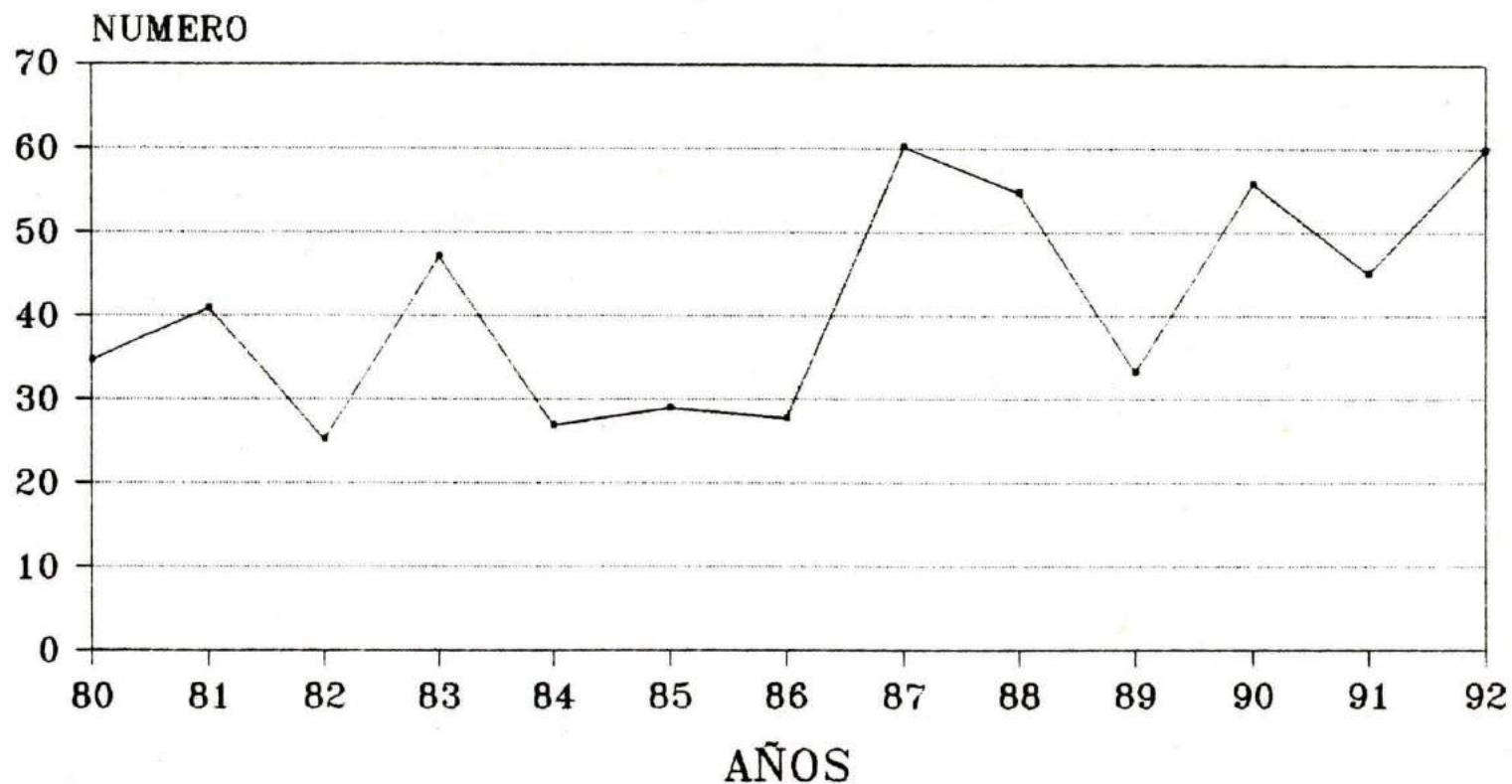
ACUMULADO CASOS DENGUE POR PERIODOS EPIDEMIOLOGICOS. COLOMBIA 1980-1992



—●— NUMERO CASOS

GRAFICO 2

PROPORCION DE INCIDENCIA DE DENGUE COLOMBIA 1980 - 1992

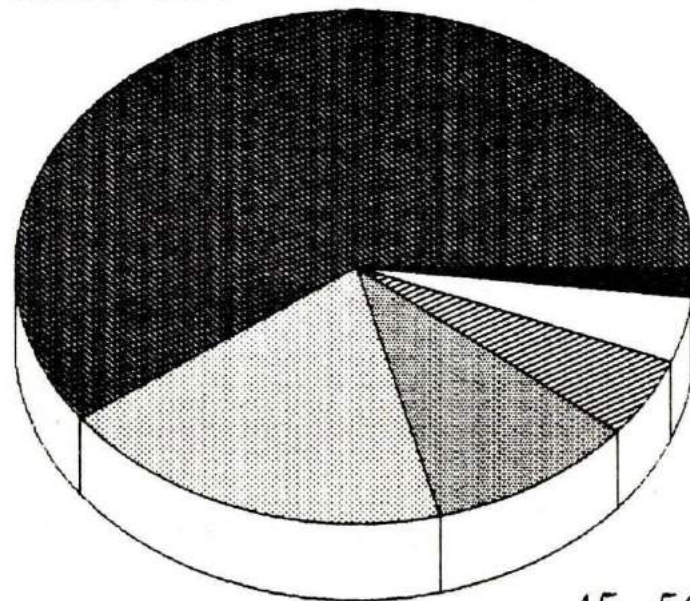


—●— PROPORC. INCIDENCIA

GRAFICO 3

ACUMULADO DE LOS CASOS DE DENGUE POR GRUPOS ETAREOS. COLOMBIA 1980-1992

15-44 AÑOS 60%



MENOR 1 AÑO 2%
60 Y MAS 4%

1-4 AÑOS 5%

5-14 AÑOS 19%

45-59 AÑOS 10%

TABLA 1

PROPORCION DE INCIDENCIA DE DENGUE POR GRUPOS ETAREOS POR 100.000 HABITANTES
COLOMBIA 1980 - 1992

| AÑOS | GRUPOS DE EDAD | | | | | | | | | | | | TOTAL CASOS | PROPORC. |
|-------|----------------|---------|-------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------|----------|
| | < 1 AÑO | PROPOR. | 1 - 4 | PROPOR. | 5 - 14 | PROPOR. | 15 - 44 | PROPOR. | 45 - 59 | PROPOR. | 60 y + | PROPOR. | | |
| 1980 | 269 | 37.01 | 572 | 21.35 | 1566 | 23.11 | 5201 | 39.8 | 1024 | 43.71 | 352 | 28.8 | 8984 | 34.63 |
| 1981 | 225 | 30.12 | 560 | 9.11 | 4519 | 67.33 | 4517 | 34.6 | 727 | 30.21 | 242 | 19.17 | 10790 | 40.81 |
| 1982 | 189 | 24.61 | 453 | 8.21 | 1164 | 1752 | 3913 | 30.03 | 735 | 29.75 | 322 | 24.67 | 6776 | 25.12 |
| 1983 | 242 | 30.78 | 666 | 11.82 | 1997 | 30.34 | 7949 | 60.9 | 1495 | 59.13 | 570 | 42.28 | 12919 | 46.97 |
| 1984 | 255 | 32.07 | 497 | 9.92 | 1334 | 20.38 | 4404 | 33.7 | 748 | 28.89 | 302 | 21.52 | 7540 | 26.84 |
| 1985 | 241 | 30.13 | 633 | 21.39 | 1372 | 20.99 | 4832 | 33.99 | 833 | 31.45 | 361 | 24.71 | 8272 | 28.91 |
| 1986 | 282 | 45.01 | 518 | 18.54 | 1304 | 19.11 | 4708 | 34.14 | 798 | 28.99 | 271 | 15.85 | 7881 | 27.65 |
| 1987 | 276 | 43.11 | 757 | 26.51 | 2729 | 39.12 | 11088 | 78.68 | 1931 | 68.67 | 729 | 46.21 | 17510 | 60.12 |
| 1988 | 318 | 48.56 | 672 | 23.01 | 2411 | 33.79 | 10436 | 72.4 | 1765 | 61.36 | 706 | 39.51 | 16308 | 54.74 |
| 1989 | 110 | 16.42 | 474 | 15.87 | 1647 | 22.56 | 6501 | 44.15 | 1030 | 35.83 | 389 | 20.28 | 10151 | 33.24 |
| 1990 | 156 | 22.25 | 974 | 31.65 | 3830 | 52.47 | 9945 | 65.95 | 1665 | 55.36 | 818 | 42.65 | 17389 | 55.80 |
| 1991 | 164 | 18.70 | 630 | 19.20 | 2935 | 37.55 | 9462 | 57.44 | 1339 | 43.80 | 575 | 27.78 | 15103 | 44.99 |
| 1992 | 210 | 23.89 | 743 | 22.44 | 3606 | 45.80 | 12820 | 76.10 | 1805 | 56.50 | 916 | 48.56 | 20100 | 59.8 |
| TOTAL | 2937 | | 8150 | | 3413 | | 95777 | | 15893 | | 6553 | | 159723 | |

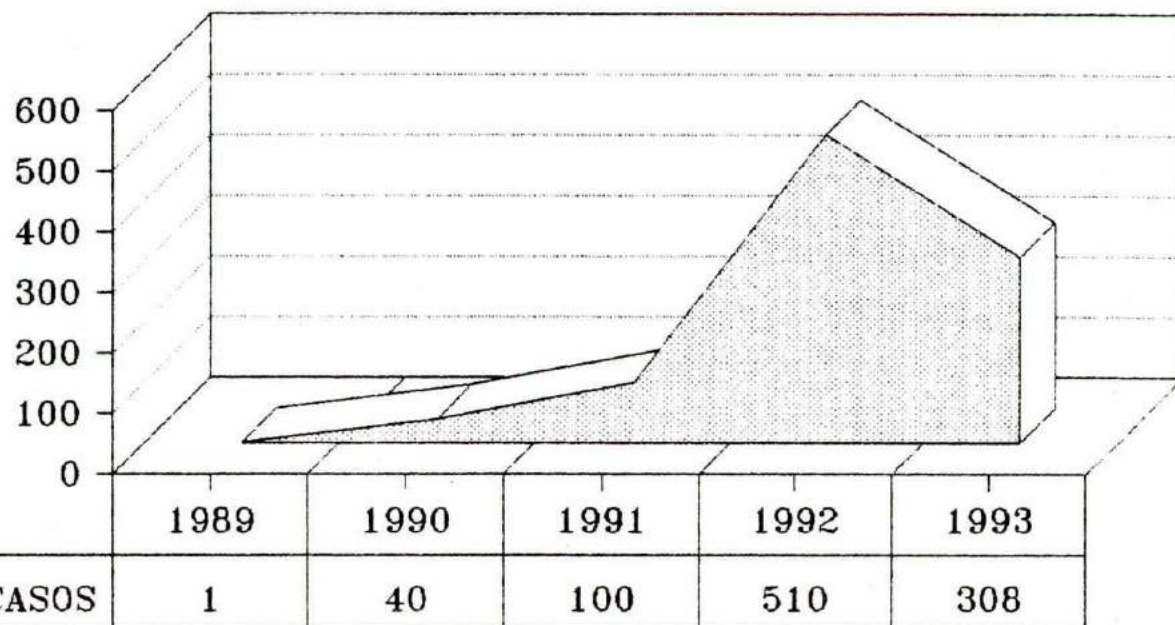
339

FUENTE: SIS 12 EPIDEMIOLOGIA. MINSALUD

CAMPAÑAS DIRECTAS. MINSALUD

GRAFICO 4

FRECUENCIA CASOS DENGUE HEMORRAGICO
CONFIRMADOS POR DIAGNOSTICO DE
LABORATORIO. COLOMBIA 1989-1993



| | | | | | |
|-----------------|---|----|-----|-----|-----|
| NUMERO DE CASOS | 1 | 40 | 100 | 510 | 308 |
|-----------------|---|----|-----|-----|-----|

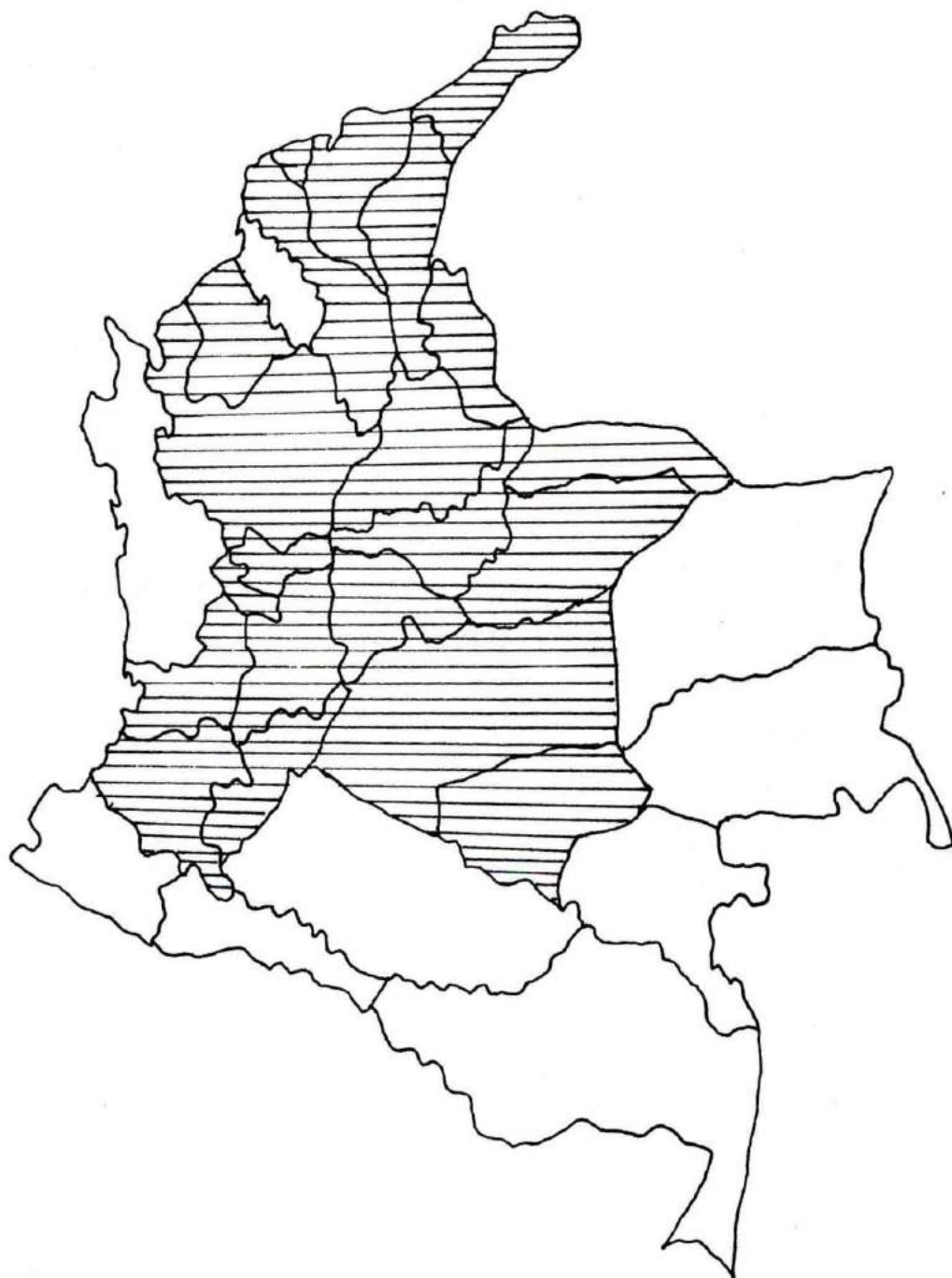
AÑOS

NUMERO DE CASOS

Bol. Epidem. Instituto Nacional Salud
Laboratorio Departamental Antioquia

MAPA 1

DEPARTAMENTOS CON CASOS CONFIRMADOS DE DENGUE HEMORRAGICO
POR DIAGNOSTICO DE LABORATORIO
COLOMBIA 1989-1993



FUENTE: Boletín epidemiológico INS
Laboratorio Departamental Antioquia

LEISHMANIOSIS BIOECOLOGIA Y DISTRIBUCION DE *Lutzomyia* sp. EN COLOMBIA

Marta Isabel Wolff E.¹

Iván Dario Vélez B.²

RESUMEN:

La leishmaniosis constituye un grupo de enfermedades cuyos agentes etiológicos son parásitos protozoarios del género *Leishmania* es una antroponosis que ocasiona lesiones cutáneas, mucosas y viscerales en el hombre, transmitida por pequeños insectos dípteros hematófagos de la familia Psychodidae, subfamilia Phlebotominae, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo entre los 50° latitud Norte y 30° latitud Sur. En América se encuentran los géneros *Lutzomyia*, *Brumptomyia* y *Warileya*; siendo el género *Lutzomyia* el responsable de la transmisión de leishmaniosis, bartonelosis y algunas arbovirosis.

La leishmaniosis se presenta principalmente en zonas rurales, en focos de transmisión, cuyos límites están determinados por la distribución espacial y densidad relativa de las especies vectoras. Factores de tipo ecológico, entre los cuales el clima juega un papel de primer orden, condicionan la presencia o ausencia del elemento focalizador.

En Colombia se conocen hasta el presente 125 especies de flebotomíneos distribuidas en 3 géneros, 14 subgéneros, 8 grupos de especies y 3 especies no agrupadas, pero solo algunas de ellas han sido incriminadas en el país como vectores de *Leishmania*: *Lu. trapidoi* de *L. panamensis*; *Lu. umbratilis* de *L. guyanensis*; *Lu. spinicrassa* de *L. braziliensis*; *Lu. hartmanni* de *L. colombiensis*; *Lu. evansi* y *Lu. longipalpis* de *L. infantum* (= *L. chagasi*).

Colombia es uno de los países donde se presenta el mayor número de especies del parásito y diversidad de focos de transmisión, por su ubicación geográfica y variedad de zonas de vida.

INTRODUCCION

La Leishmaniosis constituye un grupo de enfermedades causadas por parásitos del género *Leishmania*, transmitidas por insectos dípteros de los géneros *Phlebotomus* Rondani & Berté en el viejo mundo y *Lutzomyia* Franca en el nuevo mundo, dependiendo de las

¹ Sección Entomología. Dirección Seccional Salud de Antioquia. Cra. 51A No. 62-42, Medellín.

² Servicio de Leishmaniosis. Facultad Medicina. Universidad de Antioquia. A.A. 1226, Medellín

especies del parásito tienen como reservorios a animales domésticos, silvestres o al hombre y clínicamente produce lesiones cutáneas mucocutáneas y viscerales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala como una de las enfermedades prioritarias para la investigación y la lucha (1).

En América Latina las Leishmaniosis presentan una gran complejidad por el alto número de especies del parásito que afectan al hombre, la gran variedad de especies de flebotomíneos y de reservorios y la gran diversidad de zonas de vida en que se encuentran en forma endémica los parásitos: desde la selva amazónica hasta los desiertos, a partir del nivel del mar hasta los altos valles y cordilleras Andinas y desde la zona rural hasta las áreas urbanas en algunas localidades.

Los agentes etiológicos de la enfermedad son parásitos protozoarios de la familia Trypanosomatidae, género *Leishmania*. Durante su desarrollo el parásito toma diferentes formas de acuerdo a su localización: la forma amastigote (sin flagelo) que se observa intracelularmente en los macrófagos de los hospedadores vertebrados, y la forma promastigote (con flagelo), que se encuentra en el insecto vector y en los medios artificiales de cultivo.

Los vectores de la Leishmaniosis son dípteros nematoceros de la familia Psychodidae por dípteros nematoceros que miden aproximadamente de 2.5 a 4 milímetros de longitud; tienen el cuerpo densamente cubierto de pelo, aspecto que constituye una característica general del grupo. Cuando están en reposo o alimentándose mantienen las alas levantadas. Los machos se reconocen fácilmente por la forma de la genitalia.

En la familia Psychodidae las antenas están formadas por un número variable de segmentos de 12 a 13 en algunos, 16 en otros y hasta 113 como en ciertos Bruchomyidae (2)-. Los artículos antenales son de forma variada siendo algunos ovoides, piriformes o cilíndricos.

Esta familia se divide en 4 subfamilias: Trichomyiinae, Bruchomyiinae, Sucoracinae y Phlebotominae (3); en las dos últimas las hembras son hematófagas. Las especies de la familia Psychodidae presentan proboscis corta y sin mandíbulas, a excepción de la subfamilia Phlebotominae.

Los vectores de la Leishmaniosis pertenecen a la subfamilia Phlebotominae que está compuesta por 6 géneros. En el nuevo mundo se conocen tres géneros: *Lutzomyia* Franca & Parrot; *Brumptomyia* Franca & Parrot y *Warileya* Hertig. En el viejo mundo se conocen los géneros *Sergentomyia* Franca & Parrot; *Phlebotomus* Rondani & Berté y *Chinius* Leng.

Las descripciones sobre los dípteros psychódidos datan del año 1786 cuando Scopoli describió el primer ejemplar con el nombre de *Biblio papatasi* (4); en la actualidad se

conocen mas de 700 especies en todo el mundo repartidas entre los 50° Latitud Norte y los 30° latitud Sur (5).

IMPORTANCIA MEDICA

Los flebotomíneos (*Lutzomyia* y *Phlebotomus*) son insectos muy molestos por su dolorosa picadura, por los efectos alérgicos que en algunas personas causa la saliva y son principalmente nocivos ya que son vectores de arbovirosis, bartolenosis y de la leishmaniosis.

Leishmaniosis: Es una zoonosis asociada a factores climáticos, sociales y económicos. La cual se puede presentar bajo las formas clínicas: cutánea, mucocutánea, cutánea difusa y visceral, dependiendo de la especie de *Leishmania* y del estado inmune de la persona afectada.

La leishmaniosis es transmitida por diferentes especies de flebotomíneos. Tanto en el viejo como en el nuevo mundo se han incriminado como vectoras aproximadamente al 10% de las especies de flebotomíneos (6). La OMS ha definido como criterios más importantes para incriminar a una especie como vectora lo siguiente:

- El insecto debe tener preferencias tróficas por el hospedador reservorio y por el hombre.
- En condiciones naturales el insecto vector debe estar infectado por la misma especie de *Leishmania* que el hombre.
- El insecto vector debe poder transmitir el parásito por picadura.
- La distribución geográfica del vector debe coincidir con el foco endémico de transmisión.
- La densidad del vector debe ser lo suficientemente importante para que se mantenga la transmisión.

CICLO DE VIDA

Los adultos de las *Lutzomyia* tienen un período de vida de 20 a 30 días, en condiciones naturales; los machos y las hembras se alimentan de azúcares naturales obtenidos de las plantas; además las hembras son hematófagas, alimentándose de gran variedad de vertebrados como el hombre, animales silvestres (zorros, perezosos, marsupiales, osos hormigueros, etc) y animales domésticos (perros, cerdos, equinos, aves de corral).

Durante el día los adultos permanecen en lugares abrigados que les proporcionan la humedad y temperatura necesarias. En las horas crepusculares inician su actividad, las

hembras buscan vertebrados para su alimentación con sangre, la cual se utiliza en la maduración de los huevos.

Posteriormente las hembras buscan lugares como huecos de árboles, madrigueras, cavernas, con abundante materia orgánica, humedad aproximada de 70% y temperatura promedio de 25°C, en donde realizan las posturas y que le servirán para el desarrollo de las larvas; después de unos 20 a 60 días, dependiendo de las condiciones ambientales y de la especie, las larvas pasan al estado de pupa durante unos 7 días, y finalmente emergen los adultos.

Estos insectos se conocen popularmente en el país con los nombres de: palomilla, pringador, juan blanco, alú, chitra, jején, entre otros.

MECANISMO DE TRANSMISION - CAPACIDAD VECTORIAL

Las hembras para alimentarse de sangre deben tritura con sus piezas bucales la dermis hasta llegar a los capilares, formando una pequeña laguna hemorrágica de la cual succionan la sangre y el macerado de la dermis. La fuente de infección para los vectores son los macrófagos de la piel (histocitos) infectados con las formas amastigotes de *Leishmania*, los cuales al llegar al intestino del insecto se transforman en promastigotes, se multiplican por fisión binaria y después de algunos días (4 a 7) migran a la cavidad bucal del vector desde donde serán transmitidos al huésped vertebrado al picar nuevamente en busca de su alimentación sanguínea.

La terna Vector-Parásito-Reservorio es el elemento fundamental que debe estar presente en todo foco de epidemia. La presencia de estos elementos, principalmente del que focaliza, depende de la confluencia de factores ecológicos que pueden ser igualmente selectivos para otras especies animales o vegetales más fácilmente reconocibles y que actúan como marcadores ecológicos así: en algunos focos en donde se ha caracterizado el paisaje se han reconocido marcadores que orientan a los investigadores en la localización de la áreas donde hay circulación del parásito, tal es el caso de la *Acacia forest* en el Sudan en el foco de leishmaniosis visceral causada por *Leishmania donovani* y transmitida por *Phlebotomus orientalis*. Los termiteros son el foco de Leishmaniosis visceral del este del Africa donde los vectores de *L. donovani*, que son especies del subgénero *Synphlebotomus* tienen allí su lugar de reposo y reproducción. Dos especies de robles (*Quercus ilex* y *Quercus pubescens*) a altitudes especiales en el foco de los Cevennes, en Francia donde *L. infantum* es transmitida por *P. ariasi*, y plantas Chenopodiaceas en el foco zoonótico de Leishmaniosis cutánea por *Leishmania major* en Arabia Saudita (7).

Generalmente el elemento focalizador es el vector aunque en algunos focos del Viejo Mundo son los reservorios.

La capacidad vectorial de una especie de flebotómneo para una especie de *Leishmania* dada, depende de la habilidad de que el parásito pueda crecer y multiplicarse en el tubo digestivo del insecto, pero también de las preferencias alimenticias que puedan ser limitadas a un contacto regular con el grupo de animales que son hospedadores del parásito. Experimentalmente se puede mostrar un buen crecimiento de la *Leishmania* en un flebótomo y puede darse transmisión experimental; sin embargo en la naturaleza puede presentarse un comportamiento totalmente diferente que no le permite ser vector del parásito.

En los estudios entomológicos de los focos de Leishmaniosis se realiza una serie de observaciones tendientes a determinar la capacidad vectorial y el riesgo epidemiológico de infección de la población con el parásito, las cuales incluyen:

- a. Identificación de especies de flebótomos presentes en el área de estudio y su distribución espacial.
- b. Determinación de la densidad relativa de las diferentes especies de flebotomíneos en las diferentes épocas del año, variaciones nictamerales y relación con el domicilio.
- c. Análisis de las preferencias tróficas de las especies presentes.
- d. Determinación de infección natural por *Leishmania* en la(s) especies presentes y ulterior identificación de las cepas del parásito.
- e. Estudio de la edad fisiológica de las hembras en diferentes épocas del año para la determinación del período de riesgo de transmisión de la leishmaniosis en la zona de estudio.
- f. Búsqueda de un marcador ecológico que señale la zona de distribución de la especie vectora.

FLEBOTOMINEOS DE COLOMBIA

En Colombia las primeras descripciones de la leishmaniosis datan de 1872, pero solo en a partir de 1934 se realizaron las primeras anotaciones sobre las especies de flebotómneos colombianos, por parte del entomólogo brasilero Pablo Antunes durante una encuesta epidemiológica sobre fiebre amarilla en los Llanos Orientales, registrando la presencia de 3 especies de *Lutzomyia* (8). Posteriormente en 1939 Osorno Mesa en el departamento de Nariño identificó otras cinco especies al estudiar una epidemia de bartonelosis en esa región (9). Para 1979 se habían descrito 105 especies (10) y en la actualidad se cuenta con 125 especies distribuidas en 15 subgéneros, 8 grupos de especies y 3 especies no agrupadas.

Aunque el número de especies es bastante alto, solo un número muy bajo se han incriminado en Colombia como vectores de *Leishmania*:

Lutzomyia trapidoi de *Leishmania panamensis*

Lutzomyia umbratilis de *Leishmania guyanensis*

Lutzomyia spinicrassa de *Leishmania braziliensis*

Lutzomyia hartmanni de *Leishmania colombiensis*

Lutzomyia evansi y *Lutzomyia longipalpis* de *Leishmania infantum* (= *L. chagasi*).

La Leishmaniosis cutánea, así como la gran mayoría de las especies de *Lutzomyia* presentan una amplia distribución en el país encontrándose prácticamente en un 80 % del territorio nacional por debajo de los 2000 msnm; en las diferentes zonas de vida que van desde el bosque muy húmedo tropical (bmh-T) hasta el bosque seco tropical (bs-T).

DISTRIBUCION

Los biotopos en los que las especies mantienen su hábitat natural varían en cada región; así por ejemplo en las regiones de alta pluviosidad y temperatura, como, la región de la costa pacífica, se encuentra gran variedad de especies de flebotomíneos ocupando diversidad de ecotopos, las cuales presentan preferencias tróficas diferentes como el caso de las especies *Lu. trapidoi*, *Lu. panamensis*, *Lu. hartmanni* y *Lu. gomezi*; todas ellas altamente antropofílicas, aunque también se encuentran especies como: *Lu. isovespertilionis*, *Lu. spinosa*, *Lu. camposi*, *Lu. reburra*, *Lu. recurva*, *Lu. sanguinaria*, que se han encontrado alimentándose sobre animales, sin presentar preferencias por el hombre. (11)

En la región de la Costa Caribe se presenta un gran foco de Leishmaniosis visceral que se extiende desde el Municipio de San Andrés de Sotavento en Córdoba hasta el Carmen de Bolívar (Bolívar); allí el vector es *Lu. evansi* especie que tiene hábitos de picadura antropofílica y zoofílicas por una gran variedad de especies animales incluyendo al perro y a la zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), reservorios de la enfermedad (12, 13). Dependiendo de la vegetación peridomiliar *Lu. evansi* es endofílica en algunas veredas y en otras se encuentra en el peri y extradomicilio. Como la población de riesgo de infección en los niños menores de 4 años la incidencia de Leishmaniosis visceral es mayor en esta vereda donde el comportamiento es intradomiciliario (14). La aplicación del índice de humedad de Thornthwaite permitió determinar la zona de distribución espacial de esta especie que comprende el clima semi seco sin excedentes hídricos en la época lluviosa (15). También se encuentran especies de hábitos alimenticios zoofílicos como *Lu. cayenensis*, *Lu. trinidadensis*, *Lu. micropyga* y *Lu. rangeliana*.

En la región del valle del río Magdalena, Departamentos de Cundinamarca, Tolima, Huila y Santander se encuentra otro gran foco de Leishmaniosis visceral donde la especie vectora es *Lu. longipalpis* (16). Esta especie se distribuye principalmente por las zonas de bosque

humedo tropical aunque también se ha encontrado en bosque seco tropical en la región de Rioclaro, Antioquia (17). Su comportamiento es principalmente peridomiciliario y frecuentemente se captura en gallineros, aunque también tiene comportamiento endofílico (18).

En la región Andina se encuentra un panorama bastante interesante principalmente en las zonas de bosque humedo premontano (bh-P) dedicadas al cultivo del café, ubicados entre los 800 y 2000 msnm en donde la diversidad de especies de flebotomíneos es bastante alta: 9 y más especies diferentes en un mismo foco; en estas zonas se observa que algunas especies antropófilas tienen comportamiento endofílico como por ejemplo *Lu. gomezi* en cambio otras especies muy antropofílicas solo ocasionalmente y en bajo número se encuentran dentro de las viviendas como: *Lu. youngi*, *Lu. lichyi*, *Lu. hartmanni*, *Lu. trapidoi* y *Lu. panamensis*. Este comportamiento de la especie vectora es de gran importancia en salud pública pues la enfermedad está afectando el núcleo familiar y en algunos focos con mayor tasa de infección en los niños. También se encuentran especies propias de cavernas como *Lu. venezuelensis* y *Lu. moralesi*, con hábitos de picadura zoofílicas (19, 20, 21).

En la Costa pacífica Colombiana, focos endémicos de Leishmaniosis cutánea y mucocutánea producidos por *L. panamensis* y *L. braziliensis* la fauna está asociada al bosque muy húmedo tropical. El mayor riesgo de infección está en el ingreso al bosque (deforestación, caza, pesca y minería) siendo los hombre en edad laboral activa los más afectados con la enfermedad, sin embargo estudios en curso en la reserva indígena Emberá de Valle Arriba, Chocó señalan la presencia al interior de los tambos de especies vectoras *Lu. gomezi*, *Lu. panamensis* (22); caso similar se observó en Tumaco (Nariño) donde *Lu. trapidoi* y *Lu. panamensis* han sido capturadas intradomiciliariamente observándose una alta incidencia de Leishmaniosis cutánea en niños contrastando con lo observado en la consulta pasiva de los hospitales (23).

La región Oriental es rica en especies de flebotomíneos como: *Lu. squamiventris*, *Lu. micropyga*, *Lu. damascenoi*, *Lu. shannoni*, especies que se encuentran principalmente en huecos de árboles y que no han sido incriminadas como vectoras (24).

En los últimos años ha aumentado el interés por el estudio de la fauna flebotomínea en Colombia siendo varios los grupos que en forma permanente realizan observaciones en diferentes ecosistemas. Para facilitar el estudio y como referencia de las especies halladas, se presenta a continuación la lista de especies válidas de flebotomíneos para Colombia. (25).

I. Género LUTZOMYIA Franca, 1924

(1) Grupo ARAGAOI Theodor, 1965

- Lu. aragoi** (Costa Lima, 1932)
Lu. barrettoi (Mangabeira, 1942)
Lu. barrettoi majuscula Young, 1979
Lu. carpenteri (Fairchild & Hertig, 1953)
Lu. runoides (Fairchild & Hertig, 1953)
- (2) Grupo **BAITY** Theodor, 1965
Lu. baityi (Damasceno, Causey & Arouck, 1945)
Lu. gorbitzi (Blancas, 1959/1960)
- (3) Subgenero **COROMYIA** Barretto, 1962
Lu. isovespertilionis (Fairchild & Hertig, 1958)
Lu. vespertilionis (Fairchild & Hertig, 1947)
- (4) Subgenero **DAMFOMYIA** Addis, 1945
Lu. rosabali (Fairchild & Hertig, 1956)
- (5) Grupo **DREISBACHI** Lewis et al , 1977
Lu. aclydifera (Fairchild & Hertig, 1953)
Lu. dreisbachi (Causey & Damasceno, 1945)
- (6) Subgenero **EVANDROMYIA** Mangabeira, 1941
Lu. cerqueirai (Causey & Damasceno, 1945)
Lu. infraspinosa (Mangabeira, 1941)
Lu. monstruosa (Floch & Abonnenc, 1941)
- (7) Subgenero **HELCOCYRTOMYIA** Barretto, 1962
Lu. cirrita Young & Porter, 1974
Lu. erwindonaldoi Ortiz, 1980
Lu. hartmanni (Fairchild & Hertig, 1957)
Lu. osornoi (Ristocelli & Van Ty, 1941)
Lu. sanguinaria (Fairchild & Hertig, 1957)
Lu. scorzai (Ortiz, 1965)
Lu. strictivilla Young, 1979
Lu. tortura Young & Rogers, 1984
- (8) Subgenero **LUTZOMYIA** Franca, 1924
Lu. araracuensis Morales & Minter, 1981
Lu. bifoliata Osorno, Morales, de Osorno & Muñoz, 1970
Lu. evangelistai Martins & Fraiha, 1971
Lu. gomezi (Nitzulescu, 1931)

Lu. lichyi (Floch & Abonnenc, 1950)
Lu. longipalpis (Lutz & Neiva, 1912)
Lu. marinkellei Young, 1979

(9) Grupo **MIGONEI** Theodor, 1965

Lu. dubitans (Sherlock, 1962)

Lu. migonei (Franca, 1920)

Lu. sp de baduel

Lu. walkeri (Newstead, 1914)

(10) Subgenero **MICROPYGOMYIA** Barretto, 1962

Lu. atroclavata (Knab, 1913)

Lu. cayenensis (Floch & Abonnenc, 1941)

Lu. micropyga (Mangabeira, 1942)

Lu. venezuelensis (Floch & Abonnec, 1948)

Lu. yencanensis (Ortiz, 1965)

(12) Subgenero **NYSSOMYIA** Barretto, 1962

Lu. antunesi (Coutinho, 1939)

Lu. flaviscutellata (Mangabeira, 1942)

Lu. hernandezi (Ortiz, 1965)

Lu. olmeca bicolor Fairchild & Theodor, 1971

Lu. richardwardi Ready & Fraiha, 1981

Lu. shawi Fraiha, Ward & Ready, 1981

Lu. trapidoi (Fairchild & Hertig, 1953)

Lu. umbratilis Ward & Fraiha, 1977

Lu. ylephiletor (Fairchild & Hertig, 1953)

Lu. yuilli Young & Porter, 1972

(13) Grupo **OSWALDOI** Theodor, 1965

Lu. rorotaensis (Floch & Abonnenc, 1944)

Lu. trinidadensis (Newstead, 1922)

(14) Grupo **PILOSA** Theodor, 1965

Lu. pilosa (Damasceno & Causey, 1944)

(15) Subgenero **PINTOMYIA** Costa Lima, 1932

Lu. damascenoi (Mangabeira, 1941)

Lu. spinosa (Floch & Abonnec, 1942)

(16) Subgenero **PRESSATIA** Mangabeira, 1924

Lu. camposi (Rodriguez, 1952)

- Lu. choti** (Floch & Abonnec, 1941)
- Lu. dysponeta** (Fairchild & Hertig, 1953)
- Lu. triacantha** (Mangabeira, 1942)

(17) Subgenero **PSATHYROMYIA** Barretto, 1962

- Lu. abonnenci** Floch & Chassignet, 1947
- Lu. cuzquena** Martins, Llanos & Silva, 1975
- Lu. dasymera** (Fairchild & Herig, 1961)
- Lu. dendrophyla** (Mangabeira, 1942)
- Lu. lutziana** (Costa Lima, 1932)
- Lu. punctigeniculata** (Floch & Abonnec, 1944)
- Lu. scaffii** (Damasceno & Arouck, 1956)
- Lu. shannoni** (Dyar, 1929)
- Lu. undulata** (Fairchild & Hertig, 1950)

(18) Subgenero **PSYCHODOPYGUS** Mangabeira, 1941

- Lu. amazonensis** (Root, 1934)
- Lu. ayrozai** (Barretto & Coutinho, 1940)
- Lu. bernalei** (Osorno, Morales & de Osorno, 1967)
- Lu. bispinosa** (Fairchild & Hertig, 1951)
- Lu. carrerai** Barretto, 1946)
- Lu. chagasi** (Costa Lima, 1941)
- Lu. Claustrei** Abonnenc, Leger & Fauran, 1979
- Lu. davisi** (Root, 1934)
- Lu. fairtigi** Martins, 1970
- Lu. geniculata** (Mangabeira, 1941)
- Lu. hirsuta** (Mangabeira, 1942)
- Lu. lloydi** (Antunes, 1937)
- Lu. nocticola** Young, 1973
- Lu. panamensis** (Shannon, 1926)

Lu. paraensis (Costa Lima, 1941)

Lu. recurva Yong, 1973

(19) Grupo **SAULENSIS** Lewis et al., 1977

Lu. saulensis (Floch & Abonnenc, 1944)

(20) Subgénero **SCIOPEMYIA** Barretto, 1962

Lu. preclara Young & Arias, 1984

Lu. sordelli (Shannon & Del Ponte, 1927)

(21) subgénero **TRICHOPHOROMYIA** Barretto, 1962.

Lu. auraensis (Mangabeira, 1942)

Lu. cellulana Young, 1979

Lu. howardi Young, 1979

Lu. reburra (Fairchild & Hertig, 1961)

Lu. saltuosa Young, 1979

Lu. ubiquitous (Mangabeira, 1942)

(22) Subgénero **TRICHOPYGOMYIA** Barretto, 1962
(equivalente al grupo **LONGISPINA** Theodor, 1965)

Lu. conviti Ramírez - Pérez, Martins & Ramírez, 1976

Lu. ferroae Young & Morales, 1987

Lu. longispina (Mangabeira, 1942)

Lu. martinezi Young & Morales, 1987

Lu. triramula (Fairchild & Hertig, 1952)

Lu. waglei (Causey & Damasceno, 1945)

Lu. witoto Young & Morales, 1987

(23) (Grupo **VERRUCARUM** Theodor, 1965
(equivalente al subgénero **PIFANOMYIA**)

Lu. andina Osorno, de Osorno & Morales, 1972

Lu. columbiana (Ristorcelli & Van TY, 1941)

Lu. disiuncta Morales, de Osorno & Osorno, 1974

Lu. evansi (Nuñez-Tovar, 1924)

Lu. longiflocosa Osorno, Morales, de Osorno & Muñoz, 1970

Lu. moralesi Young, 1979

Lu. nevesi (Damasceno & Arouck, 1956)

Lu. nuñez tovari (Ortíz, 1954)

Lu. ovallesi (Ortíz, 1952)

Lu. quasitownsendi Osorno, de Osorno & Morales, 1972

Lu. sauroida Osorno, Morales & de Osorno, 1973

Lu. serrana (Damasceno and Arouck, 1949)

Lu. spinicrassa Morales, Osorno, de Osorno & Muñoz, 1970

***Lu. Youngi** Feliciangeli & Murillo, 1987

(24) Subgénero **VIANNAMYIA** Mangabeira, 1941

Lu. caprina Osorno, Morales & de Osorno, 1972

Lu. furcata (Mangabeira, 1941)

Lu. tuberculata (Mangabeira, 1941)

(25) Especies no agrupadas

Lu. ignacioi Young, 1972

Lu. pia (Fairchild & Hertig, 1961)

Lu. rangeliana (Ortíz, 1952)

(26) Genus **WARILEYA** HERTIG, 1948

W. nigrosacculus (Fairchild & Hertig, 1951)

W. rotundipennis (Fairchild & Hertig, 1951)

(27) Genus **BRUMPTOMYIA** Franca & Parrot, 1921

B. avellari (Costa Lima, 1932)

B. beaupertuyi (Ortíz, 1954)

B. galindoi (Fairchild & Hertig, 1947)

B. hamata (Fairchild & Hertig, 1947)

B. leopoldoi (Rodríguez, 1953)

B. pethacantha (Barreto, 1947)

* Nuevo reporte para Colombia

La amplia distribución espacial de la fauna flebotomínea y el alto número de especies que se encuentra en los diferentes focos están en relación con la ubicación geográfica de Colombia y la gran variedad de zonas de vida que convierten al país en un lugar privilegiado para el estudio de la historia natural de infección y los diferentes elementos que intervienen en la transmisión para cada una de las especies del parásito.

BIBLIOGRAFIA

1. Organización Mundial de la Salud. 1987. Tropical diseases research. A global Partnership. Geneve. 191 p.
2. Foratini, O. 1973. Entomología médica. Vol. 4. editora da Universidade de Sao Paulo. p. 657.
3. Lewis, D.J., Young, D., Fairchild and Minter D.M. 1977. Proposals for a stable classification of the Phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae). System. Ent., 2:319-332.
4. Scopoli, J.A. 1786. Deliciae faunae et floras insubricaee, 1:12
5. Gallego, J. 1987. Aspectos bioecológicos de las leishmaniasis, con esencial referencia a las formas autóctonas. Resúmenes Jornadas Técnicas Expoaviaga 87 sobre pequeños animales: 17-28. Citado por Botet, 1991 los Phlebotomidae (Insecta, Diptera) de Barcelona en tanto que vectores de Leishmania, Ross 1903. Contribución a su conocimiento. Tesis Doctoral.
6. Botet, J. 1991 Los Phlebotomidae (Insecta, Díptera) de Barcelona en tanto que vectores de Leishmania, Ross, 1903. Contribución a su conocimiento. Tesis doctoral.
7. Killick - Kendrick, R. 1989. The ecology and entomology of the leishmaniasis. Ed D.T. Hart (Plenum Publishing Corporation).
8. Antunes, P.C. 1937 Informes sobre una investigación entomológica realizada en Colombia. Rev. Fac. Med. Bogotá 6(2): 3 - 29.
9. Ristocelli, A., Vanty, D. 1972. Phlebotomes d'une region de Colombia ou la verruga du Peru est devenue endemique depuis deux ou tres ans (seconde note). Ann. Paras Hum. Com 18: 251 - 269.
10. Young, D.G., Morales, A. 1987. A new species and records of Phlebotomine sand-flies from Colombia (Diptera: Psychodidae). J. Med. Ent. 24 (6): 465-651.
11. Young, D. 1979. A Review of the bloodsucking Psychodid flies of Colombia (Diptera: Phlebotominae and Sycoracinae). Univ. Fla. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. p. 266.

12. Travi, B., Vélez, I.D., Brutus, L. 1990. *Lutzomyia evansi*, an alternate vector of *Leishmania chagasi* in a Colombian focus of visceral leishmaniasis.
13. Vélez, I.D., Travi, B.L., Palma, G., Agudelo, S. et al 1992. *Lutzomyia evansi*, a confirmed vector of visceral Leishmaniasis in Colombia. XIII The International Congress of Trop. Med. And. Malaria. Pattaya. Thailand. p.136.
14. Gallego, J. 1993. Bionomía de flebotominae presentes en un foco de Leishmaniosis visceral en San Andrés de Sotavento, Córdoba, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. p. 84.
15. Vélez, I.D., Gallego, J., Llano, R., et al. 1994. Ecoepidemiological delimitation of visceral leishmaniosis in the Caribbean Coast of Colombia. J. Med. Entomol. Submitted.
16. Osorno-Mesa, E., Morales, A., De Osorno F. 1972 Phlebotominae de Colombia (Diptera, Psychodidae) IV *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) en Colombia, S. A. Rev. Acad. Col. Ciencias exactas físicas y naturales 14(68):279 - 382.
17. López, Y., Osorio, L., Alvarez, G., et al. 1992. Foco Leishmaniosis en Rio Claro, San Luis. Primer hallazgo de *Lutzomyia longipalpis* (vector de Leishmaniosis visceral) en Antioquia. Bol. Epid. Ant. Año XVII (2 y 3): 59-69.
18. Vélez, I.D., Garcés, E., Correa, E. et al. 1994. Dinamica de transmisión de la Leishmaniosis visceral en los Municipios de San Juan de Rioseco y Pulí, Cundinamarca. Manuscrito en preparación.
19. Vélez, I.D., Wolff, M., Valderrama, R., et al. 1989. Epidemiología de la Leishmaniasis tegumentaria americana. Estudio de la fauna flebotomínea. Montebello, Antioquia, Colombia. Mimeografiado Universidad de Antioquia. p. 138.
20. Vélez, I.D., Ospina, S., Jaramillo, L., et al. 1987. Epidemiología de la Leishmaniosis cutánea en San Roque, Antioquia. Bol. Epid. Ant. 12(4):354 - 359.
21. Vélez, I.D., Garcés, E., Agudelo, S. et al. 1993. Riesgo de infección por Leishmaniosis cutánea en los habitantes de los Municipios de La Mesa y Nocaima, Cundinamarca. Informe de una prospección epidemiológica. Mimeografiado Universidad de Antioquia p. 20.

22. Duque, P., Vélez, I.D., Morales, M. 1994. Proceso salud enfermedad en la comunidad Emberá de Valle Arriba, Chocó. Bionomia de la fauna flebotomínea. Investigación en curso. Servicio de Leishmaniosis, Universidad de Antioquia.
23. Weigle, K., Saravia, N., De Davalos, M. et al. 1986. *Leishmania braziliensis* from the Pacific Coast region of Colombia: Foci of transmission, clinical spectrum and isoenzyme phenotypes. Am. J. Trop. Med. Hyg. 35(4):722 - 731.
24. Morales, Osorno, E., De Osorno F.,. 1969. Phlebotominae de Colombia (Diptera, Psychodidae). II. sobre algunos flebótomos de los Llanos Orientales. Caldasia. 10:377-382.
25. Young, D., Duncan, M.A. 1993. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies Central and South America (Diptera, Psychodidae) (En prensa).

LOS SIMULIDAE (DIPTERA) Y SU IMPORTANCIA SANITARIA EN LATINOAMERICA

Sixto Coscarón¹

RESUMEN

Los simúlidos son insectos reconocidos por las molestias que ocasionan con sus picaduras al hombre y a los animales domésticos, a lo cual se suma su importancia epidemiológica como vectores, especialmente de filarias que parasitan al hombre y al ganado.

La oncocercosis humana, producida por *Onchocerca volvulus*, es un problema preocupante en países del nuevo mundo tales como México, Guatemala, Venezuela, Colombia, Ecuador y Brasil, en donde se han registrado focos. Son varias las especies de simúlidos, clasificadas, algunas con gran rango de distribución, por lo que está latente el peligro de la expansión de esta enfermedad. En bovinos, de acuerdo con los escasos datos disponibles, hay un alto índice de parasitismo por otras especies de *Onchocerca*. En Argentina, en áreas en que está presente esta parasitosis, se ha encontrado a *Simulium cuneatum* infectado con microfilarias, lo que induce a pensar que los simúlidos son los transmisores, tal como se ha comprobado en otras filariosis como la producida por *Mansonella ozzardi* en Colombia y Brasil, entre otros países.

Los simúlidos como plaga, por sus hábitos hematófagos, inciden en el bienestar y la economía humana. Se estima que aproximadamente el 10% de las casi 300 especies conocidas son las responsables de esta acción, y es a ellas hacia quienes deben dirigirse las medidas de control en las áreas afectadas de recreación, de trabajo, de transmisión o en aquellas en donde la producción ganadera se vea impactada económicamente por la presencia de estos insectos. Para efectuar un control racional se debe conocer la composición de la simulidofauna, las especies perjudiciales, su bionomía y distribución, para elegir el método adecuado.

En esta ponencia se presenta un panorama del problema de simúlidos en latinoamérica y los intentos de control realizados, con especial referencia a las medidas y metodologías adoptadas en el cono sur y a los resultados obtenidos. Además, se plantean sugerencias sobre conocimientos bioecológicos y taxonómicos, lo mismo que recomendaciones sobre la elección del método adecuado, la estandarización de la técnica y las dosis a emplearse.

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Municipal de la Plata. s/n 190. La Plata, Argentina.

DESARROLLO

Los simúlidos son insectos conocidos por las molestias que ocasionan con sus picaduras. El lugar más frecuente en que se nota su presencia es próximo a cursos de agua, ya que es allí donde se crían, aunque la gran capacidad de dispersión de sus formas aladas les permite encontrarse hasta más de 150 km. del lugar donde emergieron (Garms y Walsh, 1987). Los ambientes donde se desarrollan sus formas larvales son muy variadas: desde grandes ríos hasta pequeños hilos de agua, con fuerte corriente como pueden ser torrentes y cascadas o con velocidad casi imperceptible, con aguas cristalinas o de gran turbidez y alto contenido de material en suspensión, desde 4800 m de altura hasta el nivel del mar y desde el Ecuador hasta las tierras frías subantárticas.

Sus hábitos hematófagos y las intensas reacciones alérgicas provocadas por la saliva inoculada, hacen que se tenga un mal recuerdo de estos insectos. Esta patología es frecuente en los niños y personas no acostumbradas a su ataque, por lo que han tenido que ser medicamentadas quedando muchas de ellas sensibilizadas a su picadura. Estas molestias no son solamente percibidas por el hombre, sino también por los animales. En el ganado vacuno, por ejemplo, cuando el ataque es muy intenso por brotes periódicos, los daños pueden ser muy altos (Fredeen 1977). Estos brotes generalmente coinciden con el descenso de las crecidas primaverales en áreas templadas o a comienzo de verano en las tropicales, presentándose en diciembre-enero en el Centro y Sur de Argentina o en septiembre-octubre, previo al inicio de la temporada de las lluvias en el Norte de ese país. La disminución de leche puede bajar a más del 50%, con gran pérdida de peso de los animales, como se observa en la zona del Valle Medio del río Negro (Coscarón-Arias, 1994), llevando a casos como ocurre en el Sur de Paraguay, en que los bovinos tratan de refugiarse entre los árboles, muriendo algunos de ellos a consecuencia de este ataque (Williner, com.pers.). En la zona del Norte de Chile se comentan casos de que ante un ataque intenso de jerjeles (nombre dado por los pobladores a los simúlidos) el ganado pretende alejarse y muere en el desierto (Cortés, com. pers.).

A este conocimiento general que tiene la población del perjuicio que causan relacionados con su acción espoliatriz, debe agregársele el producido por los agente patógenos que son capaces de transmitir, tales como virus, protozoos o helmintos. De todos ellos sin lugar a dudas son las filarias las más importantes, ya que una de ellas, *Onchocerca volvulus*, provoca ceguera en el hombre. La oncocercosis humana causa una seria preocupación a las autoridades sanitarias, ya que además de las que desde hace años se conocen en Mesoamérica y Norte de Venezuela, han aparecido otras en el Sur de ese país y en Brasil, Colombia y Ecuador, con el agravante de que algunas de ellas muestran incremento del área infectada. Los focos en el Nuevo Mundo son:

- 1) Méjico: Oaxaca y Chiapas (Soconusco) y Guatemala: Yepocapas
- 2) Norte de Venezuela: Alto Orinoco (Caripe y Altamira)

- 3) Sur de Venezuela y N.O. de Brasil: Amazonas y Roraima
- 4) S.E. de Colombia: Cauca (Micay)
- 5) N.O. de Ecuador; Esmeraldas (Santiago y Canandé).

De estos focos el más preocupante por el aumento del área infestada es el de Ecuador, ya que de 2.251 personas infectadas en 1982/83, ya habían alcanzado a 5930 en 1989, extendiéndose hacia el Sur (Manabi) y atravesando los Andes alcanzó el oriente de ese país (Guderian y Shelley, 1992). La expansión de esta parasitosis es favorecida por el movimiento de personas infectadas al facilitarse su desplazamiento con la construcción de carreteras y ferrocarriles, como es el caso de la provincia al Sur de Esmeraldas o la llegada de obreros a las zonas petroleras de oriente provenientes de la zona endémica (Shelley 1991).

En Brasil se ha denunciado la aparición de nuevos focos a gran distancia de la zona oncocercósida de Roraima en el estado de Mato Grosso (Py-Daniel, com.pers.0. Esta difusión de la enfermedad fué provocado por garimpeiros (buscadores de oro) que viajaron de la zona infestada hacia el Sur. La construcción de las carreteras transamazónicas y el tipo de vida que llevan estos buscadores de metales preciosos, que en el año 1988 invadieron territorios indígenas en número de alrededor de 40.000 y su posterior salida a otras regiones, son el motivo de esta dispersión y razón de preocupación de los sanitarios. Otro personal que se teme pueden actuar como portadores de esta noxa son las fuerzas militares que deben estar apostadas en áreas de fronteras, como el de la zona de Roraima-Amazonas, y luego debe ser trasladados a otras regiones por razones de servicio.

Ante situaciones como las mencionadas, se debe de estar alerta sobre cuales son las especies de simúlidos que pueden ser transmisoras y prestar especial atención si se presentan casos de oncocercosis en áreas habitadas por ellas. Las especies señaladas como vectores son:

Foco 1: *Simulium (Ectomnaspis) ochraceum*, *S. (Simulium) metallicum*, *S. (Psilopelmia) callidum*, *S. (Ps) haematopotum*, *S (Ps) veracruzianum* y *S. (Notolepria) gonzalezi*.

Foco 2: *S. (S.) metallicum* y *S. (Notolepria) exiguum*.

Foco 3: *S. (Thyrsolema) guianense* (=pinto?), *S. (Psaroniocompsa) incrustatum* (Shelley, 1991), *S. (P.) limbatum* (= *aequifurcatum*?) y *S. (Cerqueirellum) oyapockense*.

Foco 4: *S. (N.) exiguum*

Foco 5: *S. (N.) exiguum* y *S. quadrivittatum* (Shelley y Arzube, 1985).

A esta lista deben agregarse la presencia de citoespecies, de las que para *S. (N.) exiguum*

hay ya 4 en Ecuador, *S. (N.) gonzalezi* 2, *S. (C.) oyapockense* 2, las que constituyen seguramente el comienzo de una serie, pues también han aparecido para *metallicum* en Venezuela (Hirai 1983). El diferente comportamiento de morfoespecies desde el punto de vista alimentario, periodicidad, capacidad de transmisión o ciertas variaciones todavía no explicables en la variación morfológica, hace sospechar que debe existir un buen número de citoespecies en tan vasta región como el Neotropical, que se caracteriza por ser la que mayor biodiversidad de simúlidos presenta en el mundo.

Otras filaria humana es *Mansonella ozzardi*, de patogenicidad no manifiesta, presente en áreas tropicales. En Brasil y Colombia se le adjudica a *S. (C.) amazonicum* y *S. (C.) argentiscutum* como transmisoras y además *S. oyapockense* en Brasil, Colombia, Venezuela y Guayana. En Argentina se le asignó a *Culicoides* la transmisión (Romaña y Wygodzinsky, 1950), pero no sería extraño que pueda también ser transmitida por simúlidos como en otras regiones de América. En área de mansonellosis en el NO de Argentina hemos encontrado infectadas hembras de *S. exiguum* con formas larvales de filarias. Falta comprobar a que especie de verme corresponden, ya que si bien no hay oncocercosis, podrían tal vez ser de monos o de ganado.

En bovino se señala a *Onchocerca lienalis* como transmitida por diversas especies de *Simulium*. En el Norte de Argentina se encuentra parasitando al bovino en las provincias de Formosa, Chaco y Corrientes. En las dos últimas provincias hay una alta prevalencia de microfilarias entejidos intradérmicos de la zona periumbilical de vacunos faenados en frigorífico, que asciende a un 40% (Coscarón y Led en prep.). En la zona ribereña del río Paraná, que es un área similar de donde provenían las muestras analizadas, se encontraron hembras de *S. (C.) cuneatum* portando en un 2% larvas de filarias (Coscarón en prep.). Esto hace sospechar que esta especie, que es tan abundante durante los meses setiembre-noviembre en esa región, pueda ser vehiculizadora de la filaria que se encontró en bovinos, aunque también existen monos que podrían ser portadores de otra filaria. Queda abierto el interrogante sobre el papel que cumplen los simúlidos como vectores.

Llama la atención que sean tan pocas las especies transmisoras de filarias ya que en la región Neotropical no sobrepasan el 3%. Esto se debe a que una especie vectora de filarias debe cumplir una serie de exigencias, entre las que figuran además de la viabilidad, dada por especiales condiciones fisiológicas e inmunológicas para el desarrollo de las larvas, que exista sincronización de desarrollo de larva con periodicidad y tiempo de picada, preferencia de hospedador, lugar de picadura, tipo de saliva que atraiga a las microfilarias, capacidad para resistir la parasitosis, entre otros. Esta selección es muy intensa y una de las más evidentes es la que muestra el número de especies hematófagas. De acuerdo a la información disponible (Coscarón 1989) sobre alrededor de 350 especies de simúlidos neotropicales, solamente atacan al hombre y animales domésticos 73, siendo exclusivas del hombre 51, de animales 12, comunes al hombre y ganado 9. También es notorio que esta predisposición con referencia al alimento sanguíneo es característica de determinados

grupos taxonómicos. Así pues los "Prosimuliini" muestran el más bajo índice de hematófagia con un 3,4% de las que son antropófilas el 1%, en cambio los "Simuliini" muestran al género *Simulium* con 31% de hematófagia, siendo el 21% antropófilas. Dentro de los subgéneros de *Simulium* existen algunos subgéneros como *Psaroniocompsa* con un 100% de especies hematófagas, *Thyrsopelma* con 57%, *Notolepria* y *Hearlea* con 0%.

En el ámbito de la entomoepidemiología de simúlidos, interesa conocer dentro de las especies hematófagas cuales son las que más reacción producen con su picadura, así como la intensidad de ataque dado por el número de ejemplares que pican. Entre las especies de Latinoamérica que se consideran más perjudiciales en ese sentido son *S. (Chirostibia) pertinax* y en segundo lugar *S. (P.) incrustatum* en el SE del Brasil y NE de Argentina, y sobre los grandes ríos subtropicales de Argentina *S. (C.) cuneatum*. En este país en el Centro y Oeste *S. (P.) jujuyense*, con *S. (P.) bonaerense* hacia el Sur; en el NO *S. (E.) dinellii* y *S. (N.) exiguum*. En el N. de Chile y S. de Perú *S. (P.) escomeli* y *S. tenuipes* en Ecuador *S. exiguum* y *S. quadrivittatum*, Colombia y Venezuela *S. exiguum* y *S. metallicum*, en Méjico y Guatemala *S. haematopotum*, *S. (E) ochraceum*, *S. (Ps) callidum* y *S. (S.) metallicum*.

Esta información debe tenerse muy en cuenta si desea hacer el control, que debe ir bien dirigida hacia la especie perjudicial. La lucha se ha llevado a cabo con insecticidas y en especial dirigida hacia las formas larvales que es donde se encuentra más concentrada la población. El primer ensayo con insecticidas orgánicos fué realizado en Panamá (Fairchild y Barreda, 1945). Contra las especies transmisoras de oncocercosis se implementó el uso de insecticidas en Méjico, Guatemala y el Norte de Venezuela. En Guatemala (Lea y Dalmat, 1955) estudiaron el efecto del DDT sobre *S. ochraceum*. Posteriormente el grupo de investigadores japoneses estudió la metodología del empleo de insecticidas de acuerdo a los distintos ambientes, trabajando con Abate (Temephos) (Ramimura et al., 1985). En los otros focos de oncocercosis no se ha implementado un sistema de lucha contra los vectores, tendiendo hoy a aplicar la lucha contra el verme en el hombre, en lugar de hacerlo contra el vector.

Dejando de lado el problema de la oncocercosis vemos que la lucha contra los simúlidos no ha cesado y al contrario se ha elevado para combatir el problema que causa con sus picaduras, tendiendo a hacer más confortables áreas de recreación (playas y parques), lugares de trabajo o bien para evitar dismunición de la producción agropecuarias. En Brasil se ha usado en los estados de Río de Janeiro, Sao Paulo, Santa Catarina y Rio Grande do Sul desde hace años. En el litoral paulista desde 1971 se fué reemplazando el DDT, que se empezó a usar en 1957, por Abate, y en 1990 Araujo Coutinho y Lacey hacen ensayos con Bti para su posterior empleo. En Río Grande do Sul el empleo del Bti fué con anterioridad (Ruas Neto, 1984). En Chile se han usado en los valles de Arica y Azapa insecticidas, en especial piretroides (Cortés et al. 1987) y en Argentina en las provincias de La Pampa y Mendoza se han hecho prácticas de control con Bti (Marino,

com.pers.). Diversas metodologías se han usado para conocer la efectividad de los productos, como los utilizados por de Andrade (1984) y Araujo Coutinho y Lacey (1990) en Brasil, y Coscarón-Arias (1994) en el N. de Patagonia en Argentina.

Uno de los Problemas que presenta el uso de insecticidas es la aparición de fenómenos de resistencia. En la literatura latinoamericana figuran los trabajos de Andrade y Castello Branco (1990) sobre problemas de resistencia al Templos en el litoral de Sao Paulo y métodos de evaluarlo.

Otro de los inconvenientes que provoca el uso de plaguicidas es que contamina el ambiente, produce una peligrosa acumulación en los organismos que pueden afectar a la salud humana, además de acarrear un gran desequilibrio en el ecosistema. Para evitar estos inconvenientes lo ideal es utilizar otros métodos alternativos como el control mecánico o el biológico. El control mecánico que se ha empleado es de barrer las piedras que actúan como soportes de los estados inmaduros (Lozovei et al. 1992), utilizando en el estado de Paraná en Brasil.

El control biológico se basa en la utilización de sus enemigos naturales como son predadores, patógenos, parásitos y competidores. Entre los predadores son conocidos los peces como especies que consumen larvas de simúlidos (Sato, 1986), como también lo son aves e insectos, pero su utilización en forma manejable no se realiza. Entre los patógenos los más frecuentes en el ambiente son los microsporidios. Estudios sobre estos protozoos se han hecho en Brasil, Venezuela, Argentina, con descripción de especies y hospedadores que los albergan (Coscarón, 1989). Si bien la presencia de larvas infectadas en general es baja (alrededor de 5%), pudiéndose pensar en base a esos datos que su acción deletérea es íntima, debemos tener en cuenta que las que se contabilizan son las que sobreviven y están en la faz esporogónica, pero que en la faz esquizogónica se debe producir una gran mortalidad que no puede ser evaluada en una simple prospección. Ensayos de control no se han hecho pese a las buenas perspectivas de éxito, conspirando contra su utilización el desconocimiento del ciclo biológico de las especies, donde existe casi seguramente otro huésped intermediario que es un copépodo, además de lo difícil que es implementar un criadero de simúlidos.

Investigaciones sobre mermítidos y hongos también se han hecho en Argentina pero especialmente para conocer su taxonomía. El buen número de especies de mermítidos que brinda una amplia gama para ensayar, así como la alta patogenicidad de los hongos, ofrecen buenas perspectivas para especular sobre su empleo como elemento de lucha biológica.

La competencia interespecífica o la intraespecífica como la señalada por Ruas Neto y Soares Matias (1985) por *S. ertinax* y *S. distinctum* en Río Grande do Sul, es otra posibilidad alentadora que debería aprovecharse.

Entre los métodos considerados de control biológico es empleado hoy con gran éxito el *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) que posee una endotoxina en la espora muy efectiva para control de insectos filtradores (simúlidos y mosquitos) e inocua para peces y otros insectos no filtradores. Su utilización es como el de los insecticidas químicos. Otro producto que se está usando con éxito para control biológico es el Althosid, en base al empleo de ecdisona, hormona de crecimiento y muda en insectos. En Latinoamérica no se ha empleado para simúlidos.

CONCLUSIONES

De esta rápida exposición sobre el estado actual de las investigaciones relacionados con el problema sanitario provocado por los simúlidos y los esfuerzos para paliarlo llegamos a las siguientes conclusiones:

Existen serios problemas sanitarios en relación a la oncocercosis, sobre todo teniendo en cuenta la expansión que tiene lugar en Ecuador y Brasil.

Los simúlidos como molestia por acción de su picadura y las reacciones alérgicas concomitante constituyen una seria preocupación en varias regiones y por ello se han implementado programas de control por lo menos en Brasil, Chile y Argentina. El costo de esta lucha significa grandes erogaciones. En el litoral del estado de Sao Paulo por ejemplo, el servicio oficial de control cuenta con alrededor de 180 empleados y una gran infraestructura, a lo que se suma los gastos de los productos a utilizar, que generalmente son cada vez más altos, como es el caso del Bti con respecto al Abate, BHC o DDT. En esa región existen además compañías que se encargan de proteger grandes predios de estos dípteros.

Las especies perjudiciales y que se intentan combatir con alrededor de un 10%. Su conocimiento taxonómico debe ser exacto, a fin de no aplicar productos indiscriminadamente, sobre todo sabiendo que hay especies de simúlidos que pueden ser competidoras y deberían ser preservadas como el resto de la fauna, tratando de mantener el equilibrio en el ecosistema.

La aplicación de medidas de control deben ser hechas en el momento oportuno, en lo posible al comienzo del incremento de la población y no cuando su presencia es muy evidente y que molesta a la comunidad. De esta forma se ahorraría aplicaciones pues se evitaría que una generación de hembras alcanzara reproducirse. Para poder hacer un control racional es necesario contar con adecuada información basada en estudios bioecológicos. Se debe conocer bien las especies presentes, donde viven, cual es la dinámica poblacional, relaciones con el medio ambiente, etc. Esto permitirá saber donde y cómo vive nuestro enemigo y con que alidado podemos contar para esta lucha, elaborando de esta forma la estrategia de control.

Como en la actualidad la herramienta con que contamos es el uso de biocidas debemos ajustar la técnica para tener buena eficacia sin dilapidar producto y esfuerzos. Ensayos previos de la efectividad del insecticida, con adecuada evaluación de los mismos, evitando falsos resultados por fenómenos de resistencia, deriva de larvas por la corriente, etc., que ha menudo pueden hacer variar nuestras interpretaciones.

El problema a resolver es serio, pero evitaremos muchos fracasos con adecuados estudios que nos lleven a la aplicación correcta de los medios que disponemos y nos puede ofrecer la posibilidad de otros no empleados en la actualidad.

REFERENCIAS

- ARAUJO-CONTINHO, C.J.P.C., 1988. Controle de borrachudos no litoral paulista. II Seminario Nacional sobre Vectores Urbanos e Animais Sinatópicos. III Reuniao Brasileira sobre Simulideos 2. Resumo: 65, Porto Alegre. R.S.
- ARAUJO-COUTINHO, C.J.P.C. y L.A. LACEY. 1990. Controle de Simulideos com concentrado emulsionavel de *Bacillus thuringiensis*. Bol. Of Sant. Panam. 108 (3):213-219
- CORTES, R.; H. VARGAS; D. BOBADILLA y A. HENRY. 1987. Los jerjeles (Simuliidae) y su problemática en la provincia de Arica. Inst. Agronomía. Univ. Tarapacá, Arica, Chile. Bol. Técnico No. 37:23pp.
- COSCARON ARIAS, C.L. 1944. Estudios bioecológicos de jejenos (Simúlidos= del Valle Medio orientados hacia su control. Informe Técnico Fac. Ciencias Agrarias. Univ. Nac. Comahue y Fundación para el Desarrollo de la Nor. Patagonia (FUDENPA): 89 PP.
- COSCARON, S. 1989. Los estudios ecológicos en simúlidos neotropicales (Diptera:Insecta). Seminario sobre Insetos e Acaros, XI Congr. Brasil. Entom., Campinas 12-17-VII-1987. Anais 3:69-98.
- CROSSKEY, R.W. 1990. The Natural History of Blackflies. J. Wiley & Sons.
- DE ANDRADE, C.F.S. 1989. Manejo Integrado de borrachudos. Seminario sobre Insetos e Acaros. XI Congr. Brasil. Entom. Campinas, 12/17-VII-87. Anais 3: 141-157.

- DE ANDRADE, C.F.S. 1991. Susceptibilidade de populacoes de *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollar 1832 (Culicomorpha, Simuliidae) ao Temephos e a um formulado a base de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. Rev. Saúde Públ., S. Paulo 25(5):367-70.
- FAIRCHILD, G.B. y E.A. BARREDA. 1945. DDT as a larvicide against *Simulium*. J. Econ. Entomol. 38:694-99.
- FREEDEN, F.J.H. 1977. A Review of the Economic Importance of Black Flies (Simuliidae) in Canada. Quaest. Entomol. 13:19-229.
- GARMS, R. y J.F. 1987. The migration and dispersal of blackflies: *Simulium damnosum* s.l., the main vector of human onchocercosis: 201-04. Black flies, Ecology, Population. Management and Annotated World List. K.C. Kim and R.M. Merritt eds. Pennsylvania State Univ. University Park, P.A.
- GUDERIAN R.H. y A.J. SHELLEY. 1992. Onchocerciasis in Ecuador. The situation in 1989. Mem. Inst. Oswaldo Crus. Rio de Janeiro. 87(3):405-415.
- HIRAI, H. 1983. A Cytogenetic study of *Simulium metallicum* obtained from Guatemala and Venezuela. p. 66-67. In: Tada ed., A comparative study on onchocerciasis between South and Central Americas Shimoda Printing / Co. Ltd. Matsubare Shimomashiki-gun. Japan.
- KAMIMURA, K.; T. SUZUKI; T.O. OKAZAWA; T. INAOKA y J.O. OCHOA. 1985. Effect of Temephos against larvae in stream test in Guatemala. Jpn. J. Sanit. 36(3):189-95.
- LEA, A.O. y H.T. DALMAT. 1955. Field study on larval control of black flies in Guatemala. J. Econ. Entomol. 48:274-278.
- LOZOVEI, A.L.; M.C. ITEBERE DA CUNHA y V.L. DE ROCIO DE OLIVEIRA. 1992. Controle fisico de Simulideos (Diptera: Simuliidae) em Vertedouros de Acudes de Piscicultura e no Leito do Rio dom Rodrigo em Campo Largo, Paraná, Brasil. Arq. Biol. Tecnol. 35(4):679-684.
- RUAS-NETO, AL.L. 1984. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* como alternativa no controle de Simulideos no Rio Grande do Sul. I. Susceptibilidade a campo. B. Saude, Porto Alegre 11:27-31.
- RUAS-NETO, A.L. y R. SOARES MATIAS. 1985. Controle Integrado de *Simulium*

(*Chirostilbia*) *pertinax* Kollar, 1832. 2:A Competicao interespecifica como possivel método de controle natural. B. Saúde Porto Alegre 12(2):21-4.

ROMAM R. y P. WYGODZINSKY. 1950. Acerca de la transmisión de *Mansonella ozzardi* (Manson) (*Filaria tucumana*). Ann. Inst. Med. Reg. (U.N.T.) 3:29-34.

SATO, G. 1986. Levantamento de peixes predadores de larvas de Simuliideos da regio de Joinville, S.C. In. Congr. Brasil. Zoologia 13, Cuiabá, M.G. Resumos p.364.

SHALLEY, A. y M. ARZUBE. 1985. Studies on the biology of Simuliidae (Diptera) at the Santiago onchocercosis focus in Ecuador, with special reference to the vectors and disease Transmission. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 79:328-338.

SHELLEY, A.J. 1991. Simuliidae and the transmission and control of human Onchocerciasis in Latin America. Cader. Saude Púb. 7(3):310-327.