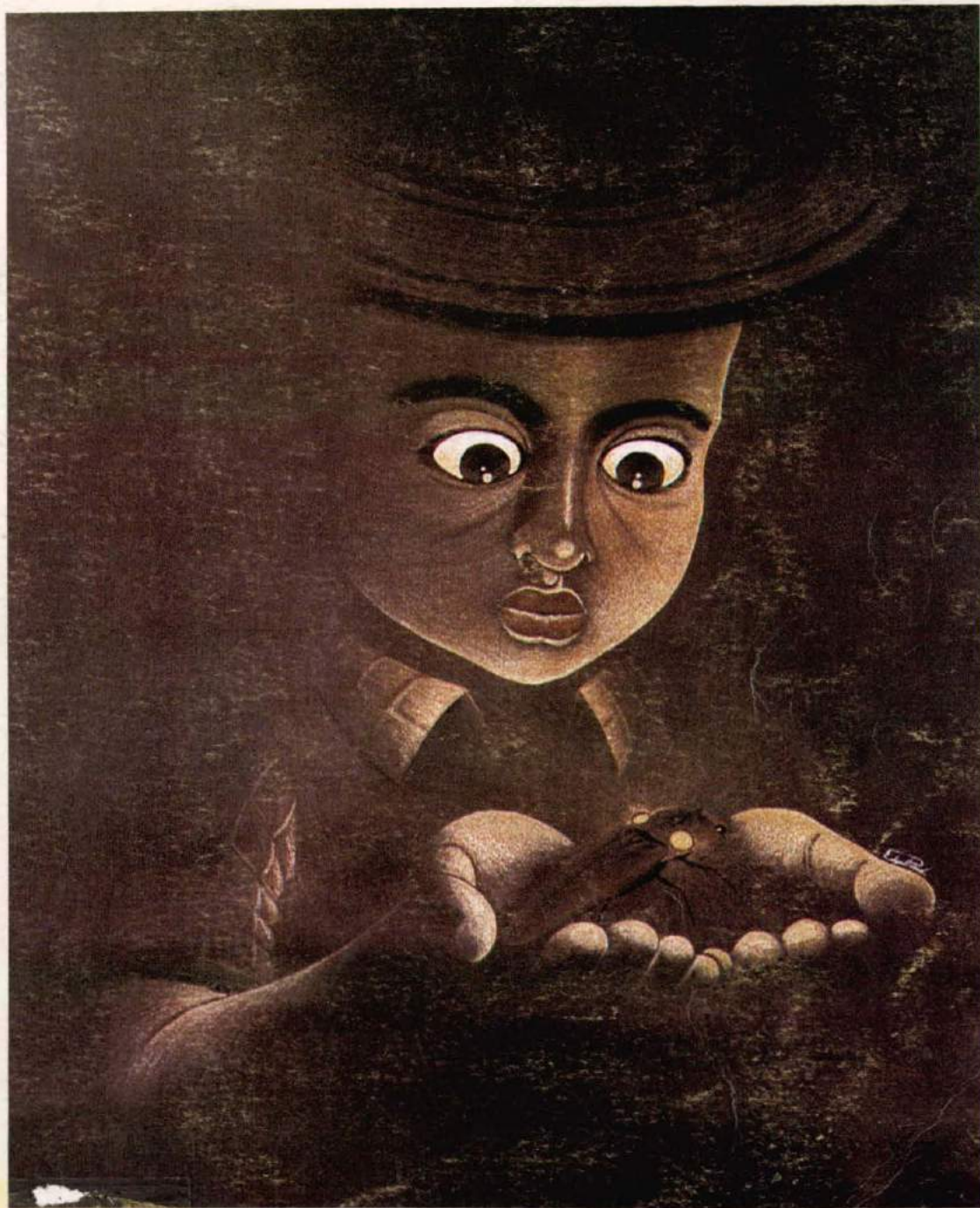


# MEMORIAS



*«Los insectos patrimonio natural y cultural de Colombia»*

XXVI CONGRESO

Sociedad Colombiana de Entomología

 **FEN** FINANCIERA  
ENERGETICA  
NACIONAL S.A.

**SOCOLEN**

  
FONDO FEN  
COLOMBIA

Santafé de Bogotá, D.C. 28, 29 y 30 de Julio de 1999

**SOCIEDAD COLOMBIANA  
DE ENTOMOLOGIA  
SOCOLEN**

**MEMORIAS  
XXVI CONGRESO**

Santafé de Bogotá  
Julio 28-30 de 1999

Armada digital e impresión:  
Editora Guadalupe Ltda.  
A.A. 29765 Tel.: 269 07 88  
E-mail: [guada@col1.telecom.com.co](mailto:guada@col1.telecom.com.co)  
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia, 1999

595.7

C55

1999

V.2

013493



Fondo FEN Colombia



FINANCIERA ENERGÉTICA NACIONAL

*El Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis"-FEN COLOMBIA, es una institución de utilidad común y sin ánimo de lucro, creada y respaldada por la Financiera Energética Nacional S. A. (FEN)*

La misión del Fondo es auspiciar, promocionar y divulgar obras e investigaciones que por su valor científico, artístico, tecnológico o cultural contribuyan a la defensa de los recursos naturales y del medio ambiente.

Sus actividades se canalizan a través de los siguientes programas: Programa Editorial, Premios de Ecología, Financiación de investigaciones en Ecología, Estudios sobre Gestión Ambiental en el Sector Energético y Programa de Educación Ambiental.

En desarrollo de su Programa Editorial, el *Fondo* edita obras científicas y divulgativas, en temas ecológicos y ambientales, con el propósito de ofrecer a la comunidad académica, autoridades ambientales, técnicos y público en general, información útil que sirva para aumentar el conocimiento, tomar decisiones adecuadas y participar adecuadamente en procesos de gestión de los recursos naturales.

Además de sus propias publicaciones, el *Fondo* apoya la producción de libros editados por terceros, como es el caso de la presente obra, que hagan aportes pertinentes a la bibliografía ambiental.

Mayor información: A. A. 052986, Bogotá.  
Correo Electrónico: [fondofen@cable.net.co](mailto:fondofen@cable.net.co)  
Dirección Web: [www.fondofen.net](http://www.fondofen.net)

**PATROCINADORES**

FUNDACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Y LA TECNOLOGÍA, BANCO DE LA REPÚBLICA

ANDI, CAMARA DE LA INDUSTRIA PARA LA PROTECCION DE CULTIVOS

FONDO FEN COLOMBIA

AVIANCA Y SAM

ABBOTT LABORATORIES DE COLOMBIA S. A.

AGREVO

BAYER S. A.

BASF QUIMICA COLOMBIANA S. A.

NOVARTIS DE COLOMBIA S. A.

DOW AGROSCIENCES DE COLOMBIA S. A.

FMC LATINOAMERICA S. A.

PROFICOL EL CARMEN S. A.

LAVERLAM

## SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

### JUNTA DIRECTIVA 1998-2000

*PRESIDENTE*  
Aristóbulo López-Ávila

*VICEPRESIDENTE*  
Paulina Muñoz-Vila

*SECRETARIA*  
Judith Sarmiento Camargo

*TESORERO*  
Oscar Alonso Gil

*REVISOR FISCAL*  
Ariel Palomino Ulloa

*VOCALES PRINCIPALES*  
Ingeborg Zenner de Polania  
José Ricardo Cure  
Eduardo Flórez Daza

*VOCALES SUPLENTE*  
Carlos Eduardo Sarmiento M.  
Amanda Varela Ramírez  
Héctor William Duarte Gómez

### COMITÉ ORGANIZADOR XXVI CONGRESO

*COORDINACIÓN*  
José Ricardo Cure  
Judith Sarmiento C.  
Oscar Alonso Gil

*ACADÉMICA*  
Paulina Muñoz Vila  
Germán Amat  
Carlos E. Sarmiento M.

*EDICIÓN RESÚMENES Y MEMORIAS*  
Carlos E. Sarmiento M.

*FINANCIERA*  
Hernán Ramírez  
Miguel Aguillón Ruíz

*RECURSOS FÍSICOS*  
Giovanny Fagua  
Oscar Alonso Gil

*PUBLICIDAD Y PRENSA*  
Marian Suárez Camacho  
Julio C. Parada

*EVENTOS SOCIALES*  
Guillermo Rodríguez  
Efraín Becerra

*RELACIONES INTERNACIONALES*  
Aristóbulo López-Ávila

*COLABORADORES*  
María Irma Flórez, Marlen Aguilar,  
José Ardila, Camilo Chacón, Juan León,  
Claudia Martínez, Claudia Moreno,  
Mónica Ospina, Tania Tibaduiza,  
Carolina Torres, Giselle Zambrano

*COMITÉ REGIONAL DE CUNDINAMARCA:*  
Aura Burgos, Gonzalo Fajardo,  
Wilson Martínez, Sandra Restrepo,  
Heyller Restrepo, Adriana Sáenz



## PRESENTACIÓN

---

*La Comisión Académica del XXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología entrega a ustedes las memorias de las exposiciones magistrales, presentaciones de los tres simposios y del taller de colecciones que se desarrollarán durante nuestro importante evento.*

*De igual manera que en los resúmenes, queremos dar las gracias a los participantes por demostrar una vez más que nuestro país es un campo fértil para un futuro promisorio.*

**Comisión Académica  
XXVI Congreso Socolen**





# CONTENIDO

	Pág.
<b>CONFERENCIAS MAGISTRALES</b>	
<hr/>	
ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA DE PARASITOIDES HIMENÓPTEROS <i>Paul Hanson</i> .....	15
CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS EN AUSTRALIA CON UTILIZACIÓN DE INSECTOS NEOTROPICALES <i>César García</i> .....	23
ARTROPODOSIS EN COLOMBIA. UNA VISIÓN HISTÓRICA SEGUNDA PARTE <i>Rafael Valderrama Hernández</i> .....	28
PUNTOS DE CRECIMIENTO EN LA SOCIOBIOLOGÍA DE INSECTOS <i>Christopher K. Starr</i> .....	52
FEROMÔNIOS: IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS DE COMPORTAMENTO E BIOLOGIA PARA SUA UTILIZAÇÃO PRÁTICA <i>Evaldo Vilela</i> .....	56
ECOLOGÍA QUÍMICA EN ENTOMOLOGÍA: APORTES Y PERSPECTIVAS <i>Klaus Jaffe</i> .....	58
ZONAS DE HIBRIDACIÓN DE MARIPOSAS DE <i>Heliconius</i> COMO REFUGIOS DE PATRONES DE COLORACIÓN NOVEDOSOS CONTRA LA SELECCIÓN MIMÉTICA ESTABILIZADORA <i>Mauricio Linares</i> .....	61
<b>SIMPOSIOS</b>	
<hr/>	
<b>CONTROL BIOLÓGICO</b>	
ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DE BIOPLAGUICIDAS EN COLOMBIA <i>Alba Marina Cotes P.</i> .....	65
DESARROLLO DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNADEROS <i>Trialeurodes vaporariorum</i> CON <i>Encarsia formosa</i> Y <i>Amitus fuscipennis</i> EN TOMATE BAJO INVERNADERO EN LA SABANA DE BOGOTÁ <i>R.M.J. De Vis J.C. van Lenteren</i> .....	73
LOS NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS: UNA ALTERNATIVA DE CONTROL BIOLÓGICO <i>Adriana Sáenz A.</i> .....	82
AVANCES EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ, <i>Hypothenemus hampei</i> , BAJO LA ESTRATEGIA MIP <i>Alex E. Bustillo P.</i> .....	98

	Pág.
DIVERSIDAD DE HIMENÓPTEROS PARASITOIDES Y SU USO EN EL CONTROL BIOLÓGICO <i>Paul Hanson</i> .....	103
<b>ENTOMOLOGÍA MÉDICA</b>	
EFFECTOS DE TOLDILLOS IMPREGNADOS CON PERMETRINA SOBRE <i>Anopheles gambiae</i> s.l. EN GAMBIA <i>Martha L. Quiñones</i> .....	107
UTILIZACIÓN DEL ADN MITOCONDRIAL PARA ESTUDIAR INSECTOS DE IMPORTANCIA MÉDICA: COMPLEJOS <i>Lutzomyia longipalpis</i> (DIPTERA PSYCHODIDAE) Y <i>Anopheles punctipennis</i> (DIPTERA: CULICIDAE) <i>Sandra Uribe S.</i> .....	125
LOS CROMOSOMAS POLITÉNICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE ESPECIES DE LA FAMILIA SIMULIIDAE <i>Claudia Moreno Ramírez</i> .....	137
FLEBÓTOMOS (DIPTERA: PSYCHODIDAE) VECTORES DE LEISHMANIASIS CUTÁNEA Y SUS DETERMINANTES ECOLÓGICOS EN LA ZONA CAFETERA DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA <i>Raul Pardo, Cristina Ferro, Gladys Lozano, Carlos A. Lozano,</i> <i>Olga Cabrera, Clive Davies</i> .....	147
INCRIMINATION OF <i>Leishmania panamensis</i> VECTORS BY STATISTICS METHODS (INCRIMINACIÓN DE VECTORES DE <i>Leishmania panamensis</i> POR MÉTODOS ESTADÍSTICOS) <i>Gerardo Muñoz Mantilla</i> .....	164
<b>PLAGAS DE IMPORTANCIA EN EL ALTIPLANO CUNDIBOYACENSE</b>	
LA CHINCHE DE LOS PASTOS: PRINCIPAL PROBLEMA TECNOLÓGICO DE LA GANADERÍA DE LECHE <i>Nancy Barreto Triana</i> .....	175
PRINCIPALES ASPECTOS PARA EL NO CONTROL DE PLAGAS EN LA FLORICULTURA <i>Ricardo Nelson Torres</i> .....	189
EL COMPLEJO CHISA EN COLOMBIA Y PERSPECTIVAS PARA SU MANEJO <i>Martha E. Londoño Z.</i> .....	197
LOS TRIPS: PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA DE AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS <i>Rodrigo A. Vergara Ruiz</i> .....	208
HACIA UN MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA GUATEMALTECA EN COLOMBIA <i>Eduardo Espitia Malagón</i> .....	228

	Pág.
ALGUNOS ASPECTOS PARA UNA MEJOR COMPRENSIÓN DE <i>Tecia solanivora</i> (POLILLA GUATEMALTECA). <i>Jaime E. Soriano A.</i> .....	239
 <b>TALLER DE COLECCIONES</b>	
<hr/>	
LA GESTIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE MUSEOS DE HISTORIA NATURAL <i>Fernando Fernández C.</i> .....	253
PROPUESTA DE NORMATIVIDAD PARA EL REGISTRO Y ACREDITACIÓN DE COLECCIONES ZOOLOGICAS EN COLOMBIA, Y DE LOS SERVICIOS DE CANJE, PRÉSTAMO Y/O DONACIÓN DE MATERIAL CIENTÍFICO. <i>Eduardo Flórez D.</i> .....	265



# **CONFERENCIAS MAGISTRALES**





## ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA DE PARASITOIDES HIMENÓPTEROS

**Paul Hanson Ph. D.**

Profesor Asociado, Escuela de Biología  
Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica

La biología de los parasitoides himenópteros es un tema fascinante y a la vez la información que viene de las investigaciones en este campo puede contribuir al éxito de los programas de control biológico. La literatura sobre este tema amplio ha aumentado de manera exponencial en los últimos años y es difícil estar al día con los últimos descubrimientos. Los objetivos de esta presentación son: ilustrar el ámbito de temas que se incluye en este campo, presentar un resumen muy breve de cada tema, y destacar los áreas que requieren más investigaciones. Existen algunos libros recientes que presentan resúmenes más completos y se puede consultar éstos para profundizar más allá en el tema (Godfray 1994, Hanson y Gauld 1995, Quicke 1997).

Antes de entrar en los diferentes aspectos de este tema es necesario diferenciar los tipos biológicos de parasitoides himenópteros. Tradicionalmente se han caracterizado los parasitoides según: la localización de la larva en el hospedero (ectoparasitoide versus endoparasitoides), el número de individuos que emergen del hospedero (parasitoides solitarios versus parasitoides gregarios), la relación trófica del parasitoide (parasitoides primarios versus hiperparasitoides) y el estado del hospedero que es parasitado (huevo, larva o pupa). Más reciente se han reconocido otra distinción muy útil: idiobiontes versus koinobiontes. Un parasitoide idiobionte inyecta un veneno en el hospedante que provoca una parálisis permanente; después de ser parasitado el hospedero está vivo pero no continúa desarrollándose. Un parasitoide koinobionte no paraliza al hospedero o provoca solamente una parálisis temporal; después de ser parasitado el hospedero continúa alimentándose y desarrollándose. Aunque el veneno de un koinobionte no causa parálisis permanente puede tener otros efectos en la fisiología del hospedante, por ejemplo acelerar o atrasar el desarrollo del hospedante. Tanto los idiobiontes como los koinobiontes eventualmente matan a su hospedero.

Los parasitoides himenópteros ancestrales probablemente eran idiobiontes ectoparasíticos de hospederos escondidos en tejido vegetal. Aún existen muchos parasitoides de este tipo que utilizan su ovipositor para penetrar el sustrato, inyectar el veneno y poner el huevo. Puesto que el veneno de un idiobionte provoca una parálisis permanente en su hospedero, esta estrategia no funciona en el caso de hospederos expuestos. Así los himenópteros que atacan hospederos expuestos han seguido uno o otro de los dos posibles líneas evolutivas: deja al hospedero a seguir desarrollándose (los parasitoides koinobiontes) o paraliza el hospedero y lo lleva a un lugar escondido (los himenópteros que construyen nidos). Los últimos son parasitoides si la larva consume un solo hospedero (como en Pompilidae) o depredadores si la larva consume más de un hospedero (como en muchos Sphecidae); en ambos casos siguen usar el mismo tipo de veneno que un parasitoide idiobionte. Así, en el orden Hymenoptera, la distinción biológica entre idiobiontes y koinobiontes es mucho más significativa que la entre los parasitoides y depredadores.

Para discutir la biología de los parasitoides es conveniente dividir el tema según las etapas de desarrollo del parasitoide, la etapa adulta y las etapas inmaduros.

### Aspectos sobre la biología de los parasitoides adultos

**Apareamiento.** En contraste con muchos otros insectos, la mayoría de los parasitoides himenópteros demuestran relativamente pocos caracteres taxonómicos en la genitalia del



macho. Puesto que la diversificación de genitalia de machos probablemente se debe a la selección sexual, la escasez de diversificación en los parasitoides himenópteros indica que la hembra usualmente aparee con un solo macho, aunque el macho potencialmente puede aparearse con más de una hembra. Se supone que en los grupos donde los machos si demuestran una diversificación de genitalia (por ejemplo Anomaliniinae y *Netelia*, Ichneumonidae) que la hembra aparee con más de un macho, pero esto requiere confirmación por observaciones. Donde se han observado hembras que copulan con más de un macho es en el caso de los parasitoides gregarios.

A menudo los machos emergen de la pupa antes de las hembras y ellos esperan en el mismo sitio para encontrar las hembras saliendo del sustrato que contiene los hospederos; a veces estos machos defienden territorios sobre el sustrato, especialmente cuando no hay demasiados machos. En otros casos los machos vuelan para buscar las hembras en sitios donde ellas están agregadas, por ejemplo en los sitios donde están saliendo de la pupa o en sitios donde las hembras buscan hospederos. Algunas especies forman enjambres (leks) de machos (por ejemplo Blacinae y *Bracon*, Braconidae) que atraen las hembras. Menos común en Hymenoptera es la producción de feromonas sexuales por parte de la hembra; se han identificado tales feromonas en varias especies (por ejemplo (Z)-9-hexadecenal en Cheloninae, Braconidae) pero a menudo éstas funcionan sobre cortas distancias y el macho las utiliza junto con otras señas.

El cortejo del macho a menudo involucra movimientos de la cabeza y patas, frotar las antenas, vibración de alas (la cual puede incluir la producción de sonidos no detectables al oído humano) y secreciones de la glándula mandibular. Los resultados de investigaciones sobre el cortejo de parasitoides himenópteros han sido utilizados para separar especies que son difíciles de separar morfológicamente (por ejemplo *Aphytis*, Aphelinidae) y para proveer otro fuente de caracteres para la construcción de árboles filogenéticos. La información sobre el cortejo también puede ser importante para el éxito de crianza masiva en el laboratorio

**Dispersión.** Un tema que ha recibido relativamente poca atención, a pesar de su importancia en la práctica de control biológico, es la capacidad de los parasitoides de trasladarse en el ambiente. Existen unos datos imprecisos de los proyectos de control biológico clásico los cuales indican que algunas especies son capaces de dispersarse aproximadamente cien kilómetros por año. Sin embargo hace falta investigación experimental comparativa.

Algunos parasitoides han abandonado la capacidad de volar y demuestran una reducción de las alas. Es más común que la reducción de alas ocurra en un solo sexo que en ambos sexos. Aparte de los machos ápteros que habitan en los frutos del higuero, la gran mayoría de los casos de reducción alar son hembras. Se supone que este hecho se debe al mayor costo de los huevos comparado con los espermatozoides (la hembra puede aprovechar mejor los recursos ahorrados en no producir alas) y la presencia de alas puede impedir la búsqueda de hospederos en sitios apretados (por ejemplo en el suelo). Las hembras ápteras o braquípteras son asociadas con diferentes circunstancias ecológicas: *Baeus* (Scelionidae) y *Gelis* (Ichneumonidae) buscan hospederos envueltos en seda, a menudo en el piso; en Ceraphronoidea las hembras ápteras ocurren en las áreas más altas de las montañas; algunas Diapriidae viven con hormigas y las mimetizan; muchas Eupelmidae aparentemente han sustituido el vuelo con una habilidad para saltar; Bethyidae (como otros Aculeata) no utilizan el ovipositor para penetrar el sustrato sino entra directamente con su cuerpo, lo cual probablemente explica la frecuencia de hembras ápteras en esta familia; en Dryinidae se podría especular que la carencia de alas permite más agilidad para acercarse a sus hospederos activos (Homoptera: Auchenorrhyncha). A veces existe un polimorfismo alar dentro del mismo sexo, lo cual permite el estudio de los esfuerzos ecológicos que selecciona la presencia o ausencia de alas.

**Defensas contra depredadores.** Como es el caso en todos insectos, los adultos de los parasitoides himenópteros son vulnerables a un amplio ámbito de depredadores y demues-

tran varias adaptaciones para prevenir la depredación. Muchas especies grandes (por ejemplo en Ichneumonidae) aparentemente mimetizan Vespidae u otros modelos. En algunos parasitoides de tamaño menor existe un patrón común de coloración donde la cabeza es negra, el mesosoma anaranjado y el metasoma negro. Se encuentra este patrón en once géneros de Scelionidae, unos pocos braconidos y unos otros insectos no parasitoides; aparentemente se trata de mimetismo pero las detalles aún quedan desconocidas.

Algunos parasitoides tienen sus propias defensas. Por ejemplo algunos Pimplinae (Ichneumonidae) tienen una glándula venenosa asociada con sus uñas. Las hembras de Ophioninae pueden picar con su ovipositor y los machos mimetizan el comportamiento de la hembra aunque son incapaces de picar.

**Alimentación.** Casi todos los parasitoides himenópteros viven más tiempo como adultos cuando tienen acceso a un líquido azucarado, tal como néctar (de nectarios florales o extraflorales) y secreciones de homópteros. En adición al azúcar la melaza de homópteros puede contener cantidades menores de sustancias nitrogenadas, por ejemplo unos compuestos liberadas por la hidrólisis de triptofano.

La mayoría de los koinobiontes son proovigénicos, o sea llegan al estado adulto con todos los huevos desarrollados y requieren principalmente las secreciones azucaradas para obtener energía. Por otro lado, muchos idiobiontes llegan al estado adulto con ningún o pocos huevos desarrollados y ellos requieren proteína (en adición a azúcar) para desarrollar los huevos. Tales hembras sinovigénicas a menudo consiguen proteína al chupar la hemolinfa que sale de la herida provocada por el ovipositor. En algunas especies la hembra puede utilizar el mismo hospedero para alimentarse y ovipositar mientras que en otras especies ella se alimenta de una manera destructiva y tiene que buscar otro individuo para ovipositar. Las últimas especies actúan a la vez como parasitoides y como depredadores, o sea, en adición a la mortalidad causada por parasitismo, la hembra mata aún más hospederos para satisfacer sus propias necesidades proteicas.

**Búsqueda de hospederos.** Esto es uno de los temas más relevantes para la práctica de control biológico y por consiguiente ha sido muy investigado. Para encontrar su hospedero la hembra parasitoide utiliza principalmente, pero no exclusivamente, señas químicas ("aleloquímicas", o más específicamente, "kairomonas" cuando es el receptor quien beneficia). Algunas señas químicas son atrayentes y provee el parasitoide con información direccional (o sea ocurre en un gradiente de concentración) mientras que otras funcionan en detener el parasitoide aunque no provee información direccional.

Se puede dividir las señas en tres categorías: las que vienen del microhabitat y planta hospedera; señas indirectas del hospedero (olores liberados por el hospedero cuando se alimenta, olores dejado por la madre del hospedero, excremento del hospedero, secreciones de las glándulas mandibulares y labiales de orugas); señas directas del hospedero (incluyendo no solamente químicas sino también movimiento, vibraciones, etc.). Puesto que la distribución espacial de hospederos varía con el tiempo (entre generaciones y durante la vida de una hembra) las hembras parasitoides demuestran aprendizaje asociativo, utilizando tanto información recogida durante la búsqueda, como la del sitio donde la hembra salió de la pupa. Así el uso de parasitoides criados de hospederos en dieta artificial en el laboratorio a veces no son tan efectivos de lo criados de hospederos en el cultivo.

En los últimos años se han aplicado la "teoría de forrajeo óptimo" a las hembras parasitoides. Los hospederos a menudo son agrupados y los modelos intentan a predecir cuanto tiempo el parasitoide pasa en un agrupamiento dado y cuando debe salir para buscar otro. Tanto la presencia de kairomona como los encuentros con hospederos detienen la hembra en el agrupamiento. Si el primer hospedero que ella encuentra está ya parasitada aumenta la probabi-

lidad de salir pero si ella encuentra un hospedero parasitado después de empezar sus propias oviposiciones no tienen tanto efecto.

Un problema en la cría masiva y liberación de parasitoides (por ejemplo *Trichogramma*) es que a veces salen del cultivo antes de atacar un número suficiente de plagas. Posiblemente se les podría liberar juntos con una kairomona que detenga las hembras para mantenerlas más tiempo en el cultivo.

Normalmente la hembra adulta busca el hospedero y cuando lo encuentra ella oviposita, pero hay unas excepciones. Algunos parasitoides de huevos buscan la hembra adulta del hospedero para montarla y ser llevado ("foresía") hasta los sitios de oviposición (una manera de encontrar huevos frescos). En Trigonalyiidae la hembra deja sus huevos en el follaje para que una oruga los coman. El huevo de Eucharitidae y Perilampidae eclosiona en una larva planidia, la cual tiene que buscar el hospedero.

**Aceptación del hospedero.** Después de encontrar al hospedero la hembra tiene que "decidir" si va a poner un huevo o no; algunos parasitoides tiene la opción de utilizarlo como su propio alimento (vea arriba). La hembra examina el hospedero con sus antenas para detectar el olor, tamaño, forma y textura del hospedero y así determinar si es la especie correcta y de un tamaño/edad adecuado. Muchos endoparasitoides también inserta el ovipositor, el cual tiene órganos sensoriales, antes de aceptar al hospedero.

Se supone que la hembra generalmente oviposita en los hospederos de mayor calidad para el desarrollo de sus larvas. Sin embargo hay otros factores que complica esta predicción. Por ejemplo, unos Aphidiinae (Braconidae) rechazan los áfidos más grandes porque son más difíciles de atacar. Además, el tiempo de desarrollo es más corto en un áfido pequeño lo cual puede ser ventajoso cuando la población de parasitoides es en la etapa de aumentarse (así sacrificando fecundidad de su progenie por un desarrollo rápido).

**Tamaño de la camada.** Después de aceptar el hospedero, la hembra de un parasitoide gregario tiene que "decidir" cuantos huevos va poner. Generalmente la probabilidad de sobrevivencia aumenta con el tamaño de la camada hasta cierto nivel óptimo, y más allá de este nivel la sobrevivencia baja rápidamente. En el caso de idiobiontes hay una correlación directa entre el tamaño del hospedero y el número óptimo de huevos que la hembra debe poner. Así las hembras de tales parasitoides generalmente pueden estimar el tamaño relativo de su hospedero antes de ovipositar. Por ejemplo, la hembra de *Trichogramma* aparentemente estima el volumen del huevo hospedero por medir el tiempo (en milisegundos) necesario para caminar sobre el hospedero.

**Superparasitismo.** Muchos parasitoides pueden diferenciar entre un hospedero ya parasitado (por la misma hembra o otra hembra de la misma especie) y un hospedero no parasitado. Esta habilidad (llamada "discriminación") representa una respuesta a dos tipos de estímulos: una feromona marcadora dejada por la hembra después de ovipositar y cambios internos en el hospedero parasitado. La feromona marcadora es producida por glándulas del sistema reproductivo femenino y es detectada por quimio receptores en las antenas. Este marcador químico permanece solamente uno o dos días y probablemente evolucionó para que la hembra no gaste tiempo examinando el mismo hospedero una segunda vez; como consecuencia secundaria otras hembras de la misma especie pueden detectar la marca. Los cambios internos vienen más tarde y son detectados por quimio receptores en el ovipositor.

Por lo general la hembra parasitoide evita poner un huevo en un hospedero ya parasitado puesto que la larva del primer parasitoide a menudo mata al segundo a través de la compe-

tencia. Sin embargo, el superparasitismo (oviposición en un hospedero ya parasitado) puede ser adaptativo bajo ciertas circunstancias, por ejemplo cuando los hospederos no parasitados son muy escasos.

**Proporción de sexos.** En contraste a la mayoría de los animales, los himenópteros pueden escoger el sexo de su prole puesto que un huevo fertilizado (diploide) da origen a una hembra y un huevo no fertilizado (haploide) da origen a un macho; así los machos resultan de un tipo de partenogénesis, llamado arrenotoquia. Después de copular, la avispa hembra almacena espermatozoides en la espermateca y en el momento de poner un huevo ella decide si lo fertiliza o no.

En parasitoides solitarios, especialmente en los idiobiontes, la hembra tiende a poner huevos femeninos en hospederos grandes y huevos masculinos en hospederos más pequeños puesto que las hembras requieren más alimento que los machos. En los koinobiontes la situación es más compleja porque el hospedero sigue creciendo.

Según la teoría de "competencia local para pareja" una hembra que encuentra un grupo aislado de hospederos debe poner principalmente huevos femeninos y solamente huevos masculinos suficiente para aparear con las hembras (sus hermanas). Esto es especialmente el caso en los parasitoides gregarios donde los machos salen primero y esperan en el hospedero para la salida de las hembras. La teoría también predice que debe producir relativamente más machos cuando la hembra detecta la presencia de otras hembras en el lugar, lo cual probablemente explica muchos casos de la sobreproducción de machos en la crianza masiva para el control biológico.

En los últimos años se han descubierto unos factores no-Mendelianos que provocan desviaciones en la proporción de sexos. La mayoría de la información viene de *Nasonia vitripennis* (Pteromalidae), un endoparásitoide gregario de pupas de moscas que ha sido investigado intensivamente. En algunos individuos de esta especie existe un cromosoma supernumerario (un cromosoma B) lo cual es heredado de macho a macho. Cuando un espermatozoide con este cromosoma fertiliza un huevo, causa a los otros cromosomas del espermatozoide permanecer en un estado condensado, y por lo tanto no pueden participar en la división celular normal y se pierden; el cigoto queda haploide y produce un macho en vez de una hembra. Un segundo factor no-Mendeliano (su identidad es aún desconocida) es llevado por hembras en el citoplasma y provoca a la hembra a fertilizar casi todos sus huevos, así produciendo casi todas hembras.

En adición a los dos factores mencionados arriba, *Nasonia vitripennis* tiene una bacteria, *Arsenophonus nasoniae* (Enterobacteriaceae), la cual causa la muerte de los huevos no fertilizados después de oviposición. Esta bacteria es inyectada en el hospedero durante la oviposición y las larvas hembras adquieren la bacteria mientras que se alimentan del hospedero. Otras bacterias (*Wolbachia*, miembro del grupo alfa del filo Proteobacteria) causan incompatibilidad en híbridos entre especies.

Varias especies de parasitoides himenópteros demuestran telitoquia, o sea la partenogénesis corriente donde hembras no fertilizadas producen más hembras. En algunas razas asexuales de *Trichogramma* se puede inducir la reproducción sexual por tratamiento con antibióticos, lo cual sugiere que la partenogénesis en estos casos es causado por una bacteria transmitida en el citoplasma del huevo. Un análisis del ADN ribosomal ha mostrado que es una bacteria relacionada con la que causa incompatibilidad en *Nasonia*. Es probable que la telitoquia inducida por bacteria ocurre en otros miembros de la superfamilia Chalcidoidea puesto que existen varios reportes de especies partenogénicas que producen machos después de tratamiento con temperaturas elevadas.

## Aspectos sobre la biología de los parasitoides inmaduros

**Nutrición.** La mayoría de las larvas de parasitoides se alimentan a través de la boca, aunque algunos endoparasitoides absorben nutrientes del hospedero a través de la piel. En unos koinobiontes endoparasíticos (por ejemplo Braconidae) la absorción de nutrientes empieza aún antes de eclosionar el huevo, a través de una membrana especial (trofamnion) del huevo. Después de eclosionar el trofamnion forma fragmentos llamados teratocitos, los cuales comúnmente secretan sustancias que tienen diversos efectos fisiológicos en el hospedero. En algunas especies los teratocitos absorben nutrientes de la hemolinfa del hospedero y la larva parasitoide los come.

El estado nutricional del hospedero puede ser afectado por la planta de la cual se alimenta; a veces el mismo hospedero es menos adecuado para el parasitoide en una planta que en otra, o sea, un efecto del primer nivel trófico en el tercero. El número de especies de parasitoides en los trópicos está en relación directa con el de sus hospedantes, con la posible excepción de los ichneumónidos que son koinobiontes endoparasíticos de larvas de Lepidoptera. Se han sugerido que en estos casos la acumulación de compuestos secundarios impiden los parasitoides.

**Defensas inmunológicas del hospedero.** El huevo y la larva de un koinobionte endoparasítico tienen que evitar las defensas inmunológicas del hospedero. Una defensa inmunológica común es la encapsulación, donde células (hemocitos) especializadas de la hemolinfa del hospedero reconocen objetos extraños, los rodean y forman una cápsula alrededor del parasitoide, así quitando el oxígeno del parasitoide. Un mecanismo para evitar el encapsulamiento es colocar el huevo en un lugar donde no llegan los hemocitos, por ejemplo en un ganglio, o poner el huevo en un hospedero muy joven en cual el sistema inmunológico aún no está completamente desarrollado. Algunos parasitoides aparentemente lleva una capa fibrosa alrededor del huevo la cual previene el encapsulamiento. En braconídeos la membrana del huevo se descompone en células individuales (teratocitos) después de la eclosión, siguen creciendo y secretan sustancias que tienen varias funciones incluyendo interferencia con el sistema inmunológico.

Otro mecanismo utilizado por unos parasitoides para evitar el encapsulamiento es la inyección de un virus durante la oviposición, el cual suprime el encapsulamiento pero deja intacto el resto del sistema inmunológico (pues no le conviene el parasitoide si el hospedero queda vulnerable a las infecciones microbianas). Ejemplos de parasitoides que inyectan virus en su hospedero son los ichneumónidos de la subfamilia Campopleginae y los braconídeos de las subfamilias Cardiochilinae, Cheloninae y Microgastrinae.

**Interacciones hormonales entre parasitoide y hospedero.** Muchos endoparasitoides koinobiontes utilizan las hormonas del hospedero para sincronizar su propio desarrollo con el del hospedero. Por ejemplo varias especies ovipositan en una larva joven y el huevo eclosiona pero queda en la primera etapa larval hasta que baja la concentración de hormona juvenil del hospedero antes de pupar; con este estímulo el parasitoide pasa a la segunda etapa larval y empieza alimentarse rápidamente. Otros parasitoides manipula el sistema endocrinal del hospedero. Por ejemplo *Cotesia congregatus* (Braconidae), un parasitoide gregario de Sphingidae, prolonga el desarrollo y previene la pupación de su hospedero por suprimir la bajada normal en hormona juvenil y por bloquear la conversión de ecdisona a su forma activa. Por otro lado, cuando el hospedero maduro contiene más que suficiente recursos para alimentar el parasitoide es mejor acelerar el desarrollo del hospedero (pero también previene la pupación), como ocurre en especies de *Chelonus* (Braconidae) y *Campoletis sonorensis* (Ichneumonidae). En el último ejemplo el virus inyectado por la hembra provoca una degeneración de la glándula protorácico que secreta ecdisona.

**Hiperparasitoides y competidores.** Las larvas de los parasitoides son vulnerables a ciertos otros organismos, por ejemplo los hiperparasitoides, otros parasitoides competidores y microorganismo competidores. Para evitar hiperparasitoides, los koinobiontes a veces provocan un cambio en el comportamiento de su hospedero. Por ejemplo, las cochinillas (*Pseudococcidae*) parasitadas por *Encyrtidae* a veces salen de las hojas para esconderse en la corteza de la planta, donde es menos probable que los hiperparasitoides los busquen.

La primera etapa larval de muchos parasitoides himenópteros tienen mandíbulas enormes que aparentemente utilizan para matar otros parasitoides competidores. Un caso interesante es el de especies de *Copidosoma*, endoparasitoides koinobiontes poliembriónicos de larvas de *Lepidoptera* que demuestran poliembriónia, donde 5% de las larvas (de un total de más de un mil) tienen mandíbulas grandes y nunca llegan ser adultos. (Se han sugerido que también funcionan en eliminar el exceso de machos de la misma especie.)

Puesto que los marcadores químicos funcionan principalmente entre miembros de la misma especie, es posible que la competencia interespecífica (multiparasitismo) es más común que la competencia intraespecífica (superparasitismo). Cual especie gana en la competencia depende de muchos factores. Los ectoparasitoides probablemente tienen una ventaja sobre los endoparasitoides. En la competencia entre dos ectoparasitoides el segundo en llegar a menudo tiene la ventaja, especialmente si es facultativamente hiperparasítico. Entre dos endoparasitoides el primero en llegar a menudo tiene la ventaja puesto que la larva más vieja a menudo suprime fisiológicamente competidores más jóvenes, por ejemplo por bajar los niveles de oxígeno presente en el hospedero.

Muchos parasitoides evitan hospederos ya infectados con microorganismos patógenos. Para prevenir la infección por microorganismos después de la oviposición muchos idiobiontes inyectan sustancias antimicrobiales juntos con el veneno y a veces tales sustancias son secretadas por la larva. Los koinobiontes evitan microorganismos patógenos principalmente por mantener intacta la parte del sistema inmunológico que funciona contra microbios. Si el hospedero es infectado por un microorganismo después de la oviposición el resultado para el parasitoide a menudo depende de cuanto tiempo ha pasado entre oviposición e infección. Por ejemplo, *Microplitis croceipes* (*Braconidae*) es afectado negativamente por un virus poliedrosis si el tiempo entre oviposición e ingestión del virus es menos de tres días.

**Pupación.** Muchos endoparasitoides de larvas (*Cynipoidea*, *Proctotrupeoidea*, *Ichneumonidae*-*Campopleginae*, *Braconidae*) sale del hospedero para pupar; en *Cynipoidea* y *Braconidae* la larva a menudo pasa por una breve etapa ectoparasítica antes de la pupación. Los endoparasitoides que deja al hospedero vivir hasta la prepupa usualmente pupan dentro del capullo o pupa del hospedero: *Diapriidae*, muchos *Ichneumonidae* (*Banchinae*, *Cremastinae*, *Ophioninae*), unos *Braconidae* (*Alysiinae*, *Opiinae*).

Muchas especies de *Ichneumonoidea* y *Aculeata* producen un capullo de seda secretada por las glándulas labiales modificadas. Los que empupan en sitios expuestos a menudo utilizan camuflaje para esconderse de hiperparasitoides y depredadores. Por ejemplo los capullos de *Casinarina* (*Ichneumonidae*) son negro y blanco como excremento de aves. *Charops* (*Ichneumonidae*) y *Meteorus* (*Braconidae*) guindan sus capullos en un hilo. Los parasitoides que pupan dentro de su hospedero a menudo tienen un capullo reducido o ausente, por ejemplo los braconidos que pupan dentro del pupario de la mosca hospedante (*Alysiinae* y *Opiinae*) o dentro del cuerpo momificado de un *Lepidoptera* (*Rogadinae*) o un áfido (*Aphidiinae*). Por lo general no se encuentran capullos en *Ceraphronoidea*, *Proctotrupeoidea*, *Cynipoidea*, *Platygastroidea* y *Chalcidoidea*. Unas excepciones incluyen algunos *Platygastridae* y *Euplectrus* (*Eulophidae*) donde la seda es producido por los túbulos de Malpighi; sería interesante comparar la composición química de esta seda con la de *Ichneumonoidea*.

**Referencias**

- Godfray, H. C. J. 1994. Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, EE.UU. 473 pp.
- Hanson, P.E. y Gauld, I.D. (eds.) 1995. The Hymenoptera of Costa Rica. Oxford University Press, Reino Unido. 893 pp.
- Quicke, D.L.J. 1997. Parasitic Wasps. Chapman & Hall. Reino Unido. 470 pp.

## CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS EN AUSTRALIA CON UTILIZACIÓN DE INSECTOS NEOTROPICALES

**César García M. Sc.**  
Consultor independiente.

Bajo el lema "Los insectos un patrimonio natural y cultural de Colombia: avances y perspectivas de la entomología hacia el siglo XXI" el control biológico de malezas (CBM) se destaca como una de las actividades de la entomología en la cual dicho patrimonio ha mostrado probada utilidad.

La conferencia aquí resumida enfatizará por tanto el aspecto práctico del CBM con la enumeración de ejemplos de insectos que han sido utilizados para el control de diversas malezas de origen principalmente neotropical. Estas plantas, que no son necesariamente malezas en su región de origen, fueron, por diversos motivos, introducidas a otras regiones del mundo: australiana, etiópica, oriental, neártica, en donde se convirtieron en importantes malezas, que causan grandes pérdidas económicas.

A fin de facilitar la comprensión del texto una definición de CBM clásico se hace necesaria; este consiste en descubrir agentes biológicos - insectos, fitopatógenos - que ataquen una determinada especie de planta en su lugar de origen y exportarlos a los lugares en donde esa planta se ha convertido en maleza muy nociva. Por ejemplo: descubrir insectos que ataquen *Lantana camara* que en Colombia es planta útil por sus calidades ornamentales e introducirlos en Australia en donde la misma *L. camara* es maleza de expansión alarmante. Lógicamente, esta introducción ha de hacerse bajo ciertos principios para impedir que el insecto introducido se convierta por su vez en un problema. Aspectos metodológicos del CBM se harán más comprensibles a lo largo de la exposición, a medida que vamos presentando los ejemplos.

La importancia de los insectos neotropicales como agentes de control queda demostrada por el número de especies utilizadas, aproximadamente 40% del total (Julien's 1984), así como por la diversidad de países a los cuales estos han sido exportados.

Países que han importado mayor cantidad de insectos para el control de malezas son Australia, Estados Unidos, Sudáfrica y Canadá; los que más han proporcionado patrimonio entomológico son Brasil, Argentina, México y países europeos.

### Los comienzos

En Australia el primer programa de CBM tuvo inicio en 1911 y fue ejecutado contra cinco especies de cactus del genero *Opuntia*. De estas, *O. inermis*, de origen norteamericana y *O. stricta* eran las más abundantes y por el año 1925 ocupaban un área de aproximadamente 25 millones de hectáreas, 12 millones de las cuales eran impenetrables a hombres y animales, dada la altísima densidad de plantas. Además, el avance expansivo de estos cactus era de aproximadamente 500.000 hectáreas por año.

Para contrarrestarlos se importaron 48 especies de insectos provenientes de las Américas. De estas, el Phycitidae *Cactoblastis cactorum* (Berg) descubierto en la región de Entre Ríos, en los límites de Argentina y Uruguay, fue introducido en Australia en 1925, controlando, de forma espectacular, la mayoría de los cactus, tanto así que por 1940 lo que antes era un malezal de 25 millones de hectáreas, se había transformado en una tierra próspera en donde proliferaban el trigo y el ganado.



Los agricultores agradecidos dedicaron un memorial y erigieron una estatua a la larva de *Cactoblastis*, que puede visitarse en la ciudad de Boonagra en Australia. Otro monumento, que guarda la memoria del crisomélido *Chrysolina* y de sus afortunados mentores puede visitarse en la ciudad de Fortuna, en California. Allí, una placa de bronce, con la silueta gravada del insecto, conmemora el éxito que se obtuvo con este cucarroncito, importado de Francia e Inglaterra, contra la maleza *Hypericum perforatum*, también de origen europea, en 1944.

Paradójicamente estos espectaculares éxitos alcanzados por apenas una, o a lo sumo dos especies de insectos, crean un antecedente desafortunado en la medida en que se espera demasiado de los subsecuentes programas de CBM. La realidad es que estos programas son en general de larga duración y la mayoría de los éxitos obtenidos son parciales.

Por otra parte, los éxitos alientan ulteriores programas y los buenos resultados, aún siendo parciales, dan nuevas armas a la metodología. El efectivo control obtenido por *Cactoblastis cactorum*, insecto que tiene como hospederos especies de *Opuntia* del norte de Argentina, contra *O. inermis*, cactus de Norteamérica y que no hospeda especies de *Cactoblastis*, amplió el arsenal entomológico teóricamente disponible contra las malezas. Ahora se podrían utilizar insectos asociados a otras especies de plantas del mismo género de la maleza que se deseaba combatir. Tal fue el caso del programa de CBM implementado contra *Baccharis halimifolia* en 1972.

## Proyectos modernos de cbm en australia

### Control de *Baccharis halimifolia*

Esta planta, originaria de la región costera de Florida, Estados Unidos, fue introducida como ornamental en Australia: florece profusamente en diciembre y su floración blanca semeja los copos de nieve sobre las plantas, que añoraban los colonos ingleses.

Además de haberse establecido un proyecto de CBM en la propia Florida, se estableció otro mas tarde en el sur del Brasil, región en donde el género *Baccharis* ha alcanzado una gran diversidad.

Durante seis años de exploración y descubrimiento en Brasil se encontraron 16 especies de insectos específicos al género, las cuales se exportaron para que siguieran siendo estudiadas en condiciones de cuarentena en Australia.

Una vez completados los estudios de hábitos alimenticios para cada una de esas especies, las mismas fueron liberadas en el campo. Apenas una especie, el Cerambycidae barrenador del tallo *Megacyllene mellyi* se estableció y ejerce control parcial, ya que no ataca plantas que crezcan a la sombra o semisombra.

Por el lado de las especies introducidas de Florida, cuatro en total, todas se establecieron; sin embargo, apenas una, el Cecidomyidae *Rhopalomyia californica*, cuyo huésped natural es *B. pilularis* y no *B. halimifolia* está ejerciendo un control efectivo. Su fuerza consiste en impedir la reinfestación y expansión de la maleza, ya que produce agallas en las flores y consigue destruir hasta el 90% de las semillas, que son dispersadas por el aire. *B. halimifolia* es fácilmente controlado por herbicidas pero reinfesta fácilmente debido a la enorme cantidad de semillas producidas por las plantas que escapan al herbicida.

La acción de *R. californica* ejemplifica un aspecto insólito del CBM. El buen funcionamiento de insectos provenientes de otras especies de plantas parece estar relacionado con el hecho de que por ellos no haber estado nunca en contacto con el nuevo huésped, el nuevo huésped

no ha desarrollado mecanismos de defensa, o sea, no hay una homeostasis huésped-herbívoro. Con el tiempo esta utilización de especies de insectos de plantas diferentes podrá pasar de insólita a común.

### Control de *Xanthium*, *Ambrosia* y *Parthenium*

Así como se han utilizado insectos asociados a plantas diferentes de la maleza a la que se quiere controlar, se han dado casos particulares en los cuales una misma especie de insecto puede atacar plantas de géneros diferentes. Tal es el caso del Tortricidae cecidógeno *Epiblema strenuana* proveniente de México y que tiene como huésped plantas de los géneros *Ambrosia*, *Parthenium* y *Xanthium*, todos de la familia Asteraceae.

Generalmente un insecto que ataque plantas de diferentes géneros no es considerado apto para CBM por el riesgo que acarrea su falta de especificidad. Mas aún en este caso en que las malezas pertenecen a la tribu Helianthi, la misma que agrupa el girasol. Sin embargo, se tomó la decisión de introducir y liberar este insecto después de consideraciones que llevaron a la conclusión de que el riesgo de ataque a otras plantas era muy bajo.

Estas consideraciones fueron:

No hay plantas nativas en Australia que estén estrechamente emparentadas con las tres malezas que se desean controlar.

*Ambrosia*, *Xanthium* y *Parthenium* son géneros muy emparentados entre sí y el complejo de especies de insectos que los atacan también están estrechamente relacionadas.

*E. strenuana* pertenece a un grupo de tortricidos cecidógenos altamente específicos que atacan plantas de la familia Asteraceae.

*E. strenuana* está presente en las regiones de los Estados Unidos donde también se planta girasol y nunca ha sido registrada atacando dicho cultivo.

De los insectos que han sido introducidos en Australia para controlar *Parthenium*, *Epiblema* ha mostrado ser el más efectivo y si un día llegare a controlar las tres malezas, se le podría erigir una estatua como "super insecto".

### Control de *Chromolaena odorata* y *Eupatorium adenophorum*.

Otras dos especies de Asteraceae que han sido objeto de CBM son *Chromolaena (Eupatorium) odorata* y *Eupatorium adenophorum*, ambas nativas de América Tropical.

*Chromolaena* configura un caso de lo que podría llamarse CBM preventivo, ya que cuando en 1994 el Centro Australiano de Investigación Agrícola Internacional ACIAR decidió financiar un proyecto en Colombia para el control de esa maleza en Indonesia y Filipinas, la planta aún no había sido detectada en Australia, lo que vino a suceder en 1997. Sin embargo, como la probabilidad de que *C. odorata* alcanzase el continente australiano a partir de las islas era alta, tal y como lo venía advirtiendo Crutwell McFaden (1980), varios tipos de medidas estaban siendo tomadas.

*C. odorata* es maleza importante en el sudeste de Asia y en África ecuatorial. Dos especies de insectos fueron introducidas a Indonesia vía Australia. El Tephritidae cecidógeno *Procecidochares* sp. Proveniente de la región del bajo Magdalena y la mariposa andina *Actinote anteas* (Lepidoptera: Acraeidae) cuyas larvas gregarias causan una copiosa defoliación.

Es de esperarse que *Procediochares* sp ejerza un buen control, ya que otra especie del mismo genero, *P. utilis*, ha funcionado eficazmente como controlador de *E. adenophorum* en Hawai y Australia.

Por su parte *A. antea*s no podrá ejercer ningún control ya que las grandes defoliaciones que produce están asociadas a las dos estaciones secas que hay en su hábitat natural, junio-agosto y enero-marzo. Una defoliación durante una estación seca puede ser benéfica para la planta huésped al ayudarle a conservar agua. Como se puede deducir, *A. antea*s parece estar en homeostasis huésped-hervívoro.

La mayor parte de las plantas mencionadas hasta ahora pertenecen a la familia Asteraceae. No es por acaso que estas hayan podido ser más fácilmente controladas mediante CBM. A pesar de ser una familia con muchas especies, no posee muchas de importancia económica, comparada por ejemplo con familias como las leguminosas o las gramíneas. Esto significa que la introducción de insectos para el control de asteráceas que sean malezas, no amenazan especies de importancia económica y por eso es mucho menos arriesgado introducirlas para el control. Por otra parte, en el caso particular de Australia, la flora nativa asteráceae es muy diferente a la flora asteráceae neotropical a la cual los insectos potencialmente controladores están adaptados.

Si las plantas de la familia Asteraceae facilitan el trabajo de CBM, lo mismo no sucede con plantas de otras familias. Como mencionábamos anteriormente, las leguminosas y gramíneas son familias que tienen muchísimas especies de importancia económica. En el caso particular de Australia, hay una complicación más, ya que el genero *Acacia* posee numerosas especies nativas que estarían expuestas al ataque de insectos introducidos para combatir malezas leguminosas como por ejemplo aquellas del genero *Mimosa*, estrechamente emparentado con *Acacia*. Existen dos malezas del genero *Mimosa* en Australia, una de ellas, *M. invisa*, será tratada a seguir.

### Control de *Mimosa invisa*

*Mimosa invisa*, nativa de América Tropical, es maleza importante en Australia, sudeste de Asia e islas del Pacífico. En Australia es un problema en pastos tropicales y plantaciones de caña de azúcar. Durante 40 años fue controlada con herbicidas a costos muy altos.

La importancia de *M. invisa* como maleza justificó un proyecto de CBM. Este se estableció en el sur del Brasil en 1981 y dio como resultado la introducción de tres especies de insectos al continente australiano. La primera de ellas es el chinche *Scamurius* sp. (Hemiptera: Coreidae), que no se estableció; la segunda es un Psyllidae, *Heteropsylla spinulosa* que ejerce un buen control, salvo cuando las lluvias son muy abundantes. Este insecto también fue llevado a Samoa Occidental en donde ha funcionado eficazmente.

Finalmente, un tercer insecto encontrado, el lepidóptero *Psigida walkerii*, no fue liberado en el campo porque las pruebas de preferencia alimentar en cuarentena mostraron aptitud para alimentarse y desarrollarse normalmente en varias especies de *Acacia*. Esta mariposa fue introducida tanto de Brasil como de Colombia. De cualquier forma *Psigida* podría ser liberada para controlar *M. invisa* en islas del Pacífico en donde no existen especies de *Acacia* que puedan ser atacadas. Un proyecto de este tipo está para ser realizado, sin embargo no ha sido posible implementarlo debido a la imposibilidad de encontrar el insecto. Durante extensivas búsquedas en la región de los Llanos Orientales de Colombia no se han encontrado suficientes individuos como para restablecer una colonia. Aparentemente la densidad de larvas es muy baja y también lo es la población de *Mimosa invisa*. Todo indica que se trata de una especie de mariposa que puede estar en vías de extinción.

### Control del helecho acuático *Salvinia molesta*

El control del helecho de agua *Salvinia molesta* ejemplifica la importancia de una correcta identificación taxonómica, tanto de la planta como del insecto, con el fin de lograr eficiencia en el control y comprensión de resultados.

Hasta 1972 *S. molesta* era conocida como *S. auriculata* y se distribuía desde el Norte de Argentina hasta las islas de Trinidad y Tobago. Cuando la especie *S. molesta* fue separada taxonómicamente de *S. auriculata* se observó además que el área de distribución de la primera estaba restringida a la región costera de Brasil al sur del Trópico de Capricornio.

Como antes de 1972 se creía que la *Salvinia* que invadía Australia era *S. auriculata* se introdujeron insectos de Trinidad con resultados desalentadores. Una vez se supo que la planta que invadía Australia era *S. molesta* se estableció un proyecto en Brasil y se introdujo la especie de gorgojo *Cyrtobagous singularis* en 1982, que controló exitosamente la planta. Sin embargo, *C. singularis*, que también había sido introducido de Trinidad en 1970, no consiguió controlar la maleza... ¿Cómo explicarlo?

La manera de alimentarse de cada uno de los biotipos dio la clave. La larva del gorgojo de Trinidad comienza y termina alimentándose externamente de los pecíolos, yemas foliares y rizomas (tallos) de *Salvinia*, mientras que en el gorgojo de Brasil la larva comenzaba igual pero más tarde empezaba a barrenar los rizomas y destruía los nodos que es de donde nuevas plantas se originan.

Estudios morfológicos de ambas poblaciones de gorgojos confirmaron más tarde que se trataba de dos especies genuinas, estrechamente emparentadas. *C. singularis*, la de Trinidad y la otra, la nueva, fue llamada de *C. salviniae*.

## ARTROPODOSIS EN COLOMBIA. UNA VISIÓN HISTÓRICA. SEGUNDA PARTE

**Rafael Valderrama Hernández I. A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Titular. U. de Antioquia, Fac. Medicina. A. A. 1226, Medellín.  
E-mail: rafavald@catios.udea.edu.co

*Muchas cosas carecían de nombre y  
para mencionarlas había que señalarlas con el dedo*

Gabriel García Márquez

*Los hechos son siempre anteriores a las razones; son muy pocos los seres humanos que  
comprenden su tiempo y abarcan todos los rostros contradictorios de la verdad*

William Ospina, *Las Auroras de Sangre*, 1999

### Introducción

Ante el temor y el reto de escribir una segunda parte de la visión histórica de las Artropodosis en Colombia, prevaleció el estímulo del interés y la fascinación por buscar, encontrar y extraer aquellos pequeños textos, sumergidos en el universo de las palabras y del lenguaje de quienes escribieron, como testigos de los acontecimientos o como relatores de la tradición oral, los hechos que aportan a la construcción de la Historia de la Entomología Médica en el país. Igual que la primer parte (Valderama, 1999), ésta es más una mirada "de curioso" sorprendido que de "científico" historiador, que reúne el interés compartido del uno y del otro por el gusto de ser sorprendidos y la voluntad de comprender

"He visto en sus páginas cómo vuelven a la vida las expediciones, los infinitos plumajes, los diálogos entre jefes de ejércitos; cómo se alzan ante nuestra mirada las selvas de América como fueron hace mucho, antes de que nuestra desdicha las arrasara; cómo arden las poblaciones, cómo cruzan el aire los dardos, cómo entra la punta envenenada en el pecho del guerrero, cómo azotan las aguas las garras del tigre, cómo alza su cabeza espantada la anaconda con un venablo en el ojo inmenso, cómo queda impresa la dentellada del caimán en el flanco de la canoa, cómo cuelga de una horca un indio vestido con un talar de fraile, cómo se pierden por secas serranías las huellas de unos hombres famélicos agobiados de oro, y no me resigno a que esas cosas espléndidas sigan perdidas"<sup>2</sup>. Este texto poético sobre la recuperación de la obra de don Juan de Castellanos, tantas veces citado en la primera parte, me permite expresar y compartir la reivindicación de nuestra autenticidad, pues "La irrupción de América no fue un episodio histórico cualquiera, no fue una guerra más: fue un hecho decisivo de la historia y cambió el mundo.(...) un fenómeno de esa magnitud, que supuso el transplante de razas enteras y la mutación de costumbres y lenguas"<sup>3</sup>.

Lamarck escribió en la Introducción a la *Historia natural de los animales sin vértebras*, que "Los animales son seres tan sorprendentes, tan curiosos, y sobre todo aquellos de los que hablo aquí, que ninguno de los medios propios para darnos una idea justa y para aclarar-

<sup>2</sup> Ospina William. *Las auroras de sangre*, Ministerio de Cultura y Grupo Editorial Norma, Bogotá, 1999, p. 24

<sup>3</sup> Ospina William. *Las auroras de sangre*. Ministerio de Cultura y Grupo Editorial Norma. Bogotá. 1999. p. 20

*nos lo mejor posible con respecto a ellos debe ser omitido*"<sup>4</sup>; afirmación que, aún con la mirada del siglo XVIII, puede aplicarse hoy a los artrópodos de importancia médica que afectan la salud humana como agentes directos de enfermedad. Muchas de las prácticas curativas, de los tratamientos empíricos y de las creencias sobre la biología y comportamiento de los artrópodos, se consideran aún como válidas y reales, pues se carece de estudios que las convaliden o las descarten; estas notas pretenden ser otro de los medios que proporciona elementos para formular una idea justa y aclarar lo mejor posible la ubicación e importancia de las Artrópodos en Colombia, en el contexto de las Ciencias Biológicas y Sociales.

La segunda parte que aquí se expone, en un formato semejante a la primera, muestra la relación entre los artrópodos venenosos y los pobladores de nuestro territorio, la fabricación de venenos a partir de ellos y cómo, también a veces, le servían de sustento alimenticio, en los albores del descubrimiento, la conquista y la colonización.

Dentro del tintero se quedan de nuevo las anotaciones sobre las pulgas y las garrapatas y sobre los estudios realizados desde el siglo XIX, hasta nuestros días. Quizás haya oportunidad de organizarlas y escribirlas en un futuro cercano.

## De los artrópodos y sus venenos

*"Guam, el niño dios de los indios tukano, consiguió llegar al reino del veneno. Allí atrapó a la hija de Curare y le hizo el amor. Ella escondía arañas, alacranes y serpientes entre las piernas. Cada vez que entraba en ese cuerpo Guam moría; y al resucitar veía colores que no eran de este mundo.*

*Ella le condujo a casa de su padre. El viejo Curare que comía gente, se relamió. Pero Guam se hizo pulga, y hecho pulga se metió por la boca del viejo, le buscó el hígado y mordió. Curare se tapó la boca, la nariz, las orejas, los ojos, el ombligo, el culo y el pene, para que la pulga no tuviera por donde escapar. Guam le hizo cosquillas por dentro y huyó en el estornudo. Volvió a su tierra volando, y en su pico de pájaro traía un pedacito de hígado de Curare.*

*Así los indios tukanos consiguieron el veneno, según cuentan los hombres de mucho tiempo, los guardadores de la memoria"*<sup>5</sup>

No sólo la agresión hecha por los artrópodos venenosos, poseedores de estructuras punzantes adaptadas para la inoculación, sino también la acción de los componentes de sus venenos, que podían matar a un adulto en horas, acrecentaron entre indígenas y españoles las creencias y leyendas sobre el poder mortal, casi mágico, eterno e indestructible, producto de dioses castigadores y violentos, que tenían algunas hormigas, arañas, alacranes, escolopendras, abejas y avispas, lo que derivó a la vez en su utilización como ingredientes de los venenos que fabricaban los indios para impregnar sus armas o administrar a sus enemigos. Servían también los artrópodos venenosos para comprobar el valor y temple de los guerreros, que después de soportar la prueba de fortaleza, la prueba del fuego y la prueba del ají, debían aprobar la prueba de las hormigas, en la cual *"la vieja que ritualiza la acción"* vuelve *"con una totuma llena de hormigas grandes que llaman jolofas, las cuales*

<sup>4</sup> Citado por Canguilhem en *Sobre lo singular y la singularidad en epistemología biológica*. Traducción de María Cecilia Gómez, Mauricio Fernández y Luis Alfonso Palau. En: Traducciones historia de la biología N° 4. Universidad Nacional de Colombia. Junio de 1998. p. 4

<sup>5</sup> Galeano, Eduardo. *Memorias del fuego. (II). Las caras y las máscaras*. Tercer Mundo Editores. 1995. Bogotá

*introduce en la hamaca que cierra en sus extremos con el fin de que no salga ninguna de ellas y el indígena estará en el padecimiento por espacio de tres horas sin mostrar el mínimo dolor y movimiento”*<sup>6</sup>

Los textos conocidos de los cuatro cronistas más sobresalientes que escribieron sobre los hechos sucedidos en los territorios por ellos explorados y recorridos, como testigos de los mismos, son ricos en alusiones a los artrópodos venenosos.

En las *Elegías de Varones Ilustres de Indias*, en 1570, Fray Juan de Castellanos es quien primero aduce a los artrópodos venenosos, especialmente a los himenópteros, como organismos molestos y venenosos:

*Y son tan inoportunas y tan prestas  
En el acometer a todas cosas,  
Que no dejan de ser algo molestas  
Y en todo cuanto pueden enojosas:*

*También hay por los valles y florestas  
Unas avispas grandes venenosas  
Cuya herida vemos ser durable  
Y altera con dolor intolerable.  
De las melíficas ninguna daña,  
A lo menos con tanta pesadumbre:  
Tienen gobierno como las de España  
Y poco diferentes en costumbre*

Mientras que Fray Pedro Aguado, en 1587, en su *Recopilación Historia*, advierte sobre la presencia y el peligro que representan los gusanos urticantes, los alacranes “*que los hay en esta tierra muy grandes y negros y muy ponzoñosos*”, y las arañas. En el *Orinoco Ilustrado*, escrito por el padre Gumilla hacia 1741, se narran los riesgos a que se exponen quienes se atreven por los caminos de la selva o por las orillas de los ríos, debido al ataque furioso de avispas, que los obliga a arrojar al agua para escapar de su asedio:

*“Si el camino es por las selvas, o en piraguas, navegando a orilla de los ríos, no es creíble cuantas especies de avisperos salen al encuentro, de avispas furiosas, a la cual peor; tales, que en tierra obligan a una fuga acelerada, y en el agua exponen al navegante a mucho riesgo. Porque no hallando los indios remeros otro refugio, sueltan los remos, se arrojan al agua, y queda la embarcación expuesta a un naufragio, y entregada a la fuerza de la corriente”*<sup>7</sup>

Consignó también el padre Gumilla algunas fórmulas para la preparación de venenos, con los venenos de los artrópodos, y de las reacciones que éstos producían, aspecto que se expone más adelante.

Más tarde, hacia 1775, cuando se estima que fray Juan de Santa Gertrudis redacta el manuscrito de las *Maravillas de la Naturaleza*, después de casi 12 años de haber estado en tierras de América, se hace mención a una variedad amplia de artrópodos venenosos.

<sup>6</sup> Cifuentes, Arturo. *Por los caminos de Gumilla, Misionero y Cronista*. Prólogo. En: Gumilla, José. *El Orinoco Ilustrado*. Imagen Editores. Santafé de Bogotá. 1994. pp. 14-16

<sup>7</sup> José Gumilla. *El Orinoco Ilustrado*. Capítulo XVI *De otras sabandijas ponzoñosas*. Imagen Editores. Santafé de Bogotá. 1994. p. 256

*"Es aquella tierra muy insulsa, de bichos y animales dañinos y venenosos. Hay muchísimos cienpiés y muchísimas arañas, y de éstas hay unas que de noche van a picar en los labios con tal sutileza que no se siente; y de la picadura quedan los labios todos apostemados de una sarna maligna. A mi me picó una y la sarna me duró 3 meses"*<sup>8</sup>

Con las referencias encontradas de los cronistas citados y de otros autores, se expone un delineamiento temático, no cronológico, de los principales grupos de Artrópodos venenosos.

### **De las coyas: lo que son, lo que hacen y de los tratamientos contra su picadura**

Entre los antiguos incas el término *Coya* se usaba para referirse a la mujer del emperador y tenía la connotación de señora soberana o de princesa. En Colombia se usó hasta mediados del siglo XX para referirse a unos artrópodos venenosos, cuya ubicación taxonómica no fue posible establecer con exactitud, por lo ambiguo de los relatos.

La mayoría de los autores que se refieren a estos artrópodos coinciden en la descripción morfológica que hacen, lo mismo que en consignar lo violento de la acción del veneno y de los tratamientos empleados antes del siglo XX.

#### Las coyas desde la mirada de los cronistas

En su viaje desde Honda hasta La Plata, Santa Gertrudis llegó a La Mesa, en donde toma aliento, disfruta del paisaje y se siente más a gusto, porque *"ya es algo más templado el calor. Tiene muchas quebraditas y bajan de la cordillera; pero el agua es blanca como leche, pero muy buena. A la que llegamos vino un mestizo y nos trujo unas sandías, que aquí llaman patillas, muy buenas."*<sup>9</sup> Allí pasaron la noche

Después de cenar, el padre y su comitiva son advertidos sobre el cuidado que deben tener al día siguiente, cuando reinicien la marcha, *"porque de aquí para adelante ya hay coyas"*

El padre pregunta extrañado: *"Patrón, y ¿qué son coyas?"* Le informan que *"Coya llaman allá a una arañita, poco más grande que un grano de pimienta, ella colorada. Tan fácil de reventar, que si le echan un soplo recio, se reventó. Si se reventó en las palmas de las manos o en las plantas de los pies, no hace daño alguno; pero si se reventó en cualquier otra parte del cuerpo, es veneno mortal tan activo, que dentro de 24 horas muere el envenenado."*<sup>10</sup>

Le asalta la duda razonable, como a cualquiera hoy si los procedimientos fueran semejantes, frente a las alternativas de tratamiento que se usan para contrarrestar la acción del veneno, en la eventualidad de tener un accidente:

*"Dos contras tiene este veneno, que le quitan la virtud; pero no sé que me escogiera más, morir o tomar la contra para vivir. La una es tomar al envenenado y atarlo a una palanca larga, y chamuscarlo a la candela bien, que propiamente es un martirio de fuego. La otra es desleir en un pilche con agua bastante excremento humano fresco, y que se lo beba"*<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Juan de Santa Gertrudis. *Maravillas de la naturaleza*. Tomo I Capítulo 4°. Biblioteca Banco Popular. Bogotá. 1970. p. 128

<sup>9</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op cit.*, p. 128

<sup>10</sup> *Ibid.*

<sup>11</sup> *Ibid.*



Finalmente, consigna algunas apreciaciones sobre el hábitat en el que se encuentran las coyas y presenta una alternativa de tratamiento diferente a las anteriores, aunque seguramente igual de ineficaz, por la inconcordancia entre la causa y el efecto:

*"Estas coyas se crían en las boñigas de las reses. Boñiga llaman aquellas tortas que por detrás echan las reses. Pero aunque se crían allí, su ordinario vivir es entre las piedrecitas de la margen de los ríos o quebradas. En otra ocasión me dijo un indio que hay una matita en donde suelen ponerse las coyas, y que sus hojas comidas también atacan la fuerza de su veneno."*<sup>12</sup>

El padre Felipe Salvador Gilij dice que las coyas son arañas temibles, cuya picadura es mortal y que el remedio es *"el asquerosísimo de englutir el estiércol humano o el cruelísimo de quemar casi al paciente que pasan varias veces a través de una llama"*<sup>13</sup>

En el relato del padre Gumilla, las coyas se presentan morfológicamente semejantes a garrapatas de color rojo; en los demás aspectos coincide con los anteriores:

*"Poco mayores son otros animalillos semejantes, llamados coyas, se perciben y ven andar, v. gr., por las manos; pero todo hombre se guarda mucho de matar alguna y aún de tocarla: son de color muy encarnado y su hechura de una garrapata menuda: el hombre, que inadvertidamente mata a una, luego que aquel humorcillo le toca la carne, con ser tan corto y casi nada, al punto se le hincha disformemente todo el cuerpo y morirá infaliblemente, si no sufre el tormento del fuego de paja, llamado guayacán.*

*El remedio único es, desnudarse y encendido el fuego en dicha paja, dejarse chamuscar de pies a cabeza, lo cual hacen cuatro, o cinco hombres con destreza, cogiendo al doliente uno de los pies, otros por los brazos, pasándole por las llamas, con lo cual se libra de la muerte: lance muy duro y remedio cruel!"*<sup>14</sup>

Le atribuye al ganado la capacidad de detectarlas por el olfato y de reaccionar ante su presencia, escapando a su ataque, pero aclara que si son ingeridas *"por estar la coya muy entremetida, o tapada entre las hojas (...) muere hinchado, sea buey, o sea caballo, no tiene remedio."*<sup>15</sup>

Concluye que *"Esta plaga se siente sólo en las tierras muy calientes, como son los llanos de Neiva y otros semejantes"*<sup>16</sup>

Los miembros de la expedición botánica Jorge Juan y Antonio de Ulloa, citados por Paz Otero<sup>17</sup>, hicieron una descripción de *"la rara patología que se encontraba muy propagada entre los aborígenes"*; no obstante su formación científica, sus notas tampoco aclaran que clase de artrópodos eran las coyas.

*"En los valles de Neiva y otros pertenecientes a la jurisdicción de Popayán se cría un insecto sumamente particular y maligno por la vehemencia del veneno que encierra en la pequeñez de su volumen. Este es un insecto a manera de araña o garrapata, tan pequeño, que no llega en el bulto al de una mediana chinche: conócese con el nombre de coya,*

<sup>12</sup> *Ibid.*

<sup>13</sup> Felipe Salvador Gilij, *Ensayo de Historia Americana. Estado Presente de la Tierra Firme*, Traducción de Mario Romero, Bogotá, MCMLV.

<sup>14</sup> José Gumilla, *Op. cit.* p. 256.

<sup>15</sup> *Ibid.*

<sup>16</sup> *Ibid.*

*y otros lle llaman coiba; su color es rojo encendido, y está regularmente, como las arañas, en los rincones que hay en las piedras y entre las yerbas: el humor que encierra en su corta extensión es un veneno tan particular en el efecto, que sólo con que se reviente el insecto y lo esparza sobre el cutis de alguna persona o irracional, introduciéndose por sus poros y mezclándose con la sangre y demás humores del cuerpo, produce en él una pronta y formidable hinchazón, a la cual es consiguiente la muerte en poco rato”<sup>18</sup>.*

Los hermanos de Ulloa al parecer sólo conocieron uno de los procedimientos curativos: el de “chamuscarse” a los dolientes con el propósito de salvarles la vida:

*“El único remedio que se ha encontrado para evadirse de ésta, es el de chamuscar (inmediatamente que empieza a hincharse la persona) todo su cuerpo con la llama de una paja que se cría en aquellos mismos llanos; y para esto toman al doliente entre los indios de estos países, unos por las manos, otros por los pies y con gran destreza hacen la operación, quedando libre el que la sufre de la muerte”<sup>19</sup>*

Se encuentra en el texto una novedad no consignada por ninguno de los otros autores, con respecto al tipo de piel más predispuesto para que el veneno penetre:

*“Pero es digno de notarse que reventando el insecto en las palmas de las manos no causa efecto contrario a la salud, cuando en el revés de ellas, o en cualquier otra parte es tan nocivo; de que se debe inferir que la callosidad regular en las palmas embebe en sí el licor y no le da lugar a que se introduzca hasta la sangre por ser tan corta la cantidad de él: así los indios arrieros que trafican por los parajes donde las hay, los estrujan entre las dos manos para satisfacer la curiosidad de los pasajeros; pero no parece dudable que si se reventase la coya en la palma de la mano de una persona delicada, y que no tuviese callosidades en ella, produciría tal vez el mismo efecto que en lo restante del cuerpo”<sup>20</sup>*

Es también este texto, el único de los consultados en donde se hacen recomendaciones para evitar que se rompa la coya, en caso de presumir que deambula, por ejemplo, por el cuello o por la cara.

*“Las gentes que trafican por estos valles, donde el peligro de las coyas es tan evidente, advertidas con anticipación por los mismos indios que les acompañan, tienen cuidado aunque sientan que les pique u hormieguee algún animalejo en el cuello o cara, de no rascarse o tocarse con la mano, porque es la coya tan delicada, que al punto reventaría; y como no hay mal efecto mientras que el licor que encierra no sale de la túnica o tela que lo contiene, avisando a alguno de la compañía registre éste la parte donde se tiene la comezón; y si acaso es coya, la hecha abajo con un soplo, que es lo bastante para quitarla sin peligro. Las bestias en quien no puede tener lugar esta advertencia, se hallan prevenidas por su instinto para librarse del riesgo de que disimuladas entre las yerbas les causen daño al pastar, guardando la cautela de dar un fuerte resoplido, como que bufan, antes de tomarla con la boca; y tal vez, si sienten por el olfato algún nido de coyas con un salto repentino o mudándose de camino dejan aquel paraje y pasan a otro, alejándose de lo que en el primero les amenaza, en cuyo modo se preveen contra el eficaz veneno de estos insectos”<sup>21</sup>*

<sup>17</sup> Jorge Juan y Antonio de Ulloa, citados por Hernando Paz Otero, *La Medicina en la conquista y la Colonia*, Talleres editoriales del Departamento, Popayán, 1964. pp. 108-109.

<sup>18</sup> Jorge Juan y Antonio de Ulloa, *Op. cit.*

<sup>19</sup> *Ibid.*

<sup>20</sup> *Ibid.*

<sup>21</sup> Jorge Juan y Antonio de Ulloa, *Op. cit.*

## Las coyas en el siglo XX

La identificación de las Coyas es aún un misterio, no es clara la ubicación taxonómica, ni la clase de organismo que es, aunque todo pareciera indicar que eran arañas; el papel de artrópodo muy venenoso, que causaba accidentes graves durante el descubrimiento, la conquista y la colonia, prácticamente desapareció de la literatura médica colombiana. Las referencias más recientes sobre problemas causados por ellas corresponden a la primera mitad de este siglo.

En 1914 el médico tolimense Carlos Aguirre Plata publicó un trabajo en donde se describe con mayor detalle la morfología, con los términos correspondientes a la morfología de los arácnidos, y se atreve a aproximar una identificación comparándola con una especie existente en Italia y en España, pero no aclara si es una comparación pictórica o de qué tipo. Escribe que *"La coya es una araña pequeña de cefalotórax y patas negras; el abdomen, que forma una masa blanda y globulosa, es de color rojolaca, con una mancha negra más pronunciada en la cara dorsal del abdomen y al nivel de la extremidad posterior del cefalotórax, la cual se dirige, disminuyendo progresivamente, a las partes laterales del abdomen, para desaparecer, ya casi imperceptible, a la extremidad posterior del abdomen (...) La coya se parece a la latrodectes tredecimguttatus, llamada malmignata, cuyo cuerpo es de color negro de pez y tiene trece manchas rojas en el abdomen; araña cuya picadura; al decir de algunos autores, inspira terror aun cuando sus efectos tóxicos no estén aún suficientemente comprobados para el hombre. Esta araña se encuentra en Italia y España"*<sup>22</sup>.

El hábitat se ha ampliado en relación con el descrito hasta entonces y se ha hecho más peridoméstico; ahora se le encuentra más cerca del hábitat humano: *"se encuentra en esta región, entre otras partes, principalmente en Mariquita, y tiene como sitio de predilección los intersticios de las uniones de los rieles del ferrocarril (...). También suele encontrarse en unos puntos de la línea férrea comprendidos entre Mariquita y Honda; llamadas Padilla y Frutales y en el cementerio de esta ciudad. Es una araña carnífera que hace cacería a los saltamontes y grillos"*<sup>23</sup>.

Si bien es cierto que persistían las creencias sobre la manera como se producía el accidente, por destripamiento del artrópodo, se descubre en este trabajo que se creía también que era "la orina" la responsable de los efectos tóxicos, y se menciona por primera vez el mecanismo de inoculación por medio de estructuras especializadas:

*"Existe la creencia que esta araña no pica sino en las partes vellosas; así se afirma que se podría tener impunemente en la palma de la mano. Las gentes creen que los fenómenos tóxicos que produce este animal se deben a la secreción de la orina: esto es erróneo. "Las arañas venenosas poseen un aparato del veneno colocado en dos pares de apéndices llamados queliceros, biarticulares; en la cima de estos apéndices se abre el canal de evacuación de una glándula alojada en el céfalotórax (Lanessan).*

*Colocada en un frasco esta araña arroja un líquido lactecente pegajoso y de reacción ácida al tornasol. Se ignora si este líquido sea el veneno o cualquier otra secreción de su veneno."*<sup>24</sup>

<sup>22</sup> Carlos Aguirre Plata. "La Coya", Revista Médica de Bogotá, Año XXXII, Número 385, julio de 1914, pp. 394-398.

<sup>23</sup> *Ibid.*

<sup>24</sup> Carlos Aguirre Plata, *Op. cit*

Se registra el efecto neurotóxico del veneno, pero no se describe el cuadro semiológico:

*"Poseemos varias observaciones de picadura de coya, y en todas notamos perturbaciones del sistema cerebroespinal. Se afirma que la picadura de la coya produce la muerte veinticuatro horas después; yo no he visto ningún caso de muerte todavía (...) Los efectos tóxicos que produce son manifestaciones de forma cerebro espinal.*

*A pesar de lo pequeño de la araña produce fenómenos muy graves en adultos vigorosos; es de presumir que en los niños y personas agotadas pueda causar la muerte."*<sup>25</sup>

Después de 200 años de haberse registrado la ingestión de fecales de humanos para el tratamiento de la picadura de coya, la costumbre persistía entre "la gente ignorante". El médico instaura un tratamiento que busca prevenir infecciones, mantener la lucidez del paciente con estimulantes y limpiarlo interiormente con una purga, según se acostumbraba en la época; el paciente mejora.

*"No está por demás hacer notar la ignorancia de ciertas gentes de esta región, que parece increíble sean tan sucias al aconsejar como tratamiento para la picadura de coya una disolución de materia fecales humanas, filtradas.*

*Prescribimos aplicaciones antisépticas locales, un purgante y estimulantes difusibles. Té caliente por alimentación, y todo desapareció inmediatamente."*<sup>26</sup>

Con base en los casos clínicos que manifiesta haber manejado el autor, en los cuales existía el antecedente de picadura del artrópodo, concluye algo que ya se sabía, pero que no se conocía la razón:

*"Conclusiones: la araña coya es venenosa."*<sup>27</sup>

Tal vez una de las últimas publicaciones hechas en Colombia sobre la coya, fue la del médico barranquillero Rafael Hamburger en 1938, en la se que se puede notar que se amplía el rango de distribución del artrópodo a la Costa Atlántica, antes muy restringido a algunas zonas del departamento del Tolima, como se constata en las referencias anteriores.

Este médico, igual que "muchos de nuestros colegas" que "piensan como nosotros pensamos"<sup>28</sup> era escéptico en creer en "las leyendas acumuladas en las consejas familiares sobre éste arácnido"<sup>29</sup> y "porqué no confesarlo?, creíamos que el efecto de tal mordedura era exagerado por los ignorantes"<sup>30</sup>, quizás por "haber muchas veces comentado jocosamente el tratamiento aplicado por el vulgo a las personas mordidas por aquel"<sup>31</sup>.

*"Hoy convencidos de lo contrario (...) creemos de interés publicar la siguiente historia clínica de un caso de mordedura por la "coya" relatando los hechos tal como los anotamos, sin añadir ningún comentario"*<sup>32</sup>

<sup>25</sup> *Ibid.*

<sup>26</sup> *Ibid.*

<sup>27</sup> Carlos Aguirre Plata. *Op. cit.*, pp. 394-398.

<sup>28</sup> Rafael Hamburger. *Mordedura por "La coya" (Historia Clínica)*, Revista de Medicina y Cirugía, Vol. V, Num. 11, 1938, pp. 11-12.

<sup>29</sup> *Op. cit.*

<sup>30</sup> *Op. cit.*

<sup>31</sup> *Op. cit.*

<sup>32</sup> *Op. cit.*

Presenta una clasificación no referenciada y apenas considerada por él como probable:

“A la “coya” probablemente corresponde la siguiente clasificación zoológica:

<i>Orden</i>	<i>Arácnido.</i>
<i>Suborden</i>	<i>Arácnido de tela.</i>
<i>Familia</i>	<i>Theridae.</i>
<i>Género</i>	<i>Latrodectus.</i>
<i>Especie</i>	<i>Latrodectus Curacoensis.”</i> <sup>33</sup>

El esfuerzo de Hamburger por presentar una clasificación zoológica, lo lleva a consignar errores que no han debido ocurrir porque, asumiendo que son arañas, para la época los taxones en cada una de las categorías estaban claramente nominados y aceptados: Orden *Araneae*, Suborden *Araeonomorphae*, Familia *Theridiidae* (Sundevall, 1833), Género *Latrodectus* Walckenaer (1805), Especie *Latrodectus curacaviensis* Muller (1776).

Según Hamburger, “*vive esta araña en las carrileras del Ferrocarril, y en los lugares abiertos de nuestros montes vecinos; teje una tela bastante simétrica y se distingue por tener cefalotórax negro y el vientre rojo y con rayas del mismo color*”<sup>34</sup>, descripción que diverge de la de Aguirre Plata en la coloración del abdomen<sup>35</sup>, presumiéndose entonces la existencia de otra especie, o una sub especiación derivada de las variaciones ecológicas.

Las imprecisiones detectadas, la no claridad sobre qué clase de artrópodo era (algunos lo refieren como insecto, otros como arañas y otros como garrapatas) y el no haberse encontrado ninguna descripción morfológica precisa, ni ninguna clasificación confiable, hechas por especialistas, plantean la duda de que realmente no se sabe lo que era la coya, así todo parezca indicar que se trataba de arañas; sería de gran utilidad, por lo menos a nivel histórico, que si existen especímenes en las colecciones del país, registradas con el nombre común de coyas, se pudiera confirmar su ubicación taxonómica; si la identificación correspondiera con el género *Latrodectus*, cabría la posibilidad de que fueran *L. geometricus* C.L. Koch (1841) o *L. curacaviensis* Muller (1776), especies registradas para Colombia, según una de las principales especialistas suramericanas en arañas<sup>36</sup>.

El cuadro clínico que describe Hamburger, el único que se encontró en la literatura consultada, coincide con el que se presenta efectivamente en accidentes por picaduras de arañas del género *Latrodectus*:

*“ Antecedentes: Refiere la madre que el insecto mordió al niño a las cinco de la tarde del día 24 en la mamila izquierda. Inmediatamente se presentó temblor generalizado (“como si tuviera fiebre de frío”, dice la madre) y gran dolor en el sitio de la mordedura.*

*El niño es traído al servicio el día 25 por la mañana, con un aspecto hebetado, semi herático, ligera rigidez de los brazos y de las piernas, abdomen timpánico, con enorme defensa muscular. La consistencia de la pared abdominal es casi leñosa. Todo el cuerpo pero especialmente los muslos y las piernas están cubiertos de unas manchas roji-*

<sup>33</sup> *Op. cit*

<sup>34</sup> *Op. cit*

<sup>35</sup> Ver referencia 22.

<sup>36</sup> Silvia Lucas. *Principais Aranhas e Escorpões de Interesse Médico. Reconhecimento. Distribuição Geográfica no Continente Americano*, En: Soerense B. *Animais Peçonhentos*, Atheneus Editora, Rio de Janeiro, 1990, pp. 58-59.

zas, grandes, no salientes, que no rascan. El ritmo respiratorio parece invertido, siendo más larga la espiración, la que se detiene a veces para volver a reanudarse, tal como si la rigidez de la pared no dejara volver a ésta sobre sí misma, sino a pequeños saltos.

Llama poderosamente la atención un priapismo marcadísimo, que, como veremos luego, fue el índice de la mejoría de nuestro enfermo. Paresia intestinal y vesical. Orina pequeñas cantidades con mucho esfuerzo. El examen de la orina no permite encontrar sangre ni albúmina. (...) En el lugar de la mordedura no se observa nada anormal. La piel se encuentra en ese punto perfectamente igual a la del resto del cuerpo... "37

El tratamiento de las picaduras de arañas de este género, cuando no se dispone de suero que contrarreste la acción del veneno, está dirigido a restablecer los signos vitales y a disminuir la contracción muscular y el dolor, lo cual hace el médico Hamburger, con buenos resultados. Comenta que "el pueblo y los yerbateros tratan estos casos con solución de materias fecales en agua de panela, y otros más instruidos con cataplasmas de "indigo" o infusión de la misma yerba" 38; se introduce el "indigo", cuya identificación no se especifica, como otra alternativa de tratamiento.

Después de haber atendido un paciente, de referirse al posible agente y de conocer la existencia de otros casos, el escepticismo de este médico no desapareció, como se entrevé en su nota final, que cierra también esta mirada sobre las coyas:

"Como lo dijimos antes no hacemos ningún comentario, pero si queremos recordar que autores tan notables como James H. Emerton, quien escribió el libro "La araña común de los Estados Unidos", niega la toxicidad del veneno de los arácnidos" 39

### De las tambochas, de las limpiadoras y de otras hormigas venenosas

- ¡Tambochas, tambochas! ¡Y los caucheros están aislados!

"¡Tambochas! Esto equivalía a suspender trabajos, dejar la vivienda, poner caminos de fuego, buscar otro refugio en otra parte. Tratábase de la invasión de hormigas carnívoras, que nacen quien sabe donde y al venir el viento emigran para morir, barriendo el monte en leguas y leguas, con ruidos lejanos, como de incendio. Avispas sin alas, de cabeza roja y cuerpo cetrino, se imponen por el terror que inspiran su veneno y su multitud. Toda guarida, toda grieta, todo agujero; árboles, hojarascas, nidos, colmenas, sufren la filtración de aquel oleaje espeso y hediondo, que devora pichones, ratas, reptiles y pone en fuga a pueblos enteros de hombres y de bestias." 40

Ficción o realidad, el drama y los abatares de Arturo Cova y de sus compañeros a quienes "¡devoró la selva!" en *La vorágine*, no difieren de los múltiples padecimientos de indígenas, españoles, negros, mestizos y mulatos, que igualmente se atrevieron por la selva de América desde el siglo XV, y que se conocen en merced de los relatos de cronistas e historiadores, algunos de los cuales fueron testigos y actores.

37 R. Hamburger, *Op. cit.*, p. 13.

38 R. Hamburger, *Op. cit.*, p. 14.

39 *Ibid*

40 José Eustasio Rivera. *La vorágine*, Biblioteca de Literatura Colombiana, Editorial Oveja Negra, Bogotá, Sin fecha de edición, pp. 201-202

Las selvas tropicales del mundo se caracterizan entre otras cosas por la gran abundancia de insectos y de otros artrópodos, distribuidos en los más diversos hábitats que allí se puedan encontrar: suelo, agua, troncos caídos, raíces, árboles, arbustos, hierbas y animales. Las hormigas son los insectos más comunes en los bosques de tierras bajas y pueden llegar a constituir hasta el 90% de la biomasa de los artrópodos de las copas de los árboles<sup>41</sup>. Se estima que las hormigas pueden constituir entre el 30 de biomasa y hasta el 50 por ciento del número de los artrópodos en un bosque tropical; ¡un solo árbol de la selva peruana posee más especies de hormigas que todo el Reino Unido!<sup>42</sup> cantidad suficiente para hacer creíble lo que de ellas nos legaron los escritores, de ficción o de no ficción.

### Abundancia y hábitats

Entre las cosas "*raras y maravillas que hay desde Almaguer hasta el río del Putumayo*"<sup>43</sup> avanzando por entre selvas, ríos y pantanos, fray Juan de Santa Gertrudis conoció y describió varios sitios en los que se encontraban hormigas venenosas, decía por ejemplo que:

*"Hay unos árboles por estas serranías, que todos los años largan la cáscara y crían de nuevo. Se hace él muy alto, sin rama alguna. Arriba cría su copa muy frondosa con unas hojas como la palma de la mano; pero todas dobladas por en medio, que forman unas bolsitas, y estos son los nidos de unas hormigas que hay muy coloradas, y tan malas que su picadura dura su dolor 24 horas como la picadura del alacrán"*<sup>44</sup>

Ante la necesidad de cortar leña para hacer fuego o para la construcción de utensilios o de refugios temporales, los indios eran mandados a cumplir con esa labor, pero además de ser "*una gente que para lo bueno son más estópidos que un jumento; pero para lo malo tienen más malicia que un abogado viejo*"<sup>45</sup>, cuando se daban cuenta qué árbol es el que les mandaba cortar y que allí habían hormigas, simplemente no obedecían, porque quizás eran testarudos, ¡pero no bobos!. Así que la labor la tenía que hacer el padre, hasta donde las hormigas se lo permitían:

*"No hay medio de que ningún indio, por más que se lo manden, que quiera ir a cortar uno de estos árboles, que los llaman guayabo cimarrón; porque al primer hachazo o machetazo que se da al tronco, se le caen una partida de ellas, y con los piquetes que dan, lo harán huir más que de prisa, como me sucedió a mí, que sin saberlo, fui a cortar uno". Yo no le di más de tres golpes, y al tercero ya me hubieron dado bastante picotazo en el cuello con tal dolor, que fue preciso arrojar a toda prisa capilla y hábito, si no me matan; y sin embargo de haberme aplicado al instante tabaco mascado, me duró 24 horas el dolor, que parecía estar todo mi cuerpo envenenado."*<sup>46</sup>

Ya en el Putumayo:

*"En uno de estos días arrimamos al monte. Había llovido toda la mañana y al saltar a tierra vi que los indios con el machete empezaron a dar machetazos a un tolondrón que*

<sup>41</sup> Fernando Fernández. *¿Por qué hay tantas hormigas en los árboles?*, Innovación y Ciencia, Volumen VII, N° 1, 1998, pp. 42-49.

<sup>42</sup> Fernando Fernández, *Op.cit.*, p. 44.

<sup>43</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op. cit.*, Tomo I Capítulo 6º, p. 223.

<sup>44</sup> *Ibid.*

<sup>45</sup> *Ibid.*

<sup>46</sup> *Ibid.*

*estaba colgado de una rama. Ello parecía un barril puntiagudo de cada lado. Ellos lo hicieron pedazos, y vi que dentro estaba todo esponjado. Prendieronle candela, y arde mejor que carbón”*<sup>47</sup>

Le respondieron que era un nido viejo de hormigas, cuando preguntó ¿qué era aquello? Y le explicaron qué hormigas y cómo lo construían, y para que servía después de ser abandonado:

*“Hay por aquí unas hormigas que fabrican estos nidos. A la parte de afuera tenía su embetunado para que no le pase el agua. Y si hubiera sido nido nuevo con hormigas era preciso irnos luego de aquí, porque al romperles el nido salen todas a la defensa con tal tenacidad, que más que sea un oso, o tigre o culebra que allen se la comen; porque en solo un nido hay millones de millones. Yo pregunté de qué fabricarían aquellos nidos, viendo que ardían mejor que carbón, y me dijo que de los árboles podridos lo fabrican mixturando algunos ingredientes más, que les enseñó la naturaleza. Entonces conocí que aquel carbón de piedra que suelen traer los navíos ingleses y holandeses no era piedra tal, sino la materia de estos nidos molida y vuelta a cuajar con agua”*<sup>48</sup>.

Otro día, cuando entró al monte para cazar unos paujies “hube de encontrar un bolsote como aquellas cartucheras que llevan a la garupa los granaderos, colgando de una rama. Ello de una parte y de otra parecía gamuza de color canela oscuro (...) Dentro estaba todo hecho esponja de color canela algo más claro; pero ni aquello era algodón ni era seda. Tenía de la seda lo fino y dócil y lo flojo del algodón<sup>49</sup>; ese “bolsote” de tan fina textura correspondía a un nido de hormigas blancas, muy estimadas por los indios para usarlas como carnada de zambitos, pequeños peces que era obligación del marido suministrar a su mujer desde cuando empezaba el embarazo hasta cuando nacía la criatura, “y con estas hormigas es que aparejan el anzuelo para cogerlo. Y de no, se valen del barbasco, que es una hierba que hay por allí. Esta la machacan y echan en los remansos del río este jugo; y con él se emborracha el pescado, y así lo cogen con facilidad, pero queda algo desabrido; y si después la criatura muere, la mujer da la culpa al marido, porque le dio zambito embarbascado, a que atribuye la muerte del guagua”<sup>50</sup>

Con una buena provisión de zambitos dentro del sarapo, asados y conservados al humo, la mujer se dirige sola al monte a culminar en medio de la naturaleza un proceso tan natural, como lo describe fray Juan en bello lenguaje:

*“Así que la mujer se siente ya cercana al parto, toma un sarapo de zambitos asados, y con él se va al monte sola, y a la margen de un charco o quebrada arma su rancho, y allí se está hasta que pare. En pariendo ella sola allí se compone. Parió, se lavó y lava a la criatura, y con ella se viene a su casa”*<sup>51</sup>

*El palo santo es amargo, dice la canción, pero es también refugio adecuado de unas hormigas malignas y ponzoñosas, según el padre Gumilla, quien sume que le han puesto ese nombre “porque lleno todo su interior de hormigas malignas y ponzoñosas, él no se da por entendido: antes parece que hace gala de que le estén royendo continuamente el corazón: porque no hay árbol que le iguale, ni en lo derecho y alto de su tronco, ni en lo coposo y bien poblado de su copa, la que coronó, no con solas flores, sino con ramilletes de flores, tantos*

<sup>47</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op. cit.*, Tomo II Capítulo 7<sup>o</sup>, p. 274.

<sup>48</sup> *Ibid.*, p. 275.

<sup>49</sup> *Ibid.*

<sup>50</sup> *Ibid.*, p. 276.

<sup>51</sup> *Op.cit.* Tomo 1 Capítulo 7<sup>o</sup>, p 223.



*cuantos son los retoños con que reverdece; y entre tanto abrigan en su seno unas hormigas pequeñas y de color rubio.”*<sup>52</sup>

Es extraño que estén esas hormigas allí, en donde aparentemente no tienen de qué alimentarse, a no ser que, como lo cree el padre, *“ellas sólo se mantienen del jugo del palo santo, porque no se apartan de él para buscar comida, como se ve en otras hormigas: lo más que se llegan a apartar del pie de aquel árbol, es hasta tres, o cuatro pasos; y son de tal malignidad sus pies, que en todo aquel contorno que pisan, no nace una yerba, ni chica, ni grande”*<sup>53</sup>. De cualquier manera, la limpieza que hacen puede ser un aviso de alerta para quienes saben la causa, o una trampa para quienes no lo saben, que atraídos por una refrescante sombra bajo un árbol frondoso, de contornos limpios de hierba, se sientan a descansar o se recuestan en su tronco; efímera pretensión porque *“en llegando a picar una en la mano, deja una ardiente y rabiosa comezón para todo el día; y si sucede (lo que es muy frecuente) que piquen al pasajero ocho, o diez de ellas, fuera de la comezón intolerable, ha de sufrir veinticuatro horas de calentura: trabajo muy ordinario para los pobres forasteros, que por no saber lo que aquellos árboles ocultan, se sientan a su sombra, echan mano para cortar una vara, o al dar un salto, se afirman en alguno de aquellos troncos: ni es menester tanto, basta para recibir esta pesada plaga”*<sup>54</sup>

#### De las temidas limpiadoras

*“Estas hormigas que llaman limpiadoras es una especie de hormiga negra chiquita. Andan ellas juntas que son muchas, y llevan un ancho de 10 a 12 varas de cuadro, formando líneas a 2 vientos, tan arregladas, que en un llano limpio como yo las he visao, forman un pedazo de red esparcida, formados aquellos cuadritos espesos perfectamente. Ellas no comen ninguna cosa de comida, sí sólo bichos y cucarachas, culebras y aún todo animal viviente. Y eran capaces de comerse a un hombre también, si quería porfiar a no huir corriendo. Es esta cosa que la he visto varias veces. Ellas pues llegan a una casa. La gente al instante se huye. Cuanto hay en la casa de comer está seguro, que ellas no tocan nada. Lo que hacen: entre las hojas, cañas y cobija todo lo andan, y cuantos bichos, arañas, culebras, etc., hay, todo se lo comen, y queda la casa del todo limpia, y por esto las llaman las limpiadoras. La gente hasta que se van, no van a la casa, y cuando van la hallan limpia”*<sup>55</sup>

Se encuentra una gran coincidencia entre este relato y el de *“las tambochas”*, de José Eustasio Rivera, escritos con al menos 200 años de diferencia; como no es posible demostrar si el último tuvo acceso a la obra de Santa Gertrudis, lo que es altamente improbable, se deben considerar los dos como testificación de la existencia de unas hormigas voraces que atacaban en masa y que devoraban cuanto animal se cruzara en su camino, por las selvas de las selvas de la Orinoquia y la Amazonia colombianas, ¡de las que no se ha vuelto a saber nada!

Sin embargo, parece que no sólo estaban restringidas a esas regiones, pues en un relato anterior, Santa Gertrudis las escucha mencionar y padece por su asedio, durante su viaje de Tunja a Honda, en el *Guayabal de Santa Fe*, una noche lluviosa a orillas de la *quebrada de Mojabobo*, después de ser testigo de la aparición de un demonio con figura horrorosa de hombre y con una cara de gigante que hacia más bulto que su cuerpo, que en medio de un

<sup>52</sup> José Gumilla, *Op.cit.*, p. 288.

<sup>53</sup> *Ibid.*

<sup>54</sup> *Ibid.*, p. 290

<sup>55</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op.cit.*, Tomo I, Capítulo 7°, p. 295.

fandango, cerca de la media noche, se aparece y toma por el cabello a un mestizo mozo de veintitrés años y se lo lleva por el aire, manteniéndolo suspendido durante tres horas:

*“Ya que cenamos, compuse mi cama y me puse a dormir. Serían las diez de la noche cuando vinieron al rancho las hormigas limpiadoras. Yo que sentí tanto hormiguero en mi cuerpo, díjele al mozo: Mira, trae luz, que aquí no sé que hay.. El me respondió: Padre esto serán hormigas limpiadoras que han venido; no hay otro remedio sino huir. Yo ya había oído decir lo que hacían, y lo tenía por chanza; hasta este punto no las había visto, pero esta noche lo vi por la experiencia.*

*Yo viendo que estaba lleno de ellas, no tuve otro remedio sino a toda prisa tomar la hamaca, y quitarme y dejar allí toda la ropa, y ya limpio de ellas irme desnudo monte adentro a dormir. Serían las tres de la madrugada cuando ellas ya estuvieron otra vez conmigo, y por las cuerdas de la hamaca se vinieron a mí. Yo dormía lindamente, pero los picotazos que me daban me despertaron, y a toda prisa descolgué y sacudí la hamaca, y me sacudí de ellas a mí, y me volví a internar más monte adentro. Yo ya no me pude volver a dormir. Al empezar a rayar el día ya las hormigas estaban conmigo entrándose por las cuerdas de la hamaca. Yo a toda prisa la desaté y me fui al rancho y lo hallé sin una hormiga”*<sup>56</sup>

Después de noche semejante, de vuelta al rancho, se vistió y se dispuso a almorzar mientras esperaba al mozo que se había ido a traer las bestias, quien regresó después de mucho tiempo diciendo que se habían ido, posiblemente por el acoso de las limpiadoras. Pasadas las cinco de la tarde volvió el indio sin las bestias, por lo que debieron pasar ahí la noche; cuando resignado se fue a la cama, lo sorprende *“bajo la cabecera una araña negra del tamaño de un cangrejo y entre las piernas colorada. Aguardé a mi mozo y se la enseñé, y averiguamos que no solo estaba muerta, sí que también vacía, y solo la concha había quedado entera, porque las hormigas limpiadoras la noche antes la toparon y se la comieron.”*<sup>57</sup>

Por fortuna habían ido esa noche las limpiadoras, pues su ayudante también le informó que esas arañas *“que crían una concha, y son del tamaño de un cangrejo grande y entre las piernas son coloradas”*<sup>58</sup>, tenían una picadura mortal y que tenían un veneno tan activo *“que dentro de una hora moría el que picaba tal araña. Entonces di gracias a Dios que había mandado a las hormigas limpiadoras aquella noche, que de no, pudiera haberme picado y me iba a la otra vida con su veneno”*<sup>59</sup>

Las arañas a las que se alude en el relato parecen corresponder con las arañas grandes suramericanas conocidas como *polleras* y *tarántulas*, que ocasionan picaduras muy dolorosas por la acción de penetración de sus largos quelíceros, estructuras de un centímetro de longitud o un poco más, dependiendo de la especie, que penetran profundamente en los tejidos de las víctimas; se les atribuía acción curativa, especialmente útiles contra los problemas odontológicos. Se ha demostrado que el veneno de las especies suramericanas no originan cuadros clínicos graves que comprometan la vida de las personas accidentadas; son animales activos y agresivos de tamaños a veces superiores a los de la palma de la mano de un adulto, ¡no muy atractivas para encontrárselas bajo la almohada!

<sup>56</sup> *Op. cit.*, Tomo II, Capítulo 7°, p. 238.

<sup>57</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op. cit.*, p. 240.

<sup>58</sup> *Op. cit.* Tomo I, p. 294.

<sup>59</sup> *Op. cit.*, Tomo II, p. 240.

*“Tenía ella dos colmillos largos y arqueados como una culebra (...) del tamaño de media aguja de bastante grueso. Díjome el mozo que sus colmillos eran muy apreciados, porque era contra dolor de muela picando con él la encía hasta sacar sangre. Yo me los lleve y el uno lo perdí. El otro lo mandé engastar en plata, y en la ciudad de Quito lo experimenté con una señora perseguida por este dolor. Ella a lo que experimentó el efecto, no me lo quiso volver, y se quedó con él”*<sup>60</sup>

### **Gusanos urticantes y genitalia femenina como tratamiento**

*“Tiene esta tierra particular cuenta con unos gusanos que se crían y andan por los árboles y yerbas. Son Velloso y de diversos colores: hay verdes y negros cuya ponzoña se extiende hasta el pelo o lana que los cubre, y causa tal operación en el hombre, que a la hora se envara y siente muy particular e intrínseco dolor en todas las coyunturas y miembros del cuerpo, de suerte que pocas otras ponzoñas de culebra llegan en sus primeras observaciones a hacer el dolor y alteración que le da este gusano. Al principio que los españoles entraron en esta tierra, fueron algunos picados de ellos, y como se hallaban en breve tiempo y atormentados de un muy gravísimo dolor, presumiendo ser irremediable su mal y más nocible, disponían sus ánimas y conciencias haciendo lo que eran obligados como si estuvieran en verdadero artículo de muerte”*<sup>61</sup>

Para aquellos soldados que “estaban arriesgando el cuerpo en una aventura demencial y les parecería temerario arriesgar también el alma dejándose atrapar por las trampas de la perplejidad y de la imaginación, que a cada instante les ofrecía su osadía”<sup>62</sup>, un episodio como el relatado por Aguado, completamente ajeno y desconocido, les debió plantear inquietudes y vacilaciones que perturbaron su fe y menguaron sus fuerzas, hasta el punto que se dispusieran a entregar su alma.

Pero el acceso al antídoto apropiado los recuperó de sus atribuciones corporales y espirituales: *“mas después que conocieron de donde les procedía el daño, lo remediaron con facilidad por diversos métodos. En la hora que se siente el hombre mordido de este gusano, a quien en esta tierra llaman sabandijas por su mala propiedad, luego acude a buscarlo, y si lo halla mávalo y sácale las tripas, y con el herbaje que dentro de ellas halla se unta la picadura, con que ataja todo dolor y alteración”*<sup>63</sup>

Si el accidente ocurrió en la noche y el gusano no se puede encontrar *“para remediarse con él, si la picadura fue en el dedo o en parte semejante, métela en el sexo de la mujer, y con aquesto ataja la furia de la ponzoña, de suerte que esta manera de curar me parece que con una ponzoña se cura otra; y no solo la de este gusano o sabandija se cura con este remedio, pero la de los alacranes, que los hay en esta tierra muy grandes y negros y muy ponzoñosos, y arañas”*<sup>64</sup>.

El problema para los soldados debió ser que no llevaban consigo y a disposición el mencionado antídoto, mientras que los nativos sí podían tomar las medidas de prevención adecuadas, según se desprende de lo escrito por Aguado:

<sup>60</sup> *Op.cit.*, p. 241

<sup>61</sup> Pedro Aguado, fray, *Recopilación Historial*, Biblioteca de la presidencia de Colombia, Bogotá, 1956.

<sup>62</sup> Ospina William. *Las auroras de sangre*, Ministerio de Cultura y Grupo Editorial Norma, Bogotá, 1999, p. 131

<sup>63</sup> Pedro Aguado, fray, *Op.cit*

<sup>64</sup> *Ibid.*

*"Y acerca de esta manera de curar certifican algunos españoles que en ciertas partes de estas Indias hay una provincia cuya tierra produce y cría cantidad de víboras y otras ponzoñosas culebra, cuyos naturales jamás caminan sin llevar consigo mujeres, para que si en el camino fueren picadas de alguna víbora o culebra ponzoñosa, hallar a la mano la cura y remedio; y aún hay personas que esta medicina la han entendido ser provechosa contra la flechadura de yerba, si está en parte en donde puede usar de ella"*<sup>65</sup>

Las larvas de lepidópteros de la familia Megaloygidae, conocidas en el país con los nombres comunes de gusanos barba de indio o gusano pelo de indio (*Megalopyge lanata*), y gusano pollo (*M. ornata*)<sup>66</sup>, son las que se implican como responsables de estos accidentes.

En su trabajo sobre la medicina tradicional en Colombia Virginia Gutiérrez de Pineda confirma que esta práctica aún persiste: *"parece ser que la genitalia femenina tenía una doble valoración, curativa y causante de enfermedad, versión que hoy se manifiesta en todo el país. Todavía en los llanos orientales, se curan las picaduras de alacranes y gusanos, tomando de la vagina su secreción natural en un algodón, se aplica a la picadura de la raya o sentándose la mujer desnuda sobre la herida"*<sup>67</sup>

No se menciona con qué frecuencia ocurrían estos accidentes, ni cómo; ni si las mujeres eran inmunes a los efectos, o qué hacían ellas para salvarse si no lo eran. Vacíos que deja una epopeya con marcado tinte machista.

Algunos artrópodos expelen con fuerza sustancias de acción vesicante irritativa, como ciertas especies australianas de mil pies y algunas de coleópteros de las familias Staphylinidae, y Meloidae, mas la eyección de ese tipo de sustancias por larvas de lepidópteros no se encuentra suficientemente documentada y el relato de fray Juan de Santa Gertrudis fue el único que se encontró al respecto. Allí se detalla lo que ocurrió cuando la larva se defendió de las molestias que le hacía el sacerdote y se señala, una vez más al tabaco, panacea universal de la época, para el tratamiento de los efectos de la sustancia que lanzó la larva a la cara del desprevenido fraile:

*"Del pueblo de San José al de Santa Clara de Mocoa hay cinco días de camino (...) Yo en interim hice un cigarro; y esto nos encargaron mucho el uso del chupar, porque las culebras de abunda tanto aquella tierra, huyen al olor del tabaco. Senteme en una piedra chupando, y vi un gusano verde del grueso del dedo índice y un poco más largo, todo el vestido de conchas a modo de los camarones marinos. Yo como lo vi tan torpe en el andar, tomé una vara y lo hice encaramar en ella, y me puse a mirarlo de cerca.*

*Como iba chupando, le tiré una bocanada de humo; pero lo propio fue llegarle el humo, levantó todas las conchas y me despidió unos chisquetes de agua cristalina, y me llenó todo el rostro. Al instante se despidió una fragancia tan aromática, que llenó todo aquel puesto, como si hubieran allí rociado agua rosada; pero a breve rato comenzó a darme comezón la cara. Yo viendo que se iba por puntos aumentando más y más, conocí que había sido veneno que me echó el gusano para defenderse. Me valí del tabaco mascado y me unté toda la cara. Con todo me duró la comezón hasta la noche, y se me hinchó la cara, que dos días me dio bastante que hacer."*<sup>68</sup>

<sup>65</sup> *Ibid.*

<sup>66</sup> Rodrigo Angel, *Lepidopterismo y Erucismo*. En: Memorias del Primer Simposio Colombiano de Toxicología. Ecográficas Limitada, Medellín, 1998, pp. 189-191

<sup>67</sup> Virginia Gutiérrez de Pineda y Patricia Vila de Pineda, *Medicina Tradicional de Colombia. El Triple Legado*, Volumen 1. Universidad Nacional de Colombia., 1985, p. 47

<sup>68</sup> Juan de Santa Gertrudis, *Op.cit.*, Tomo I., Cap 6º, p 230

## Venenos para los venenos

Para cazar o defenderse, muchos pueblos indígenas, como los caribes, los guayupes de los llanos orientales, o los palenques o patangoros del actual departamento de Antioquia, los catios, los bogotaes y los muiscas, entre otros, utilizaron armas de diferentes formas y efectos: flechas, dardos, lanzas, macanas y cuchillos, que impregnaban con venenos preparados con extractos de plantas o mezclando plantas y animales ponzoñosos, como alacranes, arañas y hormigas. El ingenio y la destreza en la fabricación de las armas, a partir de elementos naturales, como caña brava, tallos y espinas de palmeras, púas de raya, huesos de animales y piedras, fue reconocida por los españoles, como se aprecia en esta nota:

*"Todas estas gentes destas islas que fasta agora se ha visto no poseen fierro ninguno. Tienen muchas ferramientas ansi como hachas é azuelas hechas de piedras tan gentiles é tan labradas que es maravilla como sin fierro se pueden hacer"*<sup>69</sup>

El espíritu beligerante de los indígenas era notorio, especialmente de los que habitaban en la selva o que estaban en proceso de "domesticarse", como lo señala Gumilla<sup>70</sup>, quien considera que "es ciertamente hombre" pero que "su falta de cultivo le ha desfigurado tanto lo racional", por lo que en el sentido moral se atreve a decir "*Que el indio bárbaro y silvestre es un monstruo nunca visto, que tiene cabeza de ignorancia, corazón de ingratitud, pecho de inconstancia, espaldas de pereza, pies de miedo, su vientre para beber y su inclinación para embriagarse, son dos abismos sin fin.*"<sup>71</sup>

Los grupos aborígenes antillanos, que fueron los primeros en entrar en contacto con los españoles, practicaban costumbres extrañas y bárbaras a los ojos de éstos, producto de circunstancias históricas, geográficas, culturales y sociales, intrínsecas a sus cosmogonías y cosmovisiones. Las prácticas rituales como el homosexualismo y el canibalismo, y las estéticas como las deformaciones anatómicas, escandalizaron a los españoles que las repudiaron y tomaron como prototipo de comportamiento del indio americano.

El espectáculo que narra el doctor Chanca sobre el segundo viaje de Cristóbal Colón, el primer día que desembarcaron en la isla de Guadalupe, refleja la beligerancia y costumbres de los caribes: "*En este puerto estovimos ocho días a causa de la pérdida del sobredicho capitán, donde muchas veces salimos a tierra andando por sus moradas e pueblos, que estaban a la costa, donde hallamos infinitos huesos de hombres, e los cascos de las cabezas colgados por las casas a manera de vasijas para tener cosas. Aquí no parecieron muchos hombres; la causa era, según nos dijeron la mujeres, que eran idas 10 canoas con gentes a saltar a otras islas*"<sup>72</sup>

## Las guerras y sus razones

En las sociedades guerreras, como los Caribes, la necesidad de adquirir la energía y las virtudes bélicas del otro, le da sentido a las expresiones de antropofagia y al homosexualismo, generalmente circunstancial y previo a los combates, y a la estética en las mujeres de

<sup>69</sup> Pedro Martín de Anglería, Citado por Emilio Robledo, *Apuntaciones sobre la medicina en Colombia*, Cali, 1959, p. 16

<sup>70</sup> José Gumilla, *Op.cit.*, p. 49

<sup>71</sup> *Ibid*

<sup>72</sup> M. Fernández de Navarrete, *Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV*. En: Obras, I, Biblioteca de Autores españoles, LXXV, Madrid, 1964, pp. 184-187

constreñir las pantorrillas con fajas muy ajustadas de algodón; estas prácticas no fueron entendidas por quienes provenían de otra cultura y tenían la misión de eliminar cualquier manifestación que fuera contraria a la cosmovisión del cristianismo. La estigmatización de "indio caribe" como sinónimo de impúdico, perezoso, ladrón y canibal, entre otras, se extiende a todos los indios de las islas antillanas y del litoral, lo que ayuda a justificar su exterminio.

La causa más frecuente de muerte y lesiones entre los indígenas fue la guerra entre los cacicazgos, con el propósito de tomar prisioneros y mujeres, más que el de saquear, para "tener con las cautivas más autoridad, séquito y trabajadores en sus sementeras y en la chusma criados para servirse de ellos", como lo consigna Gumilla.<sup>73</sup> Los *Caribes* y los *Caberres*, constituían las poblaciones dominantes en el delta del Orinoco, y en las islas de las Antillas y en las costas del Mar Caribe; estos, junto con los *Otomaca*, que son "el abstracto y la quinta esencia de la misma barbaridad, barbarísimos entre todos los bárbaros del Orinoco", según Gumilla,<sup>74</sup> con frecuencia entablaban guerras y combates que se caracterizaban por su crueldad y violencia.; "*cuando van a la guerra, con agudos cuchillos de pederal o de unos juncos o de cortezas o cáscaras de cañas, que también las hacen dellas bien agudos cortan las cabezas a los que prenden*"<sup>75</sup>.

Para algunas tribus del interior, en los valles del río Nare, en Antioquia, la crueldad y la antropofagia no les era ajena; capturaban a las mujeres y con ellas tenían hijos que luego comían, según lo consigna don Fernando Cieza de León:

*"Oí que los señores o caciques destos valles de Nore buscaban de la tierra de sus enemigos todas las mujeres que podían, las cuales traídas a sus casas, usaban con ellas como las suya propias; y así se empreñaban dellos, los hijos que nacían los criaban con mucho regalo hasta que habían doce o trece años, y deste edad estando bien gordos los comían con gran sabor"*<sup>76</sup>

O engordaban a los prisioneros para comerlos después en las fiestas rituales: "*Cuando van a la guerra, los que prenden ponenlos allí y mandales dar muy bien de comer y de que están gordos sácanlos a sus plazas, que están junto a las casas, y en los días que hacen fiestas los matan con gran crueldad y los comen*"<sup>77</sup>

O simplemente los sacrificaban al llegar a los campamentos: "*De lo alto del tablado ataban a los indios que tomaban en la guerra por los hombros y dejábanlos colgados, ya algunos dellos les sacaban los corazones y los ofrecían a sus dioses, al demonio a honra de quien se hacían aquellos sacrificios, y luego sin tardar mucho, comían los cuerpos de los que así mataban*"<sup>78</sup>

## Los artrópodos para la guerra

Las fórmulas de los venenos eran celosamente guardadas por cada grupo y quienes las revelaran eran castigados con la muerte; algunas incluían artrópodos venenosos en su composición.

<sup>73</sup> José Gumilla, *op.cit.*, p. 215-216

<sup>74</sup> *Ibid.*, p. 53

<sup>75</sup> Pedro Cieza de León, *La crónica del Perú*, Historia 16, Madrid, 1984

<sup>76</sup> *Ibid.*

<sup>77</sup> Pedro Cieza de León, *La crónica del Perú*, Historia 16, Madrid, 1984

<sup>78</sup> *Ibid.*

La nación caberre, por ejemplo, "la más inhumana, bruta y carnícera de cuantas mantiene el Orinoco, es la maestra y ella tiene el estanque del más violento veneno, que a mi ver hay en la redondez de la tierra. Sola esta nación retiene el secreto y la fabrica y logra la renta pingüe del resto de todas aquellas naciones, que por sí, o por terceras personas, concurren a la compra del curare, que así se llama"<sup>79</sup>

Hasta "pelos de serpientes" se constituían en mortales venenos: "En aquellos valles dilatados, llenos de espesa arboleda, poblados únicamente de fieras, se hallan tanto número de serpientes, culebras y víboras, cuantas apenas se puede creer: entre aquella varia multitud se halla una especie de serpiente de singular variedad y velocidad en su carrera: su especialísima divisa es un copete de pelo sutil, que en señal de sus muchos años de vida les nace sobre la cabeza.

*¿Y quién le dijo a los ciegos y bárbaros indios, que aquellos pelos son veneno cruel y sangriento?. Ellos lo saben, ellos usan de él: ¡ojalá no fuera con tanta frecuencia! Y no es juicio temerario creer, que este secreto se lo manifestó el demonio, amigo de ver derramada la sangre humana desde el principio del mundo."*<sup>80</sup>

El contacto con uno sólo de esos pelos era garantía de muerte y se suministraba en la bebida, en la comida, entero o cortado en pequeños trozos, de cualquier manera el efecto era "violentísimo", "empezando el pobre a vomitar sangre a bocanadas y tanta, que de ordinario acababa presto con la vida, sin haberse hallado hasta ahora remedio contra fatal actividad"<sup>81</sup>; lastimosamente se ignora cuál es esa serpiente con tan particular característica morfológica.

Pero las sorpresas del cronista parecen no tener fin, y en este relato aparecen por primera vez los artrópodos en los venenos:

*"Bien casualmente descubrí otro veneno, que tomado con la comida, o bebida en otra cantidad, infaliblemente quita la vida, reduciendo el cuerpo, antes de morir, a un vivo esqueleto, a violencias de una calentura irremediable: este se llama en lengua jirara irruqui alabuquí: esto es, veneno de hormigas: y el caso con que adquirí esta noticia, fue así: Caminabamos el año de 1719 por las vegas del río Apure y mientras los indios (según su costumbre de lavarse tres veces cada día) se estaban refrescando en el río, me senté sobre un árbol seco: vi venir contra mí una hormiga de extraña magnitud, toda veteada de listas negras, amarillas y encarnadas; y aún era más extraño su modo de caminar, porque echados los dos pies de adelante hacia sus espaldas, venía parada y su cabeza en alto, contra mí. Yo, enamorado de sus bellos colores y de su nunca visto modo de caminar, en su especie, estaba divertido, rechazándola con un palito: a poco espacio salieron otras y otras más, de aquella misma hechura y con todas tenía yo faena, rechazándolas, para que no me echasen de mi asiento: cuando llega un indio de buena ley (que no lo son todos) y dando un grito formidable, me dijo en tono asustado: ¡Qué haces, padre, que esas están llenas de veneno!"*<sup>82</sup>

Con la incertidumbre de si era o no engañado por el indio, pero con la curiosidad y necesidad de confirmarlo, se apartó y "me puse a examinar al indio, el cual (no reservando el secreto, como acostumbra casi todos) dijo: "Estas hormigas son muy bravas y muy

<sup>79</sup> José Gumilla, *Op.cit.*, p. 234

<sup>80</sup> *Ibid.*, p. 241

<sup>81</sup> *Ibid.*, p. 241

<sup>82</sup> *Ibid.*, p. 241-242

*ponzoñosas; si pica una sola, da un día de gran calentura; si pican dos, se alarga más la calentura; y si llegan a picar mas corre mucho peligro la vida: los indios malignos y matadores, de estas hormigas sacan el veneno para matar y vengar sus agravios: estos hormigueros no llegan a tener el número de 30 hormigas, como lo ves; (ya habían salido todas) pero con ellas basta y sobra, para sacar cantidad de veneno para matar mucha gente.”<sup>83</sup>*

Esto era más de lo que esperaba.

*¿Cómo las cogen y cómo sacan su veneno? Repliqué yo. Y dijo el declarante: “Que como las hormigas se enojan tan fieramente y porfían en querer morder, se van cogiendo con un copo de algodón bien esponjado una a una y puesta sobre el bordo de una ollita, se le corta por la mitad, dejando caer el vientre en ella, sin que se escape alguna, sin recibir daño el que las coge y parte: que después a pocos hervores que dé aquella agua con aquellas medias hormigas a fuego manso, las sacan; y después de fría el agua, cría una tela, o nata de grasa, procedida de las hormigas, la cual recogen y guardan en cañutos (no de caña, porque se penetra y se pierde) sino en cañutos que labran de canillas de tigre, de mono, o de león, donde se mantiene bien.”<sup>84</sup>*

La duda ahora estaba en la forma como se suministraba:

*Y sabes tú, repliqué yo, ¿cómo la dan para matar? Si padre dijo el indio; pero te ruego me guardes el secreto, no sea que me maten a mí, por habértelo descubierto. Seguro estás, le dije, bien puedes decir: Ya sabes (dijo él) que cuando nos juntamos a beber chicha, es cortesía, que unos den de beber a otros, sin soltar la tutuma, o vaso, mientras bebe el otro; pues el que quiere vengarse de otro, no lo hace hasta que venga un día de bebida; entonces da él de beber a sus amigos y cuando llega el tiempo el tiempo de dar de beber a su enemigo, pone bajo su uña del dedo pulgar, un poquito de manteca de estas hormigas, coge la tutuma y al cogerla, con gran disimulo, mete en la chicha su dedo pulgar y da de beber al que quiere matar; y como da bebida a muchos y otros muchos la reparten también, queda el malhechor oculto; y cuando a la noche le da la calentura de muerte al doliente, nadie puede saber quien le dio el veneno”<sup>85</sup>*

Sagaz y astuta declaración, que alertó al padre, pues un procedimiento semejante podría utilizarse con él, o con cualquiera de los misioneros, que no podían desatender la “atención” de sus anfitriones, por lo tanto:

*“Pregunté también a mi declarante, si había o sabía algún remedio contra el referido veneno; y me respondió resueltamente, que no y que la muerte del que le tomaba era cierta e infalible; y que si hubiera remedio, él lo dijera, con la misma verdad con que me había declarado lo ya dicho. Después con el tiempo, asistí a varios moribundos de diversas naciones, que murieron de este veneno, el cual (como ya apunté) causa una calentura lenta e inquietable, que va aniquilando los cuerpos, hasta dejar los huesos solos y la piel: unos viven más, otros menos, con una notable vivacidad en los ojos; y me persuado, que el dilatarse, o abreviarse más, o menos la muerte en los tales, depende de la mayor, o menor cantidad de veneno, que el matador aplicó a dicha bebida”<sup>86</sup>.*

<sup>83</sup> *Ibid.*, p. 241

<sup>84</sup> *Ibid.*, p. 242

<sup>85</sup> *Ibid.*

<sup>86</sup> *Ibid.*



Fray Pedro Aguado cuando se refiere a los indios *guayupes* de los llanos orientales, dice que las flechas de olor fétido producían heridas mortales, aunque fuera apenas una herida pequeña; después de 24 horas la víctima empezaba a temblar y presentaba convulsiones, hasta perder el juicio *“que les hacía decir cosas temerarias y espantosas y de fe dudosas para hombres que se estaban muriendo, y al fin morían con una manera de desesperación que incitaba a los vivos antes a darse ellos propios la muerte que esperarla de aquella suerte”*<sup>87</sup>

Sin embargo, otros indios fabricaban venenos para sus flechas que hacían que *“las carnes del propio herido se le vayan cayendo a pedazos, dejando los huesos descarnados de todo punto, y perdiendo la humana carne su propio color, se convierte en otro como azul y morado, que casi no se deja entender”*<sup>88</sup>

Los indios *Patangoros* que vivían en el territorio de lo que es hoy Antioquia fabricaban un veneno que incluía: *“culebras ponzoñosas y muy gran cantidad de unas hormigas bermejas que por su ponzoña picada son llamadas caribes, y muchos alacranes y gusanos ponzoñosos”*, además de *“todas las arañas que pueda haber de un género que hay, que son tan grandes como huevos y muy vellosas y bien ponzoñosas, y si tienen algunos compañeros de hombre (testículos) los echan allí con la sangre que a las mujeres les baja en tiempos acostumbrados, y todo junto lo tienen en aquel vaso hasta que lo vivo se muere y todo junto se pudre y corrompe”*<sup>89</sup>

Por si no fuera suficiente con estos ingredientes, le adicionaban sapos que después de capturados se mantenían en ayunas por varios días, encerrados en un recipiente, *“después de lo cual los sacan, y uno a uno los ponen encima de una cazuela o tiesto, atado con cuatro cordeltes, de cada pierna al suyo, tirantes a cuatro estacas, de suerte que el sapo quede en medio de la cazuela, tirante, sin que se pueda menear de una parte a otra, y allí una vieja lo azota con unas varillas hasta que lo hace sudar, de suerte que el sudor caiga en la cazuela”*<sup>90</sup>

Después de recoger la cantidad de “sudor” que consideraban suficiente *“júntanlo o échanlo en el vaso, donde están ya podridas las culebras y las demás sabandijas, y allí le echan la leche de unas ceibas o árboles que hay espinosos, que llevan cierta frutilla de purgar, y lo revuelven y manean todo junto, y con esta liga untan las flechas y puyadoras causadoras de tanto daño”*<sup>91</sup>

Con una fórmula semejante, el herido debía morir o por acción de los venenos o por la acción de los microorganismos que debían haber en abundancia en ese preparado.

Los *Caribes* preparaban el veneno adicionando a trozos de raíces pardas que huelen mal y *“que se hallan en la costa del mar, y quemadas en unas cazuelas de barro hacían pasta con hormigas negras, del tamaño de escarabajos, tan ponzoñosas, que de una picada dan un gran dolor, que privan a un hombre de sentido. Echaban arañas grandes y gusanos peludos, largos como medio dedo, que picando dan el mismo dolor que las hormigas; y las alas del murciélago, y la cabeza y la cola de un pescado de mar, dicho toborino, muy ponzoñoso. Sapos y colas de culebra, y las manzanillas de los árboles que parecen a los de Castilla”*<sup>92</sup>

<sup>87</sup> Pedro Aguado, *Op.cit*

<sup>88</sup> Pedro Aguado, *Op.cit*

<sup>89</sup> *Ibid.*

<sup>90</sup> *Ibid.*

<sup>91</sup> *Ibid.*

<sup>92</sup> *Ibid.*

Los encargados de preparar tal poción, con mucho fuego y lejos de las poblaciones, eran los esclavos o esclavas o los prisioneros, que morían por efecto *"del vaho y olor de aquellas cosas ponzoñosas"*<sup>93</sup>

Un relato parecido se encuentra en Cieza de León<sup>94</sup>

### Los artrópodos como alimento

Los recursos alimenticios de las comunidades indígenas americanas eran abundantes y diversos, producto de la caza, la pesca, la recolección, la horticultura y cultivo de plantas como el maíz, la yuca, la papa y el cacao. *"Disfrutaron del consumo de una gran variedad de artrópodos, adultos y larvarios, de alto valor protéico; como los conocidos hoy con los nombres de molongo (Costa Atlántica), mojoyoy (Amazonía), chiza (Boyacá y Cundinamarca) y las hormigas culonas (Santander)"*<sup>95</sup>.

*"Comían piojos, arañas y gusanos crudos doquiera que los hallaban"*<sup>96</sup> *"Tienen los cabellos desgredados y llenos de unos animalillos inmundos, siendo su mayor recreo ponerse muy despacio sentados al sol a cogerlos y comerlos todos"*<sup>97</sup>

En el segundo viaje de Colón en 1493 iba como Médico el doctor Pedro Alvarez Chanca, conocido principalmente como el doctor Chanca o doctor Alvarez, como suele también nombrársele. Escribió varias Relaciones a los señores del Cabildo de Sevilla, de donde era oriundo, en las que consignaba sus apreciaciones sobre lo visto, escuchado o sucedido en estas tierras "de mucho oro" en las que "hay tantas cosas de proveer que no bastamos para todo". Se encuentra en esas narraciones, según el Epistolario de Pedro Mártir de Anglería, citado por Emilio Robledo<sup>98</sup>, las primeras referencias a los artrópodos como alimento de los indígenas: *"Comen cuanta culebras é lagartos é arañas é cuantos gusanos se hallan por el suelo; así que me parece es mayor su bestialidad que de ninguna bestia del mundo"*

En los siguientes textos de Santa Gertrudis se recogen varias otras formas como eran consumidos los artrópodos o sus productos:

*"Allí todos se alumbran con cera, que con algodón hacen sus cerillos. Hay mucha en el monte. Primeramente hay una especie de avispas, como las de España. Esta solo anidan en una especie de árboles. Ellas lo taladran, y adentro forman su colmenita de cera blanca, que cada colmena tendrá 2 libras de cera. Pero ellas no ponen miel, sólo hijos. Hay otra especie de abejas más chicas que las de España; éstas dan miel y una grande colmena de cera negra, y la forman dentro de las concavidades de los árboles grandes. Cada colmena tendrá una arroba de cera, y de 3 o 4 de miel muy buena. Otras abejitas hay muy chicas, menores que una mosca, con la pinta de avispa. Esta es la abeja apaté, que con la guayusa, comida su miel, fecundan las mujeres... Estas anidan bajo tierra, bajo las raíces de los árboles, y para su entrada forman una trompa a modo*

<sup>93</sup> *Ibid.*

<sup>94</sup> Cieza de León, *Op cit.*, p. 93-94

<sup>95</sup> Hugo Armando Sotomayor, *Arqueomedicina de Colombia Prehispánica*, CAFAM, Bogotá, 1992. p. 19

<sup>96</sup> Pedro Simon, fray, *Noticias historiales de las conquistas de tierra firme en las indias occidentales*, Bogotá, Banco Popular, 1981. p. 114

<sup>97</sup> Juan Pedro Rivero, padre, *Historia de las misiones de los llanos de Casanare y los ríos Orinoco y Meta*, Bogotá, Empresa Nacional de Publicaciones, 1956, p. 56

<sup>98</sup> Emilio Robledo, *Apuntaciones sobre la medicina en Colombia*, Biblioteca de la Universidad del Valle, Cali, 1959, p. 12 -13

de clarín de cera blanca, que asoma cosa de cuatro dedos fuera de la tierra. Para sacar estas colmenas es preciso arrancar el árbol de raíz. Cada colmena tendrá 2 arrobas de cera blanca y es la mejor de cuantas hay.

Otra especie, y son como las abejas de España. Estas forman su colmena colgada de las ramas de los árboles, y éstas son las que abundan más. Hacen de la figura de huevo la colmena, pero grande, que hay colmena que pesa 2 quintales. Toda la corteza de afuera es un betún muy duro, más adentro hay dos dedos de brea. Más adentro empieza la colmena con sus aposenticos de cera negra; más adentro hay otra colmena de cera parda, y aquí viven las abejas. Más adentro hay otra colmena de cera más blanquísima, y ésta forma unas bolsitas cerradas, llenas de miel y en el corazón forman otra colmena de cera blanca, y aquí crían los hijos. La miel es muy buena, la cera también; y la brea la recogen los indios para remendar las canoas que se abren. Todavía hay 3 4 especies de abejas más, que anidan dentro de los troncos, sin dar cera ninguna, sí solo miel, pero es mala porque queda infecta de los humores de los árboles"<sup>99</sup>

"El otro día de venido el presidente vi que en el patio tiraron de parte a parte unos volantines, y en ellos fueron colgando unos atados de hojas de árbol. Yo fui a la cocina y pregunté para qué habían hecho aquello. Y me dijo una mujer: Padre, esto es guayusa. Esta yerba toma el Padre Presidente cocida mañana y tarde. Y para que sequen la hemos puesta colgada al sol. Me dijo también que fecundaba a las mujeres tomando con miel de abejas; y si es la de una abeja que allá llaman apaté, infaliblemente, si es casada, al instante quedará preñada. Esta cualidad es muy sabida y experimentada en Quito y tierra arriba; y los Padres jesuitas sacaban de ella, de su misión, y se vendía en Quito a cinco hojas por medio real".<sup>100</sup>

"Críanse también en el cogollo de las palmas unos gusanos del tamaño del dedo índice, parecidos al gusano de seda, salvo que son más grandes. Su color es de manteca, y se crían en una palma un par de libras. Estos gusanos fritos, son muy rica comida, tan delicada como los sesos de un carnero fritos, y su sabor es bellissimo"<sup>101</sup>

El padre Gumilla hace también su contribución en el aspecto nutricional de los indios, refiriéndose a lo mucho que engordan los osos hormigueros "con un mantenimiento tan débil", dice que "engordan también los indios de aquellos países, por las muchas hormigas que comen", pues "de la cintura para abajo no contienen otra cosa, que manteca: tanto, que partida aquella mitad y junta ya competente cantidad, las ponen a freir en sartenes y de ellas mismas sale la grasa suficiente pa freirse; y los que gustan de este regalo me han asegurado, que equivale a una fritada de chicharrones del mejor lechón"<sup>102</sup>. Concluye que esa es una forma de vengarse de los muchos daños que les causan a los cultivos.

Aún hoy se consumen los artrópodos como alimento, como las hormigas del género *Atta*, en Santander, o las que capturan con trampas ingeniosas algunos indígenas del Vaupes, para sus comidas festivas<sup>103</sup>, o como las veinticinco especies de insectos que comen los Yukpa, de la Serranía del Perijá<sup>104</sup>

<sup>99</sup> Juan de Santa Gertrudis, *op cit.*, Tomo I, p. 291-292

<sup>100</sup> *Ibid.*, p. 214-215

<sup>101</sup> *Ibid.*, p. 292

<sup>102</sup> José Gumilla, *Op. cit.*, p. 289

<sup>103</sup> Richard Evans Schultes, *El Reino de los dioses: Paisajes, plantas y pueblos de la Amazonía colombiana*, Bogotá, El navegante Editores, 1989, p. 272

<sup>104</sup> Mario Mejía Gutiérrez, *La Amazonía Colombiana, introducción a su historia natural*. En: *Colombia Amazónica*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Fondo FEN Colombia, 1987, p. 109

## **Agradecimientos**

El autor reitera sus cordiales agradecimientos a la Bibliotecóloga Nora Helena López, directora de la Biblioteca Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, por permitirme consultar, por el tiempo necesario, el material bibliográfico. Al señor Fredy Alonso Valderrama, de la sala de Historia de la Medicina de esta Biblioteca, por la paciencia y colaboración en la búsqueda de artículos, libros y documentos. Al Bacteriólogo Leonardo Ríos por la valiosa cooperación y el tiempo dedicado a los procesos de escanear y fotocopiar el material bibliográfico. A quienes leyeron los borradores e hicieron aportes para su corrección. A la Sociedad Colombiana de Entomología por su amable invitación, que motivó el inicio de este viaje y que permitió continuarlo.

Un especial reconocimiento a Alba Luz, por su tolerancia, paciencia y amor.

## PUNTOS DE CRECIMIENTO EN LA SOCIOBIOLOGÍA DE INSECTOS

**Christopher K. Starr Ph. D.**

Universidad de las Indias Occidentales, Trinidad y Tobago.

Los insectos sociales se distinguen de la gran masa de especies solitarias por su hábito de vivir en duraderos grupos estructurados, o "colonias". Con algunas pocas excepciones, pertenecen a cuatro grandes grupos: Las termitas, con unas 2500 especies, las avispas sociales (900 spp.), las abejas sociales (1000 spp. en 10 linajes) y las hormigas (10.000 spp.).

Esta conferencia es para introducir a la comunidad entomológica de Colombia a algunos rasgos claves de la sociobiología de insectos de hoy en día y para sugerir desde mi propio punto de vista cuales serán las cuestiones más fructíferas para el próximo período.

Quisiera estructurar mi discusión alrededor de cinco cuestiones generales, estas son: a) el origen de la vida propiamente social, b) los conflictos de intereses dentro de una colonia c) el análisis de fenómenos al nivel de la colonia, d) el ciclo colonial y e) los papeles ecológicos de los insectos sociales.

### Origen de la vida social

Esta es una cuestión vieja. Desde la época de Darwin y Wallace, se ha presumido que los insectos se originaron solitarios. Hoy con el análisis cladístico, no cabe ninguna duda de que sea así. Actualmente, al cuestión de el origen de la vida social consiste en dos preguntas:

- ¿ Por cuáles etapas pasa un linaje en la evolución de la socialidad ?
- ¿ Cuáles son las condiciones que favorecen tal proceso ?

La primera se clarifica mucho a la luz del concepto de la "eusocialidad" de Michener (1969). Según este, los insectos sociales se distinguen por tres rasgos: a) La coexistencia de dos o más generaciones de adultos. b) La educación cooperativa de la cría. c) Una diferenciación de castas reproductivas, al menos entre las hembras. Esto a su vez condujo a la pregunta si la socialidad evolucionó, por ejemplo, por la sucesión (a) ®(b)®(c), o quizás (b)®(a)®(c), o sea por otra sucesión.

Hoy según un consenso tentativo, los tres criterios de la eusocialidad forman un verdadero complejo adaptativo y pueden surgir en conjunto. Se habla de un "umbral de eusocialidad" cruzado en uno o pocos pasos a causa de un cambio de condiciones ecológicas.

Mucha de la evidencia para esta hipótesis viene de la investigación de las abejas halictidas, que muestran gran variación en su conducta social; Así, algunas especies muestran variación según el hábitat, desde poblaciones solitarias hasta otras primitivamente eusociales.

Sin embargo, la naturaleza de las condiciones ecológicas que favorecen un hábito u otro, como también la relación funcional entre los criterios quedan poco entendidas. Este factor puede ilustrarse por referencia al género *Polistes*; son avispas llamativas y abundantes encontradas en casi todos los países del mundo y relativamente bien investigadas. Según nuestro conocimiento actual, no hay *Polistes* solitarias, son puramente sociales.

Este hecho se da por supuesto, pero en realidad se debiera considerar como un misterio, no que algunas son sociales, sino que lo son sin excepción. Se sabe bien que estas avispas pueden mantener una vida solitaria, por que las nuevas colonias se fundan de una manera

independiente, esto es, por una o varias reinas sin ayuda de obreras. Una resolución a este enigma podría contribuir mucho a la cuestión general del origen de la socialidad.

### **Conflictos de intereses en la colonia**

Nuestra comprensión de la vida social de los animales dio un gran paso adelante con la teoría de selección por parentesco de Hamilton (1964, 1972). Esta teoría enfatiza que las sociedades no son puramente cooperativas, sino mezcla de cooperación y conflicto, a causa de los diferentes intereses genéticos dentro del grupo.

En los últimos 35 años hemos acumulado un imponente cuerpo de datos sobre los grados de parentesco que existen entre miembros de la colonia por lo que sabemos mucho de los intereses en común y de los conflictos. Pero no se ha progresado en la cuestión de cómo los conflictos se resuelven. ¿Cuáles intereses genéticos dominan en la colonia?

El artículo clásico de Trivers y Hare (1976) mostró por primera vez un método para responder esta pregunta. Los conflictos se manifiestan no solamente en la reproducción directa, sino también en la proporción de los sexos en la cría. Aunque tales conflictos raramente conducen a luchas violentas, son reales y agudos, dado que se trata del "fitness" mismo y de que los recursos de la colonia son limitados.

A pesar de esta apertura teórica, la cuestión de cómo los conflictos de intereses se resuelven en la naturaleza ha recibido poca atención desde entonces. El problema, según me parece, es que las pocas investigaciones realizadas sobre himenópteros sociales conducen a la conclusión de que las obreras ganan el conflicto, eso es, que la colonia acaba de producir una cría con una proporción de sexos quien satisface más sus intereses que los de la reina.

Sin embargo, los pocos resultados presentes no se pueden considerar como una solución general, y dudo mucho que aún pueda haber una respuesta general a la pregunta de quien gana los conflictos. Es muy poco probable que las armas físicas y comportamentales de una dada casta sean igualmente eficaces en toda la especie. Veo esto una cuestión muy abierta a la solución muy abierta a la solución en el próximo período si reconocemos nuestro desconocimiento actual.

### **Análisis de procesos a nivel de la colonia**

Los procesos al nivel de la colonia son fenómenos sin paralelo en la vida de los insectos solitarios. Hoy en día se analizan por los métodos de la teoría de sistemas, tratando la colonia como un sistema de información. El resultado general es que el comportamiento complejo de la colonia puede detallarse como un grupo de patrones relativamente sencillos al nivel del individuo. Esto es, el individuo (los obreros son normalmente el enfoque) responde a estímulos de su medio ambiente inmediato según unas pocas reglas del tipo "sí....., entonces...".

Este método reduccionista de investigar los procesos de la colonia se ha mostrado muy fructífero en los últimos años, sobretodo acerca del forrajeamiento y la construcción del nido. Demos un vistazo a esto con un ejemplo:

Algunos insectos sociales (en particular muchas termitas superiores) construyen nidos muy grandes, complejos y hasta magníficos. La arquitectura de estos ha sido bien investigada, pero sólo recientemente hemos progresado en entender los procesos que los producen. Los insectos mismos son físicamente generalizados, como también en su comportamiento. Entonces, cómo explicar el nido como producto extraordinario de su actividad cotidiana? El nido se vé como el resultado de una serie de interacciones muy sencillas entre los individuos y

rasgos de su medio ambiente, en particular con pormenores del nido en desarrollo. El campo de investigación hoy está alrededor de tres preguntas:

- ¿Cuáles son los rasgos del nido que sirven como estímulos desencadenadores?
- ¿Cuáles son las reacciones del insecto individuo?
- ¿Cuáles reglas determinan ciertos estímulos y ciertas reacciones?

Una conclusión preliminar es que parecen haber diferentes lógicas en este proceso, esto es, diferentes tipos de reglas. Esto representa un regreso al concepto de "estigmergia" de Grass (1952), que en esa época quedo sin apoyo experimental.

### **El ciclo colonial**

Tschinkel (1991) introdujo la palabra "sociometría" para la descripción analítica de las colonias de insectos, para enfatizar que era un campo de investigaciones descuidado, con el resultado que algunas cuestiones importantes que apenas pueden progresar dada la carencia de datos básicos. Estoy perfectamente de acuerdo. Quisiera considerar la sociometría como punto de crecimiento por medio de un solo aspecto de la sociobiología de insectos: El ciclo colonial.

Hace más de un siglo, se ha notado que las colonias, como los individuos, pasan por un ciclo de nacimiento, desarrollo, madurez, senescencia y disolución. Hay un cuerpo grande de datos y teoría sobre ciclos de vida, pero no existe tal cuerpo de teoría sobre ciclos coloniales como complejos adaptativos. Mucha de la ciencia progresa por analogías, y se ve aquí una analogía aún no explotada.

Además, nuestro conocimiento de ciertos parámetros queda muy escaso, por ejemplo del programa de reproducción (de nuevas colonias). Se reconoce una distinción entre ciclos determinados e indeterminados, análoga a la distinción entre la semelparidad y la iteroparidad. En la reproducción de individuos. Entre las avispas sociales del neotrópico, por ejemplo, me parece más probable que las *Mischocyttarus* y *Polistes* tengan ciclos coloniales determinados, mientras que las *Polybia* tengan ciclos indeterminados, pero no sabemos si sea así por falta de datos básicos.

Desafortunadamente, la colección de datos básicos está poco de moda hoy en día. A muchos entomólogos, les parece tan científico como los sellos postales. La primera necesidad es una concepción clara de los parámetros que hay que especificar. Reconociendo que la preparación de tal formulario, como la colección de datos a cumplir, tienen que ser una obra colectiva. Al solidarizarme con el punto de vista de Tschinkel, quisiera andar un paso más allá. Propongo simplemente que la Unión Internacional para el Estudio de Insectos Sociales (IUSI, de la cual la sección Bolivariana sirve para esta región) investigue la posibilidad de establecer y mantener permanentemente una base de datos más o menos comprensiva y accesible a todos sobre los insectos sociales. Tal tarea se facilitaría por el modelo de la Human Relations Area File, base de datos antropológica global.

### **Papeles ecológicos de los insectos sociales**

Una tentativa reciente hacia una visión general del impacto ecológico de los insectos sociales presenta el pequeño libro de Wilson (1990), según él, los insectos sociales y especialmente las termitas y las hormigas representan una fuerza dominante en los hábitat terrestres. Enfatiza, por ejemplo, el papel de las termitas como agentes intermediarios en la descomposición de toda materia vegetal, las hormigas como los depredadores principales de invertebrados terrestres y las abejas como los polinizadores más eficaces. La tesis de Wilson

es razonable y muy atractiva. Sin embargo, sufre de ciertas debilidades, sobre todo de una exageración del apoyo cuantitativo presente. Por ejemplo, pretende que en la selva amazónica las termitas y hormigas compongan casi el 30 % de la biomasa animal y que los insectos sociales son casi el 80% de la biomasa de insecta. La cifra 30% de biomasa animal, en particular, se ha popularizado y generalizado.

La realidad es otra. Si examinamos esta pretensión en las obras de Wilson y otros, resulta que se basa en un solo artículo de Fittkau y Klinge (1973). Además, esa investigación se trató sobre todo de la vegetación y solamente de una manera periférica de los animales. Fittkau y Klinge dicen abiertamente que sus cifras acerca de los insectos son poco más que conjeturas. Entonces, hay que reconocer nuestra ignorancia casi completa en esta cuestión.

Considero esta ignorancia como una oportunidad colectiva. Llegar a tasas bien fundadas sobre la predominancia numérica, en biomasa, y en ciertos papeles ecológicos es necesariamente una obra en común, incluyendo investigadores en varias localidades y especializados en varios grupos de insectos y otros animales. Es sobre todo un problema de organización, mucho menos de financiamiento, y creo que un buen propósito podría atraer fondos suficientes sin demasiada dificultad.

En fin, propongo que las sociedades entomológicas de esta región, incluidas SOCOLEN y IUSSE Sección Bolivariana, piensen seriamente en organizar una investigación acerca de la proporción numérica y en biomasa de los insectos sociales en las selvas neotropicales, abarcando varias localidades de la cuenca Amazonas y Orinoco. Veo en esta oportunidad de ignorancia como un verdadero punto de crecimiento del próximo período.

## Referencias

- Fittkau, E.J. y Klinge H. 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* :2-14.
- Grass, p-p. 1952. La regulation sociale chez les Isoptères et les Hyménoptères. Coll. Int. CNRS (34):323-31.
- Hamilton, W. D. 1964. The genetical evolutio of social behaviour. I-II. *Jour. Theor. Biol.* 7: 1-52.
- \_\_\_\_\_ 1972. Altruism and related phenomena, mainly in social insects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3:193-232.
- Michener, C.D. 1969. Comparative social behaviour of bees. *Annu. Rev. Entomol.* 14:299-342.
- Trivers, R.L. y Hare, H. 1976. Haplodiploidy and the evolutio of social insects. *Science* 191:249-263.
- Tschinkel, W.R: 1991. Insect sociometry, a field in search of data. *Ins.soc.* 38:77-82.
- Wheeler, W. M. 1923. Social life among the insecfts. New York: Harcourt, Brace 375 pp.
- \_\_\_\_\_ 1928. The social insects: Their Origin and Evolution. London: Kegan Paul, Trench, Trubner 378 pp.
- Wilson, E. O. 1990. Success and dominance in ecosystems: The case of social insects. Oldendorf/Luhe: Ecology Institute 104 pp.



## FEROMÔNIOS: IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS DE COMPORTAMENTO E BIOLOGIA PARA SUA UTILIZAÇÃO PRÁTICA

**Evaldo Vilela Ph. D.**

Professor Titular

Núcleo de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária  
Universidade Federal de Viçosa  
36571-000 Viçosa, MG, Brasil

Feromônios de insetos oferecem um interessante exemplo de aplicação do desenvolvimento da Ciência pura; no caso, para uso direto e indireto no controle das pragas da agricultura e silvicultura. Desde a primeira identificação de um feromônio, na Alemanha há cerca de 40 anos atrás, enormes progressos têm sido feitos para a identificação química e formulação de produtos sintéticos, não somente dos feromônios sexuais, que têm sido os mais explorados, mas também de outros semioquímicos, como os atraentes envolvidos na manipulação do comportamento de oviposição de mosquitos de interesse da Entomologia Médica. Além disso, avanços significativos têm sido feitos, mais recentemente, na interpretação das capturas de insetos pelas armadilhas com feromônio, tornando-as uma importante ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas.

No entanto, a aplicação de feromônios não tem sido grande em todo o mundo; representando apenas 2% da venda mundial de agrotóxicos. Se por um lado o uso de armadilhas com feromônio para detecção e monitoramento das populações de pragas é uma realidade já há vários anos, em lavouras de diversas regiões do mundo, o uso direto de feromônio e outros semioquímicos, para o controle direto das populações de pragas, ainda enfrenta problemas. As tentativas de transformar um novo conhecimento em uma nova tecnologia, como no caso dos feromônios sexuais sintéticos e de outros semioquímicos, esbarram, muitas vezes, na inexistência de informações necessárias sobre a biologia da espécie-alvo, comprometendo o sucesso da iniciativa. Além do conhecimento detalhado dos parâmetros biológicos da espécie, é preciso que estas informações estejam dentro de uma perspectiva ecológica mais ampla do que, simplesmente, o ciclo de vida da praga. Por exemplo, o entendimento claro dos processos bioquímicos e fisiológicos, que modulam a produção do feromônio, devem estar relacionados ao comportamento, à ecologia e ao processo evolutivo da espécie, o que, normalmente, não acontece. Há necessidade de estudos interdisciplinares, capazes de responder questões relacionadas aos aspectos básicos e aplicados dos feromônios e de outros semioquímicos, para, realmente, promover o avanço das tecnologias de uso dos feromônios no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Normalmente, trabalhos conduzidos em contexto mais restrito não encontram resposta deste tipo. Assim, a abordagem dentro de uma perspectiva mais ampla pode revelar novos conhecimentos, por exemplo, sobre a produção de feromônios. Se formos capazes de aumentar nosso entendimento básico sobre os diferentes aspectos da biologia dos feromônios, poderemos melhorar o uso dos mesmos no controle dos insetos-praga.

Desde a caracterização do primeiro feromônio, estas substâncias e outros semioquímicos têm sido identificados de mais de 1.500 espécies de insetos, predominantemente lepidópteros. Nas décadas de 70 e 80, pesquisas sobre feromônios, principalmente sexuais, foram caracterizadas por: (i) identificação química dos componentes da mistura que forma o feromônio; (ii) estudos sobre o comportamento dos insetos e o papel biológico destas substâncias, e (iii) desenvolvimento de métodos de uso destas substâncias, direta ou indiretamente, para o controle de pragas em agroecossistemas.

Pesquisas mais recentes têm desvendado os caminhos envolvidos na biossíntese dos feromônios, assim como determinado o papel fundamental dos feromônios no isolamento reprodutivo das espécies. A produção do feromônio, assim como a sua emissão e a resposta

dos insetos a eles, são controladas por ritmos circadianos endógenos, influenciados por sinais do fotoperíodo, que podem sofrer influência de fatores do meio ambiente e do estado fisiológico do inseto, o que requer regulação hormonal e neural. A descoberta de um neurohormônio cefálico, o PBAN ("pheromone biosynthesis activating neuropeptide") abriu perspectivas para uso desta molécula em estudos sobre as bases fisiológicas e moleculares da produção de feromônios.

O PBAN e outros compostos semelhantes, com atividade feromonotrópica, são biossintetizados nos gânglios subesofageanos dos insetos. Diferentes grupos de pesquisa, em várias partes do mundo, têm-se dedicado às possibilidades de aplicação deste conhecimento nas atividades fisiológicas e moleculares das substâncias feromonotrópicas, com possíveis desdobramentos aplicados ao controle dos insetos pragas.

Aplicações da moderna biotecnologia têm, por sua vez, criado novas possibilidades de pesquisa sobre o olfato nos insetos, explorando os elementos moleculares e os processos que ocorrem nas sensilas sensitivas aos feromônios. Isto tem permitido acesso à máquina molecular que está por trás da percepção dos odores, com entendimento da transdução sensorial nas organelas sensoriais dos insetos, representando um importante passo para o entendimento dos princípios de detecção dos feromônios. A exploração detalhada destes mecanismos de percepção de feromônios é pré-requisito essencial para novas oportunidades de emprego dos feromônios sexuais em estratégias de manejo de pragas.

O entendimento dos mecanismos neurais, usados pelos insetos, para detectar substâncias químicas tem levado a diversas aplicações práticas destas substâncias no campo. Estudos das respostas dos receptores olfativos, usando eletroantenografia (EAG) e 'single cell recordings', especialmente em conjunto com métodos cromatográficos, têm facilitado a identificação de numerosos sinais químicos presentemente usados em estratégias de detecção e controle de pragas. A melhor caracterização dos receptores neuronais de feromônios, o maior conhecimento do processamento neuronal, assim como dos seus 'outputs', levará, certamente, ao avanço do entendimento atual do processo de interrupção dos acasalamentos provocado por formulações comerciais de feromônios sexuais liberadas nas lavouras. O isolamento de receptores de membranas para feromônios e a elucidação das interações que ocorrem a nível do receptor ('pheromone receptor interactions'), bem como do processo gradativo que ocorre dentro das sensilas, poderá facilitar o desenvolvimento de moléculas para modular a resposta a feromônios.

Todas estas possibilidades têm contribuído para alterar positivamente o cenário atual de utilização dos feromônios e de outros semioquímicos, em favor de métodos de controle de insetos pragas mais convenientes para a humanidade e de menor impacto sobre o meio ambiente.

## **Bibliografia**

Cardé, R.T. y Minks, A. K. 1997. *Insect Pheromone Research: New Directions*. New York, Chapman & Hall, 684.

## ECOLOGÍA QUÍMICA EN ENTOMOLOGÍA: APORTES Y PERSPECTIVAS

**Klaus Jaffe**

Departamento de Biología de Organismos  
Universidad Simón Bolívar  
Apartado 89000, Caracas 1080  
kjaffe@usb.ve

### Resumen

La eco-etología permite el estudiar el comportamiento del organismo y su relación con los componentes del ecosistema donde habita y utilizar este conocimiento, por ejemplo en el caso de insectos plaga, para el diseño de sistemas de manejo orientados a su control. La ecología-química por su parte estudia el uso de sustancias químicas en los sistemas de comunicación de los organismos (semioquímicos). Ese conocimiento, conjuntamente con el etológico, sirve por ejemplo para interferir con los procesos de vida de plagas de insectos, controlando su reproducción su desarrollo o su efecto sobre otros organismos. El proceso clave para estos estudios es el aislamiento e identificación de los semioquímicos y la determinación del papel etológico del compuesto aislado. Para ello se utilizan sistemas de análisis cromatográfico de micro-muestras y de métodos estadísticos para la identificación de los compuestos etológicamente activos. En esta presentación se examinan las limitaciones y potencialidades de las técnicas de la química ecológica aplicas a la entomología y se presentan ejemplos de estudios de ecología química en hormigas del género *Atta*, en coleópteros del genero *Rynchophorus* y en lepidópteros del genero *Neoleucinodes*.

Entre los insectos, los organismos que dependen en mayor grado de la comunicación química y que la han desarrollado a extremos de sofisticación extraordinarios, sin duda, se encuentran las hormigas. La forma mas común de comunicación entre las hormigas es a través de sustancias químicas volátiles u olores (aunque también utilizan feromonas solubles no volátiles). La hormiga, en glándulas exocrinas especiales, produce estas sustancias y las secreta al exterior en forma controlada. Las secreciones son en la mayoría de los casos mezclas de sustancias químicas. Cuando estas sustancias son utilizadas para comunicarse entre individuos de la misma especie se les llama "feromonas". Las feromonas pueden tener características multicomponente, es decir, pueden estar compuestas por varias sustancias segregadas simultáneamente al ambiente, que en su conjunto transmiten información con características muy elaboradas. Estas sustancias volátiles u olores son percibidos por estos insectos gracias a receptores especiales y sumamente sensibles en sus antenas. Existen también las llamadas feromonas de contacto, que son sustancias no volátiles utilizadas para fines de comunicación intraespecífica. Se cree que las larvas de las hormigas son reconocidas por este medio. Los sistemas de feromonas mas estudiados en hormigas son:

**Feromonas de alarma:** Las hormigas *Atta* producen feromonas de alarma en las glándulas mandibulares. Esta feromona, altamente volátil, se dispersa rápidamente en el aire y es efectiva hasta a distancias relativamente grandes (unos 60 cm aproximadamente) alertando a las compañeras de algún peligro. La misma feromona sirve para orientar a las obreras a la fuente de emisión y por lo tanto al peligro. Por medio de una reacción en cadena, en la cual cada obrera que percibe la feromona de alarma también la segrega gran parte de la colonia puede ser alertada en cuestión de segundos.

**Feromonas de reclutamiento:** Otra feromona muy conocida es la de reclutamiento. Es producida en las *Atta* por la glándula de veneno localizada en la parte posterior del abdomen. Esta feromona, depositada en el suelo en forma de trilla, informa a las compañeras sobre la presencia del alimento, su ubicación y la calidad del mismo. La obrera que consigue el alimento deja un rastro químico a su regreso al nido. Este rastro es utilizado por las compañeras para

llegar al alimento. La concentración de la feromona segregada por las obreras reclutadoras es proporcional a la calidad y cantidad del alimento. Con este sistema relativamente simple, las colonias pueden explotar simultáneamente varias fuentes de alimentos regulando de forma óptima el número de obreras requeridas en cada fuente.

**Feromonas territoriales:** Son utilizadas para marcar el territorio de la colonia. Las colonias de *Atta* evitan peleas, que en ocasiones pueden escalar en verdaderas guerras que duran semanas, marcando su territorio con olores colonia-específicos. Colonias de *Atta* marcan su territorio con un glándula del aparato del aguijón (Glándula de Dufour). Las obreras evitan territorios marcados por colonias extrañas, logrando de esta forma cohabitar pacíficamente, inclusive en áreas con altas concentraciones de nidos. Sin embargo, al aparecer una fuente de alimento atractivo y nuevo, se observan inmediatamente guerras entre colonias con cientos de individuos muertos alrededor del nuevo recurso.

**Reconocimiento individual:** Las *Atta* reconocen a sus compañeras de nido y las diferencian de individuos provenientes de nidos ajenos, aún siendo de la misma especie. Ellas lo logran gracias a los olores característicos de cada hormiga, principalmente utilizando las feromonas de alarma. Esta feromona es absorbida por la cutícula del insecto, aumentándose la superficie de exposición de la señal de reconocimiento individual. El uso de la feromona de alarma como señal de reconocimiento, les permite distinguir a sus compañeras de nido incluso a cierta distancia, lo cual es sumamente útil durante sus batallas.

**Otras feromonas:** Se conocen, aunque con poco detalle, feromonas para reconocer a las reinas, otras para reconocer a las larvas, otras para marcar a la hoja recién cortada para que las compañeras la ubiquen con facilidad y la lleven al nido. Estimamos que una especie de *Atta* puede llegar a utilizar de 14 a 20 sistemas de feromonas diferentes para su comunicación.

Además del conocimiento básico que nos provee el estudio de las interacciones químicas entre los insectos y su ambiente, el conocimiento a profundidad de los sistemas de interacción química entre individuos de especies plaga, con sus hospederos y con el ambiente, nos permite diseñar métodos de control biotecnológicos no convencionales, que en la mayoría de los casos son más sencillos, económicos y ambientalmente más limpios que los métodos químicos tradicionales. Citaremos tres ejemplos:

#### Diseño de cebos tóxicos atrayentes específicos. El caso de *Atta laevigata*

Los insectos sociales y en especial las hormigas poseen sistemas muy sofisticados de comunicación basados en feromonas. Conocemos feromonas de reclutamiento, de orientación en los caminos, de reconocimiento de las compañeras del nido, de reconocimiento y atracción a la reina, de alarma, de atracción de los machos, de reconocimiento del hongo, de reconocimiento de hormigas muertas, etc. Utilizando algunas de estas feromonas es posible diseñar cebos atrayentes, que inducen a las obreras a cargar sustancias microencapsuladas al nido y que una vez dentro del nido, por acción del hongo simbionte, son liberadas. Las sustancias así liberadas pueden irrumpir sistemas de comunicación químicos fundamentales de la colonia, induciendo guerras entre las compañeras de nido, induciendo ataques a la reina o causando rechazo hacia el hongo simbionte.

**Uso de atrayentes vegetales y feromonas de agregación para el control de plagas. El caso de *Rhynchophorus palmarum*, plaga de palmas aceiteras.**

Los tratamientos curativos para eliminar los nemátodos causantes de la enfermedad "anillo rojo del cocotero" (*Bursaphelenchus cocophilus*) y las poblaciones de *Rhynchophorus*

*palmarum*, han resultado fallidos y las plantas finalmente mueren. Las prácticas de control más usadas se han fundamentado en el comportamiento quimiotrópico del insecto, estableciéndose sistemas de trapeo que utilizan tejidos vegetales envenenados para atraer y eliminar a los especímenes adultos. Este sistema funciona, no obstante, es complicado, ya que demanda mucha mano de obra y es de alto riesgo para los usuarios y otros componentes bióticos del medio ambiente, especialmente aves y reptiles depredadores. Por ello se desarrolló un método que se basa en volátiles atrayentes producidos por tejidos vegetales del hospedero y la feromona de agregación de los machos adultos de *R. palmarum*, que atrae a ambos sexos. Como innovación importante para resolver esta problemática se puede señalar el diseño de un sistema de trapeo inocuo a base de la feromona de agregación sinergizada por semioquímicos identificados de la planta hospedera.

El uso de la feromona sexual de *Neoleucinodes elegantalis*, perforador del fruto del tomate, para atraer machos y reducir las poblaciones de la plaga.

Con métodos de la química analítica se logró no solo identificar los compuestos volátiles que produce la hembra para atraer al macho, sino que se identificó la composición química de las sustancias que son liberadas al ambiente. Estas sustancias funcionan también, en el caso de *N. elegantalis*, como señales de selección sexual, pudiendo por lo tanto sintetizarse mezclas feromonales que son más atractivas que las que producen las hembras de la plaga. Utilizando estas mezclas super-atractivas en trampas de captura, es posible reducir substancialmente las poblaciones de la plaga en el campo.

## ZONAS DE HIBRIDACIÓN DE MARIPOSAS DE *Heliconius* COMO REFUGIOS DE PATRONES DE COLORACIÓN NOVEDOSOS CONTRA LA SELECCIÓN MIMÉTICA ESTABILIZADORA

**Mauricio Linares Ph. D.**

Instituto de genética, Universidad de los Andes  
Santafé de Bogotá, Colombia

Se cree que la fuerte selección en contra de diversos fenotipos recombinantes, no miméticos, es el principal proceso de genética de poblaciones en zonas de hibridación entre razas miméticas de *Heliconius* diferenciadas. Sin embargo, contrariamente a lo anterior, los presentes estudios sugieren que en el centro de tales zonas de contacto la selección sobre el patrón de coloración se relaja. Dos consecuencias de la existencia de tales zonas 'libres' de selección son: 1) el mantenimiento de alta variación en el patrón de coloración y por tanto la oportunidad para la rápida evolución de nuevas asociaciones miméticas, y 2) el incremento en la ocurrencia de introgresión entre razas, lo cual explica la relativa falta de diferenciación en caracteres distintos al patrón de coloración. Se analizó una zona de hibridación de cinco colas de *Heliconius* que involucra tres razas (una polimórfica) de *Heliconius cydno* y una de *H. melpomene*, en la región de Dagua, en las Andes colombianos. La evidencia proveniente de hembras silvestres apareadas y cruces genéticos indica que seis genes Mendelianos (quince alelos) controlan la mayoría de la variación del patrón que se encuentran dentro de la zona de hibridación y también muestran que individuos silvestres capturados (dentro de la zona de contacto) son híbridos entre las tres razas de *H. cydno* o entre éstas y *H. melpomene*. Se presenta evidencia que indica 1) que *H. cydno* y *H. melpomene* hibridizan en la naturaleza y 2) que la introgresión entre estas especies incipientes juega un importante papel en la generación de la variación natural del patrón de coloración encontrada. Un modelo genético del sistema muestra que ochenta patrones de coloración novedosos, genéticamente estables, se puede esperar que aparezcan en la zona de hibridación de Dagua. Un patrón de estos es virtualmente indistinguible de aquel de *H. heurippa* se originó de una zona de hibridación involucrando a *H. melpomene* y *H. cydno*.



**SIMPOSIO**

# **CONTROL BIOLÓGICO**







## ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DE BIOPLAGUICIDAS EN COLOMBIA

**Alba Marina Cotes P. Ph. D.**

Programa Nacional MIP, Corpoica Tibaitatá, A.A. 240142  
Santafé de Bogotá, Colombia.

El control biológico de insectos plagas, mediante la utilización de bioplaguicidas, es considerado como una de las alternativas más deseables y factibles en el manejo de las plagas en agricultura, pues puede proveer un control adecuado de éstas, dentro de los conceptos más recientes de agricultura sostenible. Sin embargo, aunque en el país, desde hace por lo menos dos décadas se ha incursionado en este campo de la investigación agrícola, son pocos los productos generados.

A pesar de los avances y resultados promisorios sobre control biológico de plagas, se debe tener en cuenta que uno de los obstáculos en su implementación como método efectivo de control, es la producción masiva del microorganismo biocontrolador, dadas las cantidades que deben ser utilizadas para su aplicación en condiciones de campo y los problemas referentes a su formulación y conservación.

Buena parte de los esfuerzos actuales en investigación en el mundo, se dirigen a obtener por aislamiento o por manipulación genética nuevas cepas de microorganismos con alto grado de virulencia, amplio espectro de actividad y mayor permanencia en el medio ambiente; pero si no se manejan los parámetros para su producción masiva o fermentación industrial y para su formulación, o si sus costos de producción son muy elevados o su producción restringida, se pierden o se disminuyen las posibles ventajas tecnológicas, económicas y comerciales resultantes de una investigación científica exitosa.

Una limitante en el conocimiento de métodos de producción industrial de microorganismos biocontroladores es que las compañías transnacionales que elaboran dichos productos actualmente, lo hacen empleando tecnologías patentadas o que se rigen bajo secreto industrial, lo cual dificulta el acceso al conocimiento sobre los métodos empleados para tal fin.

El campo de la tecnología para la producción de bioplaguicidas es amplio y nuevo en Colombia. Hasta el momento, para el control de insectos plaga, con bioplaguicidas debidamente registrados ante el ICA, sólo existen ocho empresas comprometidas con la producción y/o distribución de uno o varios productos; seis de éstas trabajan con *Bacillus thuringiensis*, dos trabajan con *Beauveria bassiana*, sólo una trabaja con *Verticillium lecanii* y con *Metarhizium anisopliae*.

Es importante destacar que a pesar de que existen pocos bioplaguicidas registrados en Colombia, en el mercado empieza a ser creciente la oferta de productos, que en la mayoría de los casos no llenan los requisitos de control de calidad exigidos y cuya supuesta actividad biológica no está respaldada por resultados experimentales serios y representativos. La utilización no exitosa de estos últimos productos, por parte de los agricultores, conlleva a una pérdida de credibilidad, no en el producto, sino en el control biológico como método de manejo de plagas.

El logro de un bioplaguicida implica el cumplimiento de diversas etapas técnicas que aseguren la obtención de un producto seguro, eficaz y confiable. Dichas etapas comprenden el aislamiento del microorganismo, su conservación, la evaluación de su actividad biocontroladora, el estudio de los mecanismos de acción implicados en dicha actividad, su producción masiva, estudios de preformulación, formulación, determinación de dosis y for-

mas de aplicación, evaluación del producto en campo, estudios de impacto ambiental y caracterización molecular del microorganismo para lograr su posterior patentamiento.

Todo microorganismo que se utilice como agente de control biológico, debe ser identificado plenamente para garantizar que éste no represente riesgo para la salud humana, animal o vegetal. Además, debe ser conservado en condiciones de latencia para preservar sus características fisiológicas y genéticas.

Con el fin de medir la real actividad biocontroladora del microorganismo se deben realizar bioensayos bajo condiciones controladas de laboratorio, invernadero y/o campo. Una vez establecida su actividad biocontroladora, si los mecanismos de biocontrol no se conocen, se deben realizar estudios tendientes a su esclarecimiento, dado que este entendimiento permite proporcionarle al microorganismos las condiciones óptimas durante su producción masiva, formulación o aplicación en campo que permitan potenciar su actividad biocontroladora.

La producción masiva de los microorganismos biocontroladores puede llevarse a cabo mediante fermentación líquida o sólida. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la presión de selección a la que se somete el microorganismo durante su producción, en condiciones de laboratorio o industriales, puede reducir su actividad biocontroladora. En muchos casos, la actividad biocontroladora está directamente relacionada con el sustrato que se utiliza para su producción. Se ha constatado que un microorganismo biocontrolador puede perder virulencia debido a su continuo pase sobre medios de cultivo. Igualmente, factores como los constituyentes del medio de cultivo, el pH de éste, la temperatura de incubación, la humedad relativa, también pueden ser causantes de una pérdida gradual de virulencia.

Para realizar la producción masiva de un microorganismo con propósitos de biocontrol, se debe definir si los propágulos que se requieren pertenecen a la fase vegetativa o reproductiva de éste, teniendo en cuenta su modo de acción. Para el caso de bacterias no esporulantes, en general, se utilizan células vegetativas, para mohos esporulantes p. ej. *Beauveria* spp., en general se utilizan conidios, para bacterias esporulantes p.ej. *Bacillus subtilis*, se utilizan esporas, mientras que para bacterias esporulantes y cristalíferas p.ej. *Bacillus thuringiensis*, se utilizan tanto esporas como cristales.

La mayoría de bacterias y de hongos pueden ser producidos masivamente, tanto en medio de cultivo líquido como sólido. Sin embargo, para hongos, son pocos los reportes que existen en la literatura sobre la producción de conidias en medio líquido. La mayoría de veces, se producen blastosporas, que aunque pueden actuar eficientemente como unidades infectivas, en general, tienen una vida más corta que las de las conidias.

Para diseñar un medio de cultivo adecuado a un microorganismo en particular, es necesario conocer su fisiología y sus requerimientos nutricionales y físicos, dado que éstos varían de acuerdo con las especies.

En términos generales la producción de biomasa microbiana es un proceso autocatalítico, el cual depende de cada microorganismo individual y de las condiciones fisicoquímicas del cultivo.

Esta actividad biocontroladora también está relacionada con el manejo que se haga de la biomasa producida, pues factores tales como el método de separación que se utilice para la biomasa, los procedimientos de secado, formulación y las condiciones que se utilicen para su almacenamiento también pueden afectar tanto la viabilidad como la actividad biocontroladora del microorganismo.

Una etapa importante en el desarrollo de un bioplaguicida es la preformulación, la cual se define como un conjunto de actividades organizadas, conducentes a la determinación de las

características del principio activo (el microorganismo) y de los cambios químicos, físicos y biológicos que éste pueda sufrir solo o cuando es combinado con los auxiliares de formulación (excipientes) necesarios para la elaboración del producto final.

Basados en los resultados de preformulación, se desarrolla la formulación del bioplaguicida, en la cual, el principio activo junto con otros materiales debe formar un producto activo contra la plaga, seguro y fácil de aplicar. Este producto debe tener propiedades de cobertura y adherencia al sustrato en el cual es aplicado. Sin embargo, el tipo de formulación que se haga de un microorganismo biocontrolador, debe estar de acuerdo con el hábitat en el que éste ha de ser aplicado. Si el bioplaguicida es para aplicación en las partes aéreas de la planta, la formulación deberá contener principalmente excipientes que le confieran propiedades de adherencia, tolerancia a la desecación, tolerancia a altas temperaturas y tolerancia a la luz ultravioleta del sol; mientras que si éste es para aplicación en el suelo, la formulación deberá contener principalmente excipientes que protejan al microorganismo de la antimicrobiosis del suelo y que le ofrezcan estabilidad ante condiciones de pH adversas, así como una base nutricional que le permita su establecimiento.

Es importante que antes de liberar al ambiente un microorganismo biocontrolador se realicen estudios toxicidad y de ecotoxicidad que garanticen la inocuidad de éste para el hombre, animales y medio-ambiente. Los estudios de toxicidad incluyen principalmente evaluaciones de toxicidad aguda, subcrónica y crónica. Adicionalmente, si el producto contiene metabolitos secundarios, se le debe evaluar su potencial carcinogénico, mutagénico, teratogénico, sus efectos sobre la reproducción y sobre el metabolismo en mamíferos, su capacidad neurotóxica los efectos producidos sobre el sistema inmune.

La toxicidad aguda se evalúa sobre ratas mediante aplicación oral, dérmica y por inhalación, sobre conejos se evalúa la irritación dérmica y ocular, y sobre cobayos se evalúan las reacciones alérgicas. La toxicidad subcrónica se evalúa vía alimentación, sobre ratas y sobre perros, y vía dérmica, sobre ratas y conejos. Los estudios de teratogenicidad, se llevan a cabo sobre rata y sobre conejo. Los estudios de mutagenicidad se llevan a cabo sobre bacterias y en células de mamíferos, evaluando los cambios ocurridos en los genes y en los cromosomas. La toxicidad crónica se evalúa en perros, ratas y ratones, vía alimentación. Esta evaluación incluye la realización de pruebas de cancerogenicidad.

Los estudios de impacto ambiental revisten especial interés para garantizar la inocuidad del producto o del proceso de producción, tienen como objetivo el de determinar los impactos potenciales que sobre el medio-ambiente biótico y abiótico tendría el proceso de producción, distribución y aplicación del bioplaguicida (contaminación del aire, del agua, efectos sobre salud pública etc.). Dentro de los estudios de impacto ambiental se incluyen los estudios ecotoxicológicos, los cuales dependen en gran medida del tipo de organismos que se encuentran en el ambiente sobre el cual el bioplaguicida ejercería su efecto. Para la mayoría de los casos, se requiere de la realización de estudios agudos, subcrónicos y crónicos. Estos, dependiendo del caso, se llevan a cabo sobre peces (v.g. trucha arco iris, bagre), sobre aves (v.g. codorniz, pato), sobre invertebrados acuáticos (v.g. *Daphnia magna*), sobre insectos benéficos (v.g. *Aphis mellifera*), sobre lombrices de tierra, sobre algas, sobre plantas terrestres y sobre un mesocosmos.

Cada país tiene sus propias reglamentaciones para el registro de bioplaguicidas. La comunidad económica europea a través de sus directivas 91/414 y 9/220 exige, que se suministre toda la información que permita evaluar los riesgos (inmediatos o retardados) que la utilización del bioplaguicida tendría sobre el hombre y sobre el medio-ambiente. Esto incluye la información sobre la identidad del microorganismo, sus propiedades biológicas, función, método de producción del bioplaguicida, control de calidad, condiciones de utilización, pruebas de eficacia, estudios de patogenicidad y de toxicidad, evaluación inmunológica análisis de residualidad y comportamiento en el medio.

La industria de los bioplaguicidas se encuentra dentro de las biotecnologías de mediano plazo, es decir, aquellas que requieren entre 3 y 8 años para el trabajo de investigación y desarrollo. Dada la inversión necesaria para lograr un nuevo producto, la protección de los hallazgos es vital. En consecuencia, es importante contar en los diferentes países, con procedimientos claros para defender la propiedad intelectual y patentar las tecnologías de producción del bioplaguicida y las cepas utilizadas como principio activo. Sin embargo, dado que para la obtención del registro, se requiere de la descripción de los procesos y operaciones, la secrecía en este sentido no sería posible de mantener. De otra parte, la mayoría de países no aceptan la opción de patentar cepas naturales, lo que no permite defender la inversión requerida para la obtención de un bioplaguicida.

En Colombia, en términos generales, a nivel de investigación en desarrollo de bioplaguicidas, se ha trabajado básicamente en los aspectos biológicos tales como el aislamiento de microorganismos, evaluación y caracterización de estos. Muchos investigadores en el tema, desconocen la importancia de incursionar en los aspectos tecnológicos y ambientales del control biológico. Por lo tanto, se requiere de un esfuerzo de capacitación dirigida a estudiantes universitarios y profesionales, así como de la dotación a nivel de infraestructura y de apoyo financiero para realizar investigaciones de control biológico globales, con aplicación práctica, que bien podrían concebirse de la unión entre las universidades y/o centros de investigación con la industria.

Es importante mencionar que el control biológico de plagas, mediante la utilización de bioplaguicidas es un componente de programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), en consecuencia, estos productos deben ser usados teniendo en cuenta los otros componentes de manejo recomendados para una plaga en particular.

Colombia como país signatario de la agenda 21 se comprometió con el mejoramiento y desarrollo de Manejo Integrado de Plagas, para el beneficio de los agricultores, a través de la organización de redes de cooperación campesina y del trabajo de las instituciones de investigación y transferencia. Este compromiso incluye la creación de programas y proyectos nacionales en MIP, en los que el control biológico constituye el pilar fundamental de las nuevas políticas de protección vegetal, que conlleven a la reducción del consumo de plaguicidas, al incremento de los rendimientos agrícolas y al aumento de utilidades para el agricultor.

Sin embargo, en la práctica, la implementación de programas MIP, que involucren avances importantes en control biológico de plagas y especialmente en el desarrollo de bioplaguicidas, ha sido deficiente, debido a las siguientes razones políticas, económicas, biológicas, tecnológicas y educativas.

### **Situación biológica del desarrollo de bioplaguicidas**

- Existe una experiencia de resultados inconsistentes en campo, que ha generado pérdida de credibilidad en su acción.
- La acción lenta de los microorganismos también genera desconfianza en los agricultores sobre su efectividad.
- Los microorganismos en general, son poco estables en condiciones de almacenamiento y de campo. En consecuencia, su vida útil es corta.
- El uso de microorganismos exige muchas precauciones para su manejo
- Son pocos los estudios de impacto ambiental de microorganismos realizados en Colombia.
- Tampoco se le ha dado importancia al entendimiento de los mecanismos de acción implicados en la interacción microorganismo-insecto-medioambiente.

### **Situación tecnológica del desarrollo de bioplaguicidas**

- La tecnología disponible sobre desarrollo de productos es escasa.
- No se ha hecho exigencia de implementación de "Buenas prácticas de laboratorio, de manufactura y de campo" aplicadas al desarrollo de bioinsumos, por parte del ente regulador.
- En general la producción masiva de microorganismos que se hace es poco tecnificada.
- La mayoría de productos no han sido sometidos a estudios rigurosos de preformulación, formulación y control de calidad.
- En la mayoría de casos, la infraestructura para el desarrollo de bioplaguicidas es precaria.
- La mayoría de equipos importados para formulación de bioplaguicidas, en general han sido diseñados para otros usos y no siempre se adaptan a los requeridos para microorganismos.
- El desarrollo de bioplaguicidas no se está haciendo con una concepción integral y multidisciplinaria.

### **Situación educativa del desarrollo de bioplaguicidas**

- En la mayoría de facultades de agronomía, biología, microbiología, química farmacéutica e ingeniería química, no hay programas curriculares aplicados al desarrollo de bioinsumos.
- No se han realizado campañas masivas dirigidas a agricultores y asistentes técnicos sobre promoción de bioplaguicidas.
- No se ha creado conciencia en los consumidores, de los problemas que para el medioambiente y la salud pública, acarrea el uso de productos de alta toxicidad y sobre las ventajas que presentaría el uso de bioplaguicidas.

### **Situación económica del desarrollo de bioplaguicidas**

- En la práctica, no existen en el país programas de financiación que promuevan la investigación en desarrollo y la producción industrial de productos.
- Debido a las pequeñas escalas en que se producen los bioplaguicidas, el negocio no es rentable.

### **Situación legislativa del desarrollo de bioplaguicidas**

- No se han generado incentivos tributarios para su producción y uso.
- No hay en el país ente fiscalizador que detecte el uso indiscriminado y exagerado de plaguicidas químicos.
- No se han dispuesto multas y sanciones para quienes debido a la utilización de plaguicidas químicos altamente tóxicos, contaminen el medioambiente y vendan productos agrícolas con residuos peligrosos para la salud humana.

De otra parte, la implementación del MIP como sistema integral de manejo de plagas, también se ha enfrentado las siguientes limitantes, las cuales fueron descritas en un taller sobre la implementación del Manejo Integrado de Plagas en América del Sur, el cual fue organizado por el IPMWG (Integrated Pest Management Working Group) conjuntamente con el IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), en Quito, en noviembre de 1994.

### **Aplicación del MIP**

- Desconfianza en el agricultor, acompañada de temor y resistencia al cambio.
- Resultados poco representativos debido a la falta de continuidad en los programas MIP.
- Deficiente educación ecológica a nivel escolar, e inexistencia de campañas dirigidas a usuarios del MIP y a potenciales consumidores de sus productos para difundir sus ventajas.
- Falta de capacitación de los agricultores y desconocimiento de la importancia que tiene el monitoreo de plagas, depredadores y parasitoides.
- Poca oferta en el mercado de productos biológicos con garantizada efectividad.
- Manejo inadecuado de plaguicidas por parte de los usuarios.
- Falta de conocimientos por parte de los extensionistas sobre los métodos nuevos de control de plagas, que les permitan recomendar su aplicación.

### **Políticas de apoyo del MIP**

- No existe una promoción adecuada del MIP, ni una legislación que regule su uso.

### **Programas de investigación en MIP**

- Falta capacitar más investigadores en tecnologías MIP, para formar una masa crítica que pueda definir prioridades y ejecutar acciones.
- Existe un diagnóstico insuficiente sobre los problemas de investigación que se deben abordar.
- Falta integración entre los investigadores para realizar la investigación en forma multidisciplinaria.
- No se ha investigado suficientemente sobre el agroecosistema.
- No se han definido claramente las políticas (cuali-cuantitativas) de investigación en MIP.
- La interacción entre instituciones e investigadores es insuficiente.
- No se han sistematizado los resultados de investigación en MIP.
- No se dispone de suficientes recursos financieros para investigar en MIP.
- La inversión del sector privado en programas MIP es escasa.
- Falta de motivación en los beneficiarios directos, ya que no se han realizado estudios de rentabilidad del MIP.
- Existe poca interacción entre investigadores y empresas.
- Los programas curriculares de capacitación de recursos humanos en MIP son insuficientes y no tienen aplicación práctica.

### **Implementación de programas de extensión en MIP**

- Falta coordinación interinstitucional para realizar programas conjuntos de extensión en MIP.
- Los recursos financieros disponibles son insuficientes para realizar extensión.
- Falta de gestión empresarial en MIP.
- No hay suficientes programas de investigación participativa.

## Implementación del MIP dentro de un contexto económico

- El MIP no es prioridad en la distribución de fondos públicos y no hay programas de ayuda (crédito barato) dirigido a los agricultores que deseen aplicar el MIP.

## Referencias

- Cardona, C., Prada, P., Rodríguez, A., Ashby, J., Quirós, C. 1991. Bases para establecer un programa de manejo integrado de la habichuela en la provincia del Sumapáz (Colombia). ICA-CIAT. 78 PP.
- Consejo de la Tierra. 1993. La Cumbre de la tierra, ECO 92, Visiones diferentes. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica: Capítulos 14 y 19.
- CORPOICA. 1994. La Sostenibilidad y la Investigación Agropecuaria en Colombia. 30 pp. Bogotá, Colombia.
- CORPOICA. 1994. Documento del Programa de Manejo Integrado de Plagas. Bogotá. 39 pp.
- Cotes, A. M. 1995. Consultoría en Manejo Integrado de Plagas. Documentos FAO, Colombia. 60pp.
- Cotes, A. M. 1997. Producción masiva y formulación de microorganismos biocontroladores de fitopatógenos. In Memorias "Seminario Internacional de Control biológico de fitopatógenos". Corpoica, C. I. Tibaitatá, febrero 24.
- FAO/UNEP. 1994. Panel of Experts on Integrated Pest Control in Agriculture. Sixteenth session. Roma. 62 pp.
- Galán, L. 1993. Biotecnología de la producción de bioinsecticidas microbianos centrada en *Bacillus thuringiensis*. Universidad Autónoma de México. Primera edición.
- García, F. 1995. Avances y perspectivas del control biológico en la implementación de programas MIP en cultivos en Colombia. CORPOICA. Palmira. 6 pp.
- Holfstein, R., Fridlender, B., Chalutz, E. 1994. Large scale production of pilot testing of biological control agents for postharvest diseases. In Biological control of postharvest diseases, theory and practice, ( Edited by C. Wilson and M. Wisniewski), CRC Press, London.
- Holt, G., Krieg, N., Sneath, P., Staley, J., Williams, S. 1993. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition. Williams-Wilkins. Baltimore.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). División de Insumos Agrícolas. 1999.
- IPMWG - IICA. 1994. Memorias del Taller sobre la implementación del manejo integrado de plagas en América del Sur. Quito, Ecuador. noviembre 20 - 25. 48 pp.
- Keller R., Dunn I.J., 1977. Fed batch microbial culture: models, error, applications. J. Appl. Chem Biotechnol. 28, 504 - 514.
- Khachatourians. G. 1991. Physiology and Genetics of enthomopathogenic fungi. In Handbook of Applied Mycology. Humans, Animals and Insects. Eds. D. Arora, L. Ajeilo, K. Mujerji. Marcel Dekker Inc. New York. pp 548-611.



- Navarro J.M., G. Goma. 1976. Fermentation continue: Théorie et applications à la préparation des boissons fermentées. Série Synthèses bibliographiques. De. APRIA, Paris.
- Latge, J., Moletta, R. 1988. Natural control: ecology and biology. In Atlas of entomopathogenic fungi. Eds. R. Samson, H. Evans, J. Latgé. Springer Verlag. Berlín. pp. 140-151.
- Latge, J., Moletta, R. 1988. Taxonomy of Entomopathogenic fungi. In Atlas of entomopathogenic fungi. Eds. R. Samson, H. Evans, J. Latgé. Springer Verlag. Berlín. pp. 5-16.
- Latge, J., Moletta, R. 1988. Biotechnology. In Atlas of entomopathogenic fungi. Eds. (R. Samson, Hary Evans, J. Latgé). Springer Verlag. Berlín. pp. 152 - 164.
- Papavizas, G. C., Dun, M. T. Lewis, J. A., And Beagle, R. 1984. Liquid fermentation technology for experimental production of biocontrol fungi. *Phytopathology*. 74: 1171-1175.
- Papavizas, G. C. Introduction and augmentation of microbial antagonists for the control of soilborne plant pathogens. Biological control in crop production. Beltsville Symposium, number 5. In *Agricultural Research*. Allanheld Osmum. Totowa. 305-322.
- Rhodes, D. 1993. Formulation of biological control agents. In *Exploitation of microorganisms*, (Edited by D. Gareth), Chapman & Hall, London.
- Sheffler, H. 1997. Toxicología. In Seminario Taller "Las ciencias relacionadas con el registro de productos para la protección de cultivos. Fesandina-Lacpa. Bogotá, 6-10 de octubre.
- Sancoucy, R. 1991. Las Instituciones Internacionales de Asistencia Técnica y el Desarrollo Sostenible. En Seminario Taller sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles y Desarrollo Rural para el Trópico. CIPAV, Cali.
- Solivieri, C. 1997. Ecotoxicología. In Seminario Taller "Las ciencias relacionadas con el registro de productos para la protección de cultivos. Fesandina-Lacpa. Bogotá, 6-10 de octubre.
- The World Commision on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*. Oxford. London-UK.
- Thonard, P. 1988. Memorias del curso de Bioingeniería. Facultad de Ciencias Agronómicas de Gembloux. Bélgica 300 pp.
- Travis, R. 1991. Ecology of entomopathogenic fungi. In *Hanbook of Applied Mycology. Humans, Animals and Insects*. Eds. D. Arora, L. Ajeilo, K. Mujerji. Marcel Dekker Inc. New York. pp 613-703.
- Torres, R. 1995. Hacia una estrategia de investigación en agricultura sostenible. CORPOICA 11 PP.
- Trigo, E. Kaimawitz., Flores, R. 1991. Hacia una estrategia para un Desarrollo Agropecuario Sostenido. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Programa de Generación y Tránsferencia de Tecnología. 62 pp. San José de Costa Rica.

## DESARROLLO DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNADEROS *Trialeurodes vaporariorum* CON *Encarsia formosa* Y *Amitus fuscipennis* EN TOMATE BAJO INVERNADERO EN LA SABANA DE BOGOTÁ

R.M.J. De Vis <sup>1</sup>

J.C. van Lenteren Ph. D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.  
raf.de.vis@utadeo.edu.co

<sup>2</sup>Departamento de Entomología. Universidad Agrícola de Wageningen. Holanda.  
jooop.vanlenteren@medew.ento.wau.nl

### Introducción

El manejo integrado de plagas y enfermedades ya es la práctica normal en la mayoría de los cultivos bajo invernadero en los países desarrollados. El área de invernaderos en el mundo con manejo integrado de plagas se ha incrementado exponencialmente en los últimos 30 años: de 50 ha en 1970 a casi 15.000 ha en 1990 (van Lenteren, 1992). Varios programas de control biológico de plagas en diferentes cultivos, principalmente hortalizas, ya cuentan con la disponibilidad comercial de más de 100 enemigos naturales (Koppert Biological Systems, com. pers., 1997). El control biológico de las dos plagas más importantes en invernaderos, la mosca blanca y los ácaros, se está implementando en 20 de los 35 países que tienen industria de invernaderos y el área de invernaderos con uso del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan para control de la mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) se ha incrementado de 150 ha en 1970 a casi 5000 en 1993 (van Lenteren, 1995).

En el caso del tomate bajo invernadero ya se cuenta con soluciones biológicas comerciales para todas las plagas del tomate como fue descrito por van Lenteren (1995)(Tabla 1).

**Tabla 1.** Plagas y sistemas de control biológico utilizados en tomate bajo invernadero.

Plaga	Sistema de control biológico
Mosca blanca, <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Encarsia formosa</i>
Acaros, <i>Tetranychus urticae</i>	<i>Phytoseiulus persimilis</i>
Minadores, <i>Liriomyza</i> spp.	<i>Dacnusa sibirica</i> , <i>Diglyphus isaea</i> , control natural
Defoliadores	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Afidos	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> , <i>Aphidius colemani</i> , <i>Aphidius matricariae</i> , control natural

En el éxito de estos sistemas de control biológico el control del clima en el invernadero juega un papel muy importante. El control climático mitiga los excesos de clima que muchas veces desestabilizan el equilibrio entre plaga y enemigo natural y permite generar un clima que pone el enemigo natural (controlador) en ventaja frente a la plaga. En Colombia, el área de cultivos de tomate bajo invernadero esta creciendo rápidamente. Sin embargo, por falta de adaptación de la tecnología de control biológico todavía no se aplica. El Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA) está desarrollando investigaciones para ajustar la tecnología de control biológico dentro de un plan de manejo integrado y ha logrado reducir las aplicaciones de pesticidas en un 80 % en tomate bajo invernadero. La plaga más importante es la mosca blanca de los invernaderos, *T. Vaporariorum*, la cual se controla con el parasitoides *Encarsia formosa*. Durante medio siglo se ha investigado el sistema tritrófico

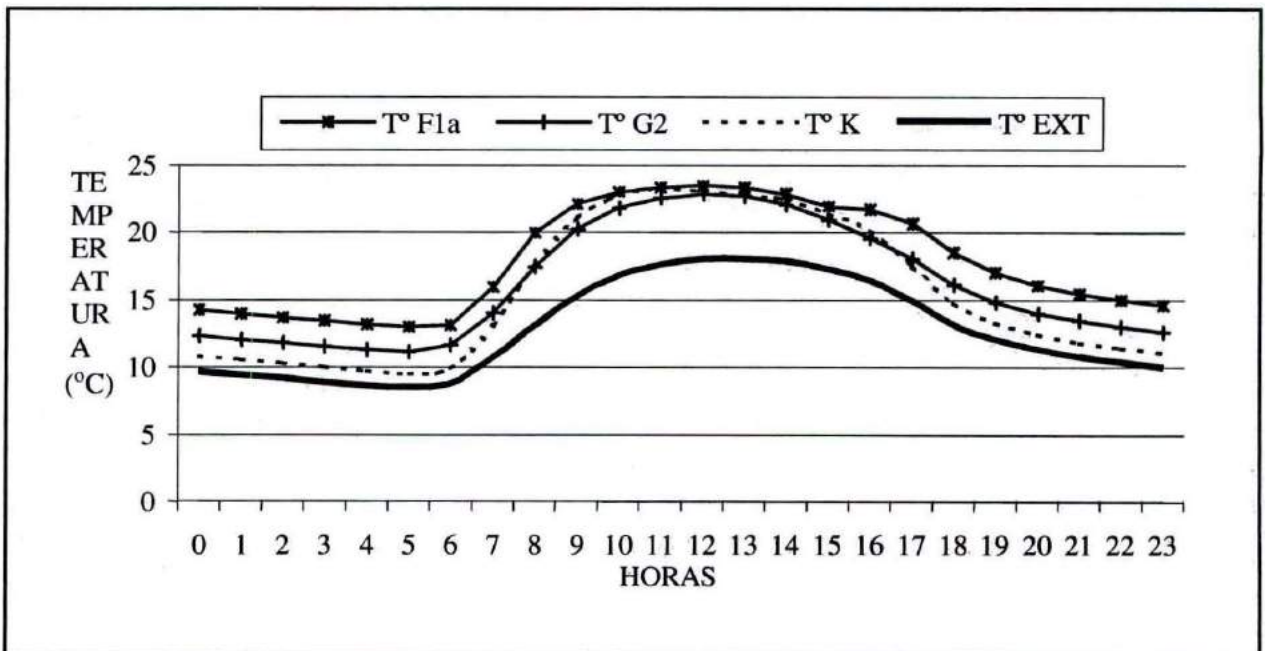
planta – plaga – parasitoide. Sin embargo, nunca utilizó el parasitoide en invernaderos con temperaturas bajas durante todo el año y en condiciones de día corto. También se encuentra en Colombia el parasitoide *Amitus fuscipennis* que hasta la fecha no se había investigado en detalle. Este parasitoide podría ser una alternativa interesante, por su adaptación a las condiciones Colombianas.

### Clima en los invernaderos

El clima de los invernaderos en la sabana de Bogotá es relativamente frío sobre todo cuando se compara con invernaderos climatizados donde se maneja una temperatura promedio hasta 20 °C. Un invernadero tradicional en la sabana de Bogotá genera una temperatura promedio de aproximadamente 1.5-2 °C por encima de la temperatura exterior. Con una pantalla climática se puede duplicar esta diferencia. El promedio dentro de un invernadero tradicional puede llegar a 13.5–15.°C. Con pantalla climática la temperatura puede llegar a 15-16 °C y en un invernadero con cubierta de vidrio y pantalla climática la temperatura promedio puede llegar a 17-18 °C (Tabla 2)

**Tabla 2.** Comparación de la temperatura (°C) promedio día, noche y 24 horas en dos tipos de invernadero y el exterior. Datos promedio de 25 de enero a 17 de abril de 1999

LUGAR	T° día	T° noche	T° 24 horas
Exterior	14.9	10.0	12.4
Plástico con pantalla	18.7	12.6	15.6
Vidrio automática y con pantalla	20.1	14.7	17.4



**Figura 1.** Comportamiento promedio de la temperatura a través del día en tres invernaderos: Vidrio con pantalla térmica (F1a), plástico con pantalla térmica (G2), plástico climatizado (K) y el exterior (EXT).

La variación durante y entre días es muy grande. Para un invernadero tradicional con pantalla la temperatura promedio cae por debajo de 15 °C entre las 8 de la noche y las 7 de la mañana, con la mayor parte del tiempo alrededor de 12 °C (Figura 1).

### **El efecto del clima sobre algunos parámetros poblacionales de *T. vaporariorum* y *E. formosa*.**

A 16 °C constantes, la fecundidad y la duración total del desarrollo inmaduro es mayor para *T. vaporariorum* que para *E. formosa*. La tasa intrínseca de crecimiento de *E. formosa* es mayor que la tasa intrínseca de *T. vaporariorum*. (van Roermond y van Lenteren, 1992). La diferencia entre el crecimiento potencial de los dos insectos, sin embargo, es muy pequeña a esta temperatura.

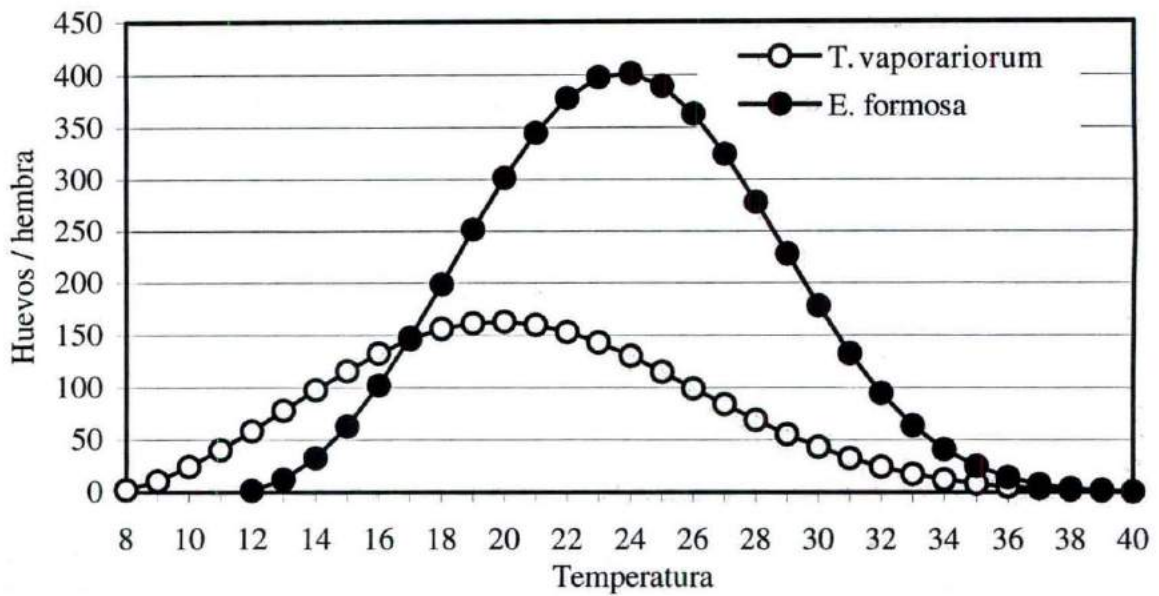
La relación entre la temperatura y los parámetros poblacionales no es lineal (Figura 2). Por consecuencia, los parámetros poblacionales en condiciones de 16 °C constantes no pueden ser igual que en condiciones de invernadero con un promedio de 16 °C pero con oscilaciones grandes de temperatura. Una aproximación se puede hacer calculando cada parámetro por hora con la temperatura promedio de la hora y promediar por el periodo en estudio. Comparando la fecundidad, la frecuencia de oviposición y la duración total de los estados inmaduros a 16 °C constantes o con oscilación se encuentran grandes diferencias. El efecto es además opuesto para ciertos parámetros si se compara la plaga y el parasitoide (Tabla 3): con oscilaciones de invernadero la fecundidad y frecuencia de oviposición de *E. formosa* se incrementa mientras que para *T. vaporariorum* se disminuye. La duración total del desarrollo inmaduro sin embargo se incrementa más para *E. formosa* que para *T. vaporariorum*, aunque la diferencia no es tan marcada como para la fecundidad. A 16 °C constantes el control biológico podría ser difícil si analiza solamente estos dos parámetros, pero evaluando con variación de temperatura el control se vuelve más viable.

### **Control biológico de *T. vaporariorum* con *E. formosa* en dos tipos de invernadero**

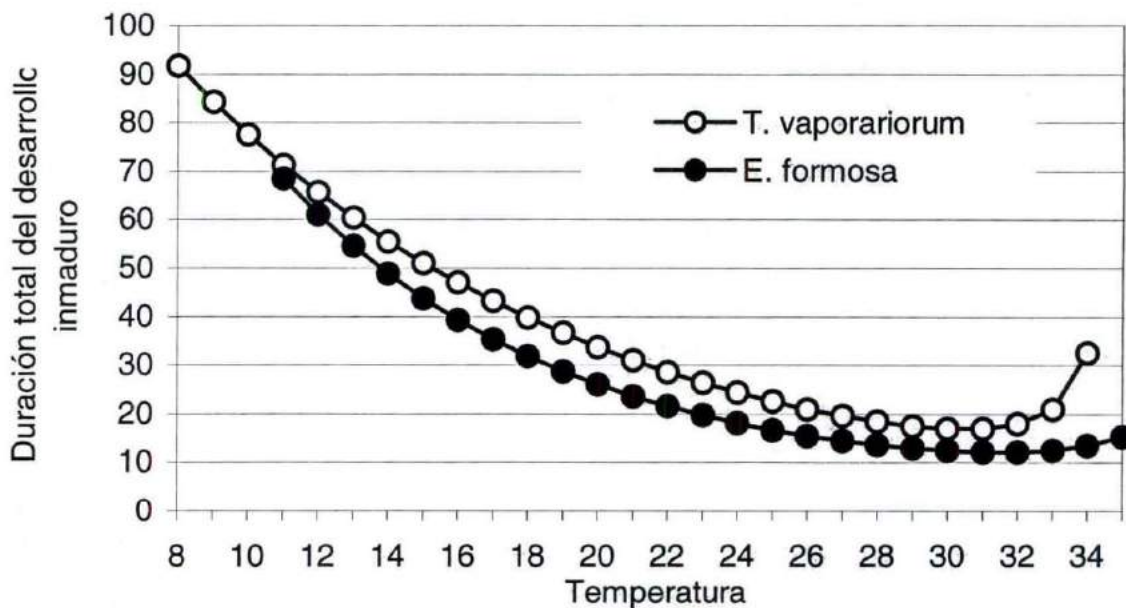
Se evaluó el control biológico de *T. vaporariorum* con *E. formosa* en tomate durante tres ciclos consecutivos de producción en dos invernaderos. Los experimentos fueron conducidos en el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA), 20 Km al norte de Bogotá. El primer invernadero es uno de plástico que tiene la estructura tradicional colombiana y está equipado con una pantalla térmica. Las cortinas laterales se abrieron solo si la temperatura del invernadero superó 25 °C mientras la pantalla térmica se abrió a las 7:00 a.m. y se cerró a las 4:15 p.m. El segundo invernadero es un invernadero de vidrio, tipo Venlo, con ventilación en el techo, controlado por un computador climático (Midi-Clima, Van Vliet, Holanda). Desde 1998 se instaló una pantalla climática en el invernadero de vidrio. El invernadero de vidrio genera un clima ligeramente mas caliente que el invernadero de plástico. En 1997 los promedios fueron 16.5 y 15.5 °C para el invernadero de vidrio y de plástico respectivamente. Durante los años 1998 y 1999 los promedios fueron ligeramente mayores.

Para controlar la mosca blanca se introdujeron en los cultivos recién trasplantados (cv Boris, Bruinsma Seeds, Holanda) adultos o pupas de *T. vaporariorum* parasitadas por *E. formosa* provenientes de la cría del CIAA. En 1997 se introdujeron 3 adultos de *E. formosa* por m<sup>2</sup> por semana, en 1998 3 pupas por m<sup>2</sup> por semana y 5 pupas por m<sup>2</sup> en 1999. El total fue 66 adultos o pupas por m<sup>2</sup> en los tres experimentos.

Semanalmente se contaron los adultos de mosca blanca en las 8 hojas superiores de una muestra estratificada de 10 % de las plantas. Semanalmente se determinó el parasitismo mediante conteo de las pupas parasitadas y no parasitadas en una hoja por planta de una



A



B

**Figura 2.** Efecto de la temperatura sobre la fecundidad (gráfica A) y duración (días) total del desarrollo inmaduro (gráfica B) de *T. vaporariorum* y *E. Formosa* en tomate (Adaptado con base en van Roermond y van Lenteren, 1992)

**Tabla 3.** Fecundidad, frecuencia de oviposición y duración total del desarrollo inmaduro de *T. vaporariorum* (T.v.) y *E. formosa* (E.f.) a 16 °C constante o con oscilación de un invernadero tradicional de Colombia.

	Fecundidad (huevos/hembra)		Frecuencia de oviposición (huevos/día)		Duración total del desarrollo inmaduro (días)	
	T.v.	E.f.	T.v.	E.f.	T.v.	E.f.
Constante	133	104	4.7	2.9	46.8	38.0
Con oscilación de invernadero	98	146	3.8	4.9	51.0	43.8
Variación oscilante/constante	0.74	1.40	0.82	1.71	1.09	1.15

muestra estratificada de 10 % de las plantas. Para este fin se escogieron hojas donde aparecen algunas pupas negras eclosionadas. En estas hojas la mayoría de las pupas no parasitadas ya había eclosionado. De esta forma se evitó que las pupas parasitadas que todavía no estaban en el estado negro fueran contadas como no parasitadas.

Las plagas diferentes a la mosca blanca que se presentaron fueron minadores, áfidos y el ácaro del bronceado, *Aculops lycopersici*, que apareció en los invernaderos al final de 1997 y de nuevo en 1998. Los primeros dos se controlaron de manera natural por parasitoides mientras el último se controló con acaricidas. En 1999 no se ha presentado el ácaro del bronceado. Enfermedades como el moho gris, causado por el hongo *Botrytis cinerea*, mildew polvoso y tizón temprano, causado por el hongo *Alternaria*, fueron controladas con fungicidas.

Los resultados del ensayo de 1997 muestran que 5 semanas después del trasplante, la población de mosca blanca fue 0.47 y 0.57 adultos por planta en el invernadero de vidrio y de plástico respectivamente. Desde la semana 29, el incremento de la población fue mayor para el invernadero de vidrio que para el invernadero de plástico. Esto se puede explicar por la mayor temperatura del invernadero de vidrio. Desde la semana 33 la situación se invierte lo que se puede explicar por el parasitismo: el tiempo requerido para el desarrollo inmaduro fue 7 semanas, las primeras introducciones fueron hechas en la semana 25 así que los primeros adultos de *E. formosa* deberían haber emergido en la semana 32-33. En el invernadero de vidrio la población de mosca blanca empezó a disminuir desde la semana 33, indicando un mayor parasitismo como efecto de una temperatura mayor. Sin embargo hacia la semana 45 la población incrementó en ambos invernaderos y un control químico fue necesario. Mientras en el invernadero de vidrio solo 2.8 % de las plantas requerían fumigación, en el invernadero de plástico la infestación fue tan alta que todas las plantas requerían fumigación. (Figura 3A) El parasitismo fluctuó entre 42 y 82 % en el invernadero de vidrio y entre 28 y 47 % en el invernadero de plástico (Figura 3D). Una temperatura ligeramente mayor en el invernadero de vidrio tuvo un efecto importante en el control biológico. Las recomendaciones para el siguiente ensayo fueron de aumentar la temperatura al máximo e introducir los parasitoides en forma de pupas ya que el manipuleo de los adultos puede causar daños y reducir su eficiencia.

Durante las primeras doce semanas del ensayo de 1998 el número de adultos de mosca blanca por planta permaneció por debajo del umbral de diez por planta para después incrementarse exponencialmente. Inicialmente, el número de adultos por planta fue menor en el invernadero de vidrio pero desde la semana 39 hay más adultos de mosca blanca por

planta en el invernadero de vidrio. En la semana 45 se hizo un control químico en las plantas con más de 100 adultos por planta, después del cual la población quedó de nuevo más alta en el invernadero de plástico (Figura 3B). El porcentaje de parasitismo es mayor en el invernadero de vidrio (Figura 3E). El parasitismo en el invernadero de vidrio fue alto al inicio del ciclo, bajo en la mitad y subió de nuevo hasta el final. En el invernadero de plástico tuvo una tendencia a subir desde el inicio hacia el final.

El ácaro del bronceado fue un limitante y se requirió hacer 10 fumigaciones durante todo el ciclo de producción. Las poblaciones de *T. vaporariorum* pasaron el umbral en ambos invernaderos en este ensayo. La gran cantidad de fumigaciones, necesarias para el control de *A. lycopersici*, tuvieron un efecto negativo sobre el parasitoide. Aunque se utilizaron productos compatibles se podían encontrar cantidades grandes de adultos de *E. formosa* muertos en las hojas después de las fumigaciones. Una erradicación de *A. lycopersici* era necesaria. Igual que en 1997 la población de adultos de *T. vaporariorum* incrementó rápidamente después del trasplante. Esto llevó a la conclusión que inicialmente el control no es suficiente y que las introducciones de *E. formosa* necesitan hacerse en mayor cantidad al inicio del ciclo del cultivo al igual que es importante iniciar el cultivo con poblaciones de *T. vaporariorum* menores.

Los resultados de los primeros 18 semanas del ensayo de 1999 muestran que hasta la semana 23 el número de adultos de mosca blanca por planta permaneció por debajo del umbral de 10 adultos por planta. (Figura 3C). Al inicio, el porcentaje de parasitismo presenta mucha variación debido a que se encontraron pocas hojas infestadas y la influencia de una hoja en el resultado del muestreo es grande. El parasitismo en el invernadero de plástico es inferior a 70 % inicialmente pero después superó el 80% y en el invernadero de vidrio es mayor que en el invernadero de plástico (Figura 3F). Hasta la semana 23 el control de *T. Vaporariorum* es exitoso con un mayor parasitismo en el invernadero de vidrio. La erradicación de *A. lycopersici* fue efectiva por lo cual se redujeron las fumigaciones comparado con 1998 y no se tuvo el efecto negativo de estas.

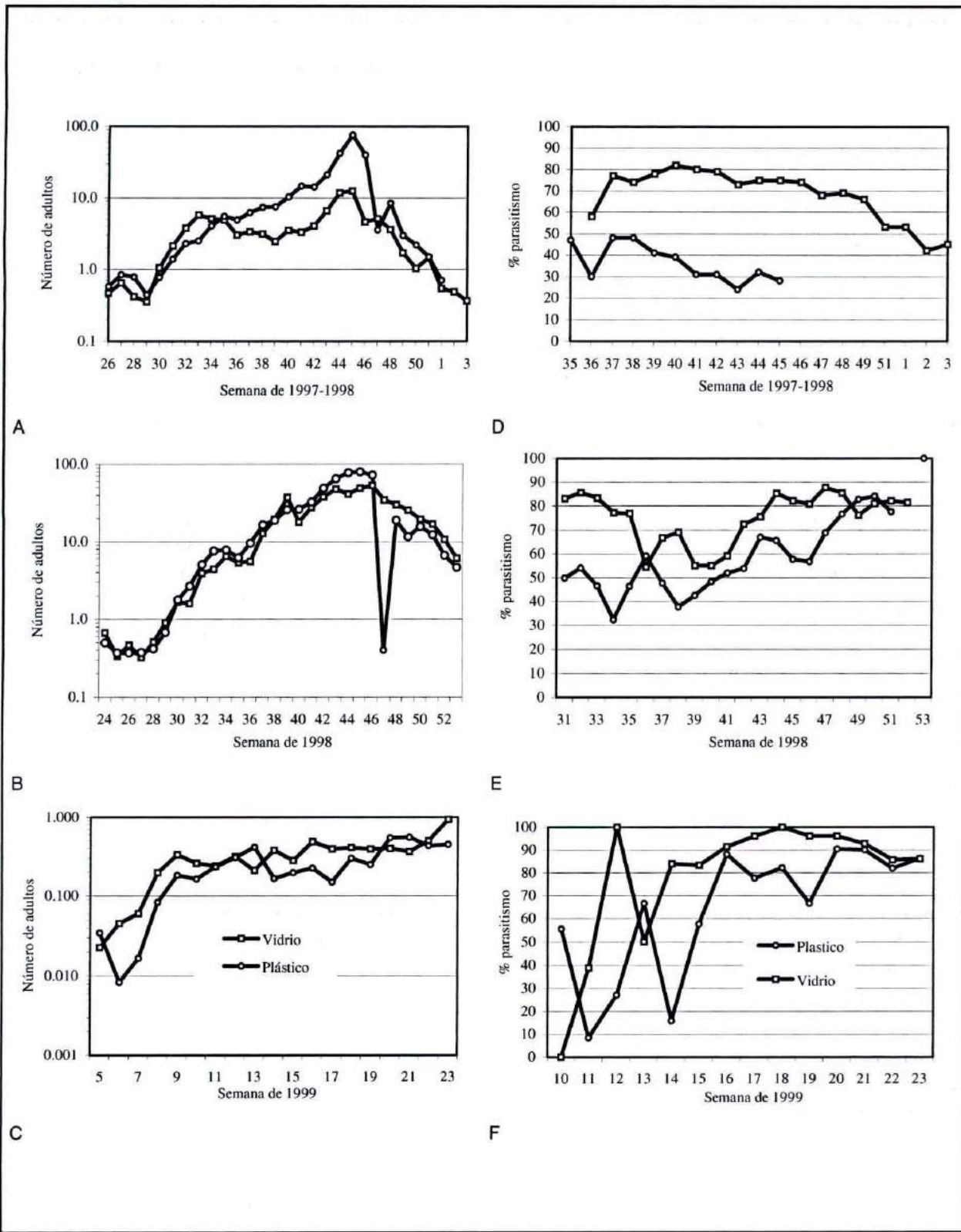
De acuerdo con estos resultados se recomienda para la aplicación en el campo:

- Iniciar el ciclo de cultivo con poblaciones de *T. vaporariorum* muy bajas (menor a 0.05 adultos por planta).
- Introducir 5 pupas de *E. formosa* por m<sup>2</sup> semanalmente.
- Introducir preferiblemente pupas en lugar de adultos eclosionados.
- Evitar fumigaciones, aún con productos compatibles con el parasitoide.
- Controlar el clima y tratar de aumentar la temperatura de los invernaderos.

En los ensayos se introdujeron 66 adultos o pupas por m<sup>2</sup>. Esto es casi tres veces la cantidad que se usa en Europa comercialmente en invernaderos climatizados. Otros ensayos deben confirmar si se puede bajar esta cantidad para obtener un control exitoso en invernaderos en la sabana de Bogotá.

### **¿*Amitus fuscipennis* una alternativa?**

*A. fuscipennis* es un parasitoide proovigénico y partenogenético de *T. vaporariorum*, nativo en Colombia. Se ha encontrado en grandes cantidades en cultivos de frijol y tomate al aire libre en clima medio con niveles de parasitismo de más de 80 % sin que se le haya hecho algún manejo. El insecto está actualmente en estudio, tanto su ciclo de vida como su eficiencia de búsqueda.



**Figura 3.** Número promedio de adultos de mosca blanca por planta, contados en las 8 hojas superiores de la planta en el año 1997 (gráfica A), 1998 (gráfica B) y 1999 (gráfica C) y el porcentaje de parasitismo en el año 1997 (gráfica D), 1998 (gráfica E) y 1999 (gráfica F) en el invernadero de vidrio y de plástico.



Los resultados de los estudios del ciclo de vida en el CIAA a 15, 20, 25 y 30 °C indican que:

- La fecundidad de *A. fuscipennis* es similar o mayor a la fecundidad de *E. formosa* menos a 30 °C donde la fecundidad es menor.
- La frecuencia de oviposición es mayor que la de *E. formosa*.
- La mortalidad del estado gris es menor a 5 % pero incrementa a 30 °C.
- La longevidad es menor que la de *E. formosa*.
- La duración del desarrollo de los estados inmaduros es ligeramente mayor cuando se compara parasitación en los estados preferidos (primer instar para *A. fuscipennis* y tercer instar para *E. formosa*). Si se compara cuando se parasita el primer estado larval, es similar a 15 y 20 °C para ambos parasitoides y mayor para *A. fuscipennis* a 25 y 30 °C.
- La tasa intrínseca de crecimiento de *A. fuscipennis* es similar a la de *E. formosa* entre 15 y 25 °C. A 30 °C la tasa es menor por la mayor mortalidad.

Dado estos datos del ciclo de vida *A. fuscipennis* se presenta como una alternativa o adición interesante a los sistemas de control biológico actuales para las condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá:

- *A. fuscipennis* es proovigénico. No hay periodo de preoviposición y puede ovipositar hasta más de 100 huevos por día. *E. formosa* es sinovigénico, produce los huevos cada día y en condiciones óptimas puede ovipositar un máximo de 15 huevos por día.
- En el caso de focos: Pocas hembras de *Amitus* tienen una capacidad de parasitar en poco tiempo grandes cantidades de larvas de *T. vaporariorum*; En el caso de *E. formosa* se necesitan grandes cantidades de hembras para controlar un foco.
- A temperaturas bajas la producción de huevos y la actividad de *E. formosa* se reduce mucho. *A. fuscipennis* tiene los huevos 'listos' y es aún activo a temperaturas bajas.

## Conclusiones

Los estudios anteriores han demostrado que el control biológico de *T. vaporariorum* con *E. formosa* es posible en invernaderos en la Sabana de Bogotá. Aunque todos los invernaderos tenían alguna forma de control climático, el clima de estos invernaderos pequeños puede ser similar al clima de un invernadero tradicional de tamaño mayor. Por eso el control biológico debe ser posible también en invernaderos tradicionales sin ningún control climático. Sin embargo el equilibrio del sistema de control biológico es frágil y se puede romper fácilmente, lo que demuestra el ensayo de 1998. El control del clima es un aspecto importante para lograr un control biológico más seguro.

Los datos sobre el ciclo de vida de *A. fuscipennis* muestran que puede ser un posible alternativo o una adición en un programa de control biológico de *T. vaporariorum* en invernaderos en la sabana de Bogotá. Sin embargo faltan datos sobre su eficiencia de búsqueda. Investigaciones de eficiencia de búsqueda de *A. fuscipennis* y su uso solo o junto con *E. formosa* en invernaderos es el objeto de investigaciones en curso.

## Referencias

- Lenteren, J.C. van, 1992. Biological control in protected crops. Where do we go? Pest. Sci. 36: 321-327.

- Lenteren, J.C. van, 1995. Integrated Pest Management in Protected Crops. In: David Dent (Ed.), Integrated Pest Management. Chapman & Hall, London, pp. 311-344.
- Lenteren, J.C. van, H.J.W. van Roermond y S. Sütterlin, 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? Biological control 6:1-10.
- Roermond, H.J.W van, 1995. Understanding the biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa*. Ph.D. Thesis, Dept. of Entomology, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 243 pp.
- Roermond, H.J.W. van y J.C. van Lenteren, 1992. Life-history parameters of the greenhouse whitefly as function of host plant and temperature. Wageningen Agricultural University Papers 92.3, Dept of Entomology, Wageningen Agricultural University, 147 pp.

## LOS NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS: UNA ALTERNATIVA DE CONTROL BIOLÓGICO

**Adriana Sáenz A. M. Sc.**

Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. e-mail: adsaenz@poligran.edu.co

De todos los nemátodos estudiados para control biológico de insectos, las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae han recibido mayor atención, por poseer atributos de agentes de control biológico efectivos. Estas dos familias asociadas con bacterias mutualistas, son similares en su acción, los juveniles infectivos no se alimentan, son de vida libre, altamente virulentos, matan su hospedero rápidamente, pueden ser cultivados *in vitro*, tienen alto potencial reproductivo, amplio rango de hospederos, seguros para vertebrados, plantas y otros organismos no blancos, son aplicados usando equipos standard y compatibles con pesticidas químicos. Estos nemátodos, debido a que sirven como vectores de la bacteria simbionte, se les ha denominado entomopatógenos o entomonemátodos, fortaleciendo el enlace entre la nematología y la patología de insectos.

Numerosas revisiones se han escrito sobre nemátodos entomopatógenos desde 1985, incluyendo aspectos de la biología y control biológico (Kaya 1985, Gaugler 1988, Georgis y Poinar 1989, Kaya 1990, Georgis y Gaugler 1991, Wouts 1991, Popiel y Hominick 1992), genética y biotecnología (Gaugler 1987, Poinar 1991, Dix 1994), epizootiología (Kaya 1987), técnicas (Gaugler y Molloy 1981, Kaya y Stock 1997), seguridad (Akhurst 1990, Poinar 1989, Bathon 1996, Boemare *et al* 1996), recopilación de investigaciones conducidas en Japón (Ishibashi 1987-1990) y una extensa bibliografía de Steinernematidos y Heterorhabditidos (Smith *et al* 1992). Por lo tanto, a continuación se proporcionan datos breves de los nemátodos y la bacteria, según en recientes avances.

### Posición sistemática

#### Nemátodos

La clasificación de nemátodos parásitos y/o asociados a insectos, no es estable (particularmente a nivel de familia y género) y requiere de una continua revisión. Esto trae como consecuencia no sólo las revisiones taxonómicas a nivel morfológico, sino también el resultado de la incorporación de técnicas moleculares, como herramientas para la identificación de nemátodos. En términos generales, existen más de 30 familias de nemátodos asociados a insectos (Tabla 1), incluyendo parásitos de plantas y animales que emplean a los insectos como vectores. Entre las familias de nemátodos parásitos de animales que utilizan los insectos como vectores, se encuentra la familia Filariidae (mosquitos transmisores de elefantiasis en humanos, filarias en perros), Onchocercidae (simúlidos vectores de elefantiasis) y Thelaziidae (moscas vectoras de varias especies causantes de enfermedades en ojos). Entre los parásitos de plantas que emplean insectos como vectores, se encuentra la familia Aphelenchidae (cerambícidos vectores del "marchitamiento de los pinos", gorgojos causantes del "anillo rojo" en palmeras cocoteras). Los nemátodos foréticos o con baja patogenicidad en insectos están representados por las familias Oxyuridae, Thelastomatidae, Rhabditidae, Panagrolaimidae. Las familias Carbonematidae, Entaphelenchidae y Syrphonematidae incluyen nemátodos "raramente asociados a insectos". Opuestamente, las familias Allantonematidae, Diplogasteridae, Heterorhabditidae, Steinernematidae, Mermithidae, Phaenopsitylenchidae, Sphaerularidae y Tetradonematidae, poseen representantes con alto potencial para la lucha biológica de varias especies de insectos plaga de importancia agrícola, forestal y sanitaria.

**Tabla 1.** Posición Sistemática de los Principales Grupos de Nemátodos Asociados a Insectos (Modificado de Maggenti 1991).

## PHYLUM NEMATODA

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ASOCIACIÓN
ADENOPHOREA (=APHASMIIDIA)	Stichosomida	Mermithidae*	Parásitos obligados
		Tetradonematidae*	parásitos obligados
	Araeolaimida	Plectidae	Foresis
	Rhabditida	Carabonematidae	Parásitos obligados
		Cephalobidae	Foresis
		Chambersiellidae	Parásitos obligados
		Heterorhabditidae*	Patógenos obligados
		Oxyuridae	Parásitos obligados
		Panagrolaimidae	Foresis
		Rhabditidae	Foresis, Parásitos facultativos, Parásitos obligados
		Steinernematidae*	Patógenos obligados
		Syrphonematidae	Parásitos obligados
		Thelastomatidae	Parásitos obligados
	SECERNENTEA (=PHASMIIDIA)	Spirurida (Vertebrados, insectos vectores o hospederos intermediarios)	Filariidae
Onchocercidae			Parásitos obligados
Physalopteridae			Parásitos obligados
Syngamidae			Parásitos obligados
Spiruridae			Parásitos obligados
Subuluridae			Parásitos obligados
Thelaziidae			Parásitos obligados
Diplogasterida			Diplogasteridae
Tylenchida		Cylindroporidae	Parásitos obligados Foresis
		Allantonematidae*	Parásitos obligados
		Aphelenchidae	Parásitos obligados
		Entaphelenchidae	Parásitos facultativos
		Fergusobiidae	Parásitos obligados
		Phaenopsitylenchidae*	Foréticos
		Sphaerulariidae*	
		Tylenchidae	

\* con potencial para ser implementados en control biológico

La familia Steinernematidae compuesta por dos géneros: *Steinernema*, con 24 especies descritas (Tabla 2) y *Neosteinernema* con una sola especie; se caracteriza por no presentar estilete, labios fusionados con seis papilas labiales y cuatro papilas cefálicas, estoma corto y ancho, esófago compuesto por un corpus cilíndrico, un metacorus moderadamente dilatado y un bulbo basal con valvas; hembras con ovarios pares y opuestos (anfidélficos); machos con un testis único (monórquicos), espículas pares y separadas, gubernáculo presente, 21-23 pares de papilas genitales; infectivos juveniles (tercer estado juvenil, J3, L3 o dauer larva) con el poro excretor localizado por delante del anillo nervioso (Fig. 1). En cuanto a la familia

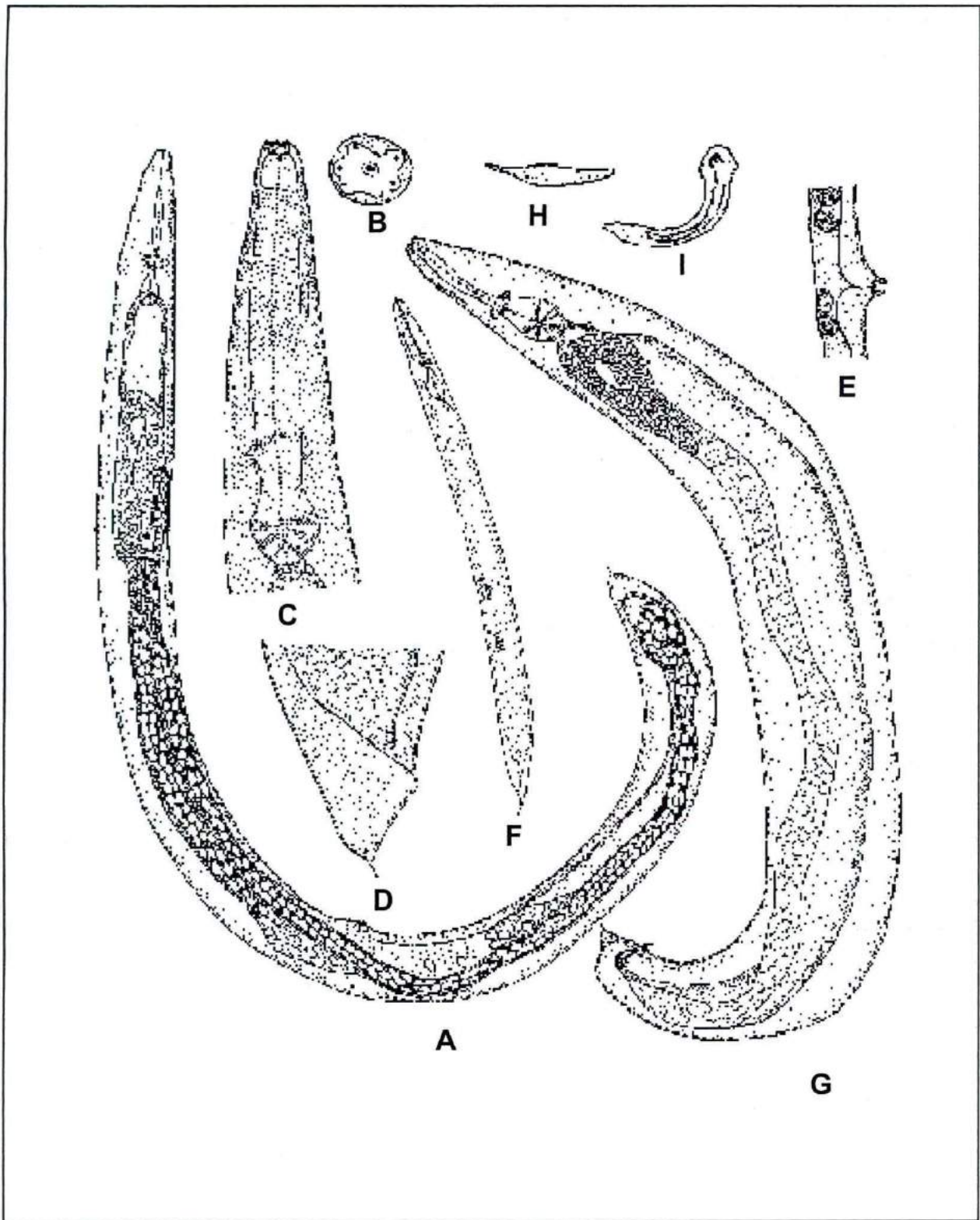
Heterorhabditidae esta compuesta por un único género, *Heterorhabditis* con ocho especies (Tabla 3); se caracteriza por no presentar estilete, extremo anterior truncado o moderadamente redondeado, con seis labios que pueden estar parcialmente fusionados en la base y cada uno de ellos con una papila genital, estoma corto y ancho, esófago con precorpus moderadamente dilatado, bulbo basal con valvas, poro excretor localizado a nivel del istmo en las hembras o a nivel del bulbo basal en los machos; hermafroditas con esperma localizado en la porción proximal del ovotestis y vulva funcional; hembras anfimícticas con ovarios pares, esperma localizado en la porción proximal del oviducto y vulva no funcional, cola aguzada con dilatación postanal, glándulas rectales presentes; machos con testis único, bursa presente con 9 papilas o rayos bursales, espículas pares separadas, gubernáculo presente; J3 con poro excretor localizado por debajo del anillo nervioso (Fig. 2) (Nguyen 1998).

Varios cambios taxonómicos realizados a nivel genérico y de especie han creado confusión en la literatura. Con Steinernematidae, *Steinernema* es el género aceptado. *Steinernema carpocapsae*, es la especie más estudiada y ha sido referida como *S. feltiae* en la literatura principalmente entre 1983 y 1989.

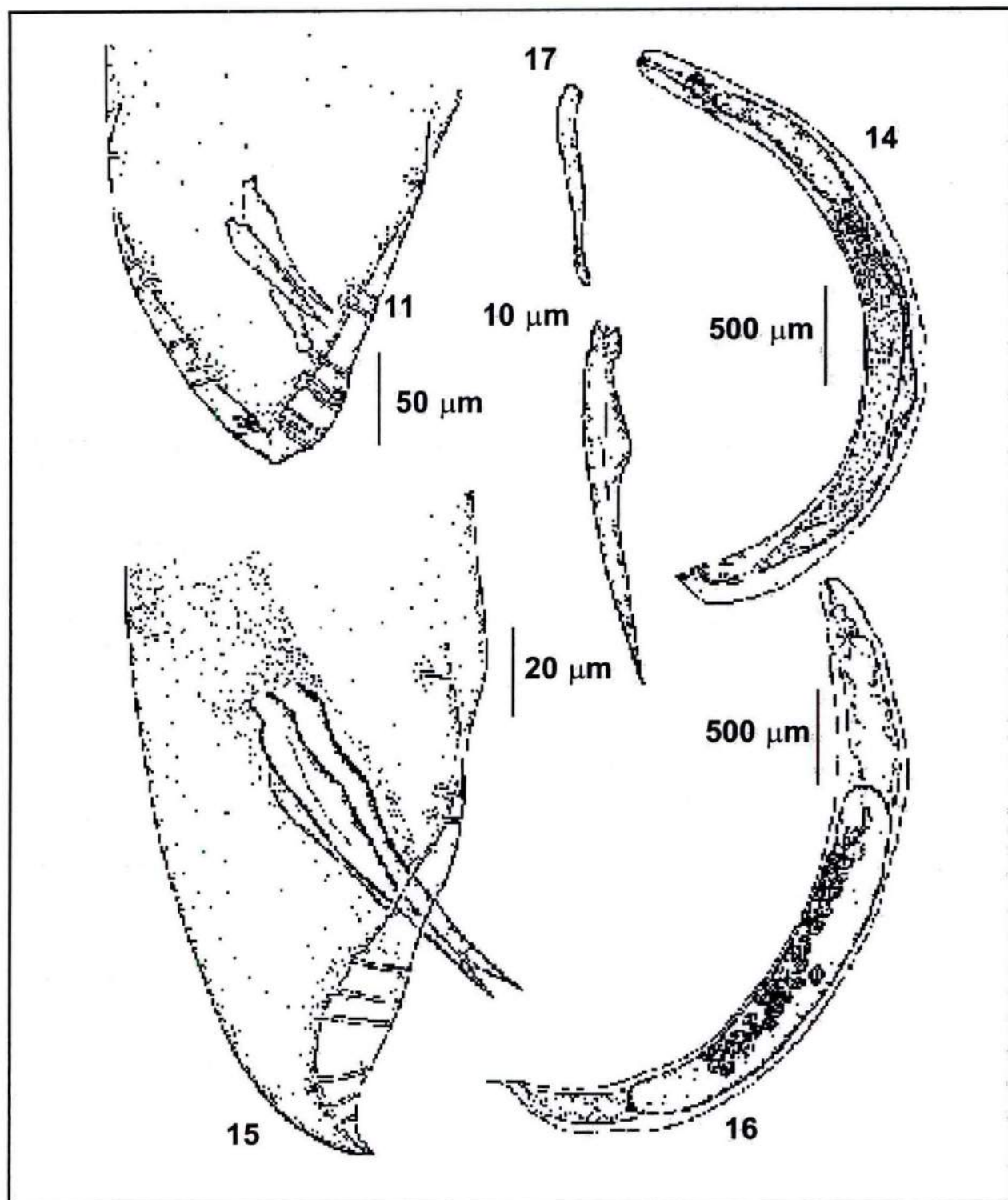
La confusión se da porque el epíteto *feltiae* representa una especie válida y toma prioridad por el nombre de la especie *bibionis*. Para aliviar esta confusión, Poinar (1990) recomienda usar la designación "*feltiae* (= *bibionis*)". En cuanto a los heterorhabdítidos, han ocurrido dos cambios. El primero, *Heterorhabditis bacteriophora* y *H. heliothidis* han sido determinadas coespecíficas y *H. heliothidis* es sinónimo con *H. bacteriophora*. Segundo, una especie originalmente descrita como una población de *H. heliothidis* ha sido renombrada *H. zealandica* (Poinar 1990). Claramente, la taxonomía de steinernemátidos y heterorhabdítidos necesita ser estabilizada para minimizar futuras confusiones en la literatura.

**Tabla 2.** Especies de *Steinernema* Travassos, 1927

<i>S. krausse</i> (Steiner, 1923) Travassos, 1927 Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1992	<i>S. longicaudum</i> Shen y Wang, 1992
<i>S. glaseri</i> (Steiner, 1929) Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1982	<i>S. neocurtillae</i> Nguyen y Smart, 1992
<i>S. feltiae</i> (Filipjev, 1934) Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1982	<i>S. riobrave</i> Cabanillas, Poinar y Raulston, 1994
<i>S. affine</i> (Bovien 1937) Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1982	<i>S. cubanum</i> Mracek, Hernández y Boemare, 1994
<i>S. carpocapsae</i> (Weiser, 1955) Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1982	<i>S. puertoricense</i> Roman y Figueroa, 1994
<i>S. arenarium</i> (Artyukhovskiy, 1967) Wouts, Mracek, Gerdin y Bedding, 1982	<i>S. bocornutum</i> Tallosi, Peters y Ehlerts, 1995
<i>S. intermedium</i> (Poinar, 1985) Mamiya, 1988	<i>S. monticolum</i> Stock, Choo y Kaya, 1996
<i>S. rarum</i> (Doucet, 1986) Mamiya, 1988	<i>S. oregonense</i> Liu y Berry, 1996
<i>S. kushidai</i> Mamiya, 1988	<i>S. abbasi</i> Elawad, Ahmad y Reid 1997
<i>S. ritteri</i> Doucet y Doucet, 1990	<i>S. ceratophorum</i> Heng, Reid y Hunt, 1997
<i>S. scapterisci</i> Nguyen y Smart, 1990	<i>S. kari</i> Waturu, Hunt y Reid, 1997
<i>S. caudatum</i> Xu, Wang y Li, 1991	<i>S. siamkayai</i> Stock, Sommsook y Reid, 1998



**Figura 1.** Caracteres morfológicos de Steinernematidae. A. Hembra de primera generación; B. Vista anterior de hembra de primera generación; C. Región anterior de hembra de primera generación; D. Cola de hembra de primera generación; E. Región vulvar; F. Juvenil infectivo; G. Macho de primera generación; H. Gubernaculum; I. Espicula (Tomado de Stock 1992).



**Figura 2.** Caracteres morfológicos de Heterorhabditidae. 1. Región anterior del macho; 2. Vista anterior de hembra anfimíctica; 3. Región anterior de hembra anfimíctica; 4. Región anterior de juvenil infectivo; 5. Vista completa de juvenil infectivo; 6. Región vulvar de hembra anfimíctica; 7. Región anterior de hembra anfimíctica; 8. Vista posterior de juvenil infectivo; 9,10. Región posterior de hembra hermafrodita; 11. Vista ventral de la región posterior del macho; 12. Vista lateral del gubernaculum; 13. Vista lateral de espícula derecha; 14. Vista lateral del macho; 15. Vista lateral derecha de la región posterior del macho; 16. Vista lateral izquierda de hembra anfimíctica (Tomado de Gardner *et al* 1994).

**Tabla 3.** Especies de *Heterorhabditis* Poinar, 1976

<i>H. bacteriophora</i> Poinar, 1976. Syn: <i>Chromonema heliothidis</i> Khan, Brooks y Hirschmann, 1976.
<i>H. heliothidis</i> (khan, Brooks y Hirschmann, 1976) Poinar, Hess y Thomas, 1977
<i>H. megidis</i> Poinar, Jackson y Klein, 1988
<i>H. zealandica</i> Poinar, 1990
<i>H. indica</i> Poinar, Karunakar y David, 1992
<i>H. argentinensis</i> Stock, 1993
<i>H. hawaiiensis</i> Gardner, Stock y Kaya, 1994
<i>H. brevicaudis</i> Liu, 1994
<i>H. marelatus</i> Liu y Berry, 1996. Syn: <i>H. hepialius</i> Stock, Strong y Gardner, 1996.

## Bacteria

*Xenorhabdus* spp., bacteria simbiote de las especies de nemátodos entomopatógenos del género *Steinernema* y *Photorhabdus* sp. simbiote de *Heterorhabditis*; se caracterizan por ser Gram-negativas, anaerobias facultativas y pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Akhurst y Boemare 1990).

El reconocimiento de las distintas fases que presentan las bacterias es indispensable para realizar exitosamente la propagación de los nemátodos, particularmente a gran escala. Las bacterias de estos dos géneros tienen dimorfismo, conocido como fase I y II durante su desarrollo, con diferentes características morfológicas, actividades y propiedades bacterianas (McInerney *et al* 1991a, 1991b; Nealson *et al* 1990). Estas características se resumen en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Características de la fase I y II de *Xenorhabdus* y *Photorhabdus*

	FASE I	FASE II
<b>MORFOLOGÍA COLONIA</b>	Granular, convexa, opaca y circular con márgenes irregulares	Plana, transparente con márgenes regulares y generalmente de mayor tamaño
<b>PIGMENTACIÓN</b>	Según el medio y/o cepa bacteriana	Según el medio y/o cepa bacteriana
<b>MORFOLOGÍA CELULAR</b>	Pequeña-mediana, generalmente ovoide y/o romboide o rectangular con cuerpos de inclusión.	Grandes, cuerpos de inclusión raramente presentes
<b>BIOLUMINISCENCIA</b> ( <i>Photorhabdus</i> )	Positiva	Negativa
<b>ACTIVIDAD ANTIBIÓTICA</b>	Positiva	Negativa
<b>PROPAGACIÓN NEMÁTODOS</b>	Positiva	Negativa
<b>AGAR NBTA</b>	Absorben BTB; color azul, verde oliva o verde con zona clara alrededor	No absorben BTB; rojo o marrón sin zona clara alrededor
<b>AGAR Mc CONKEY</b>	Absorbe rojo neutro: colonias rojas o rosadas	No absorben rojo neutro: colonias blancas o amarillentas.



### Especies autóctonas

- *Steinernema feltiae* (Juveniles infectivos recuperados de suelos cultivados con papa. Vereda Casablanca, municipio Villapinzón, Cundinamarca, Colombia). (Sáenz 1998).
- *Heterorhabditis bacteriophora* "raza SQC92 (Santander de Quilichao, Cauca, Colombia), raza LFR92 (La Florida, Risaralda, Colombia)" (Juveniles aislados de suelo y chinches *Cyrtomenus bergi*) (Caicedo y Bellotti 1994, Barberena y Bellotti 1998).

### Biología del complejo nemátodo-bacteria

El juvenil infectivo (J3) conserva la cutícula del segundo estado, que le sirve de protección a las condiciones adversas del medio. En cuanto a sus bacterias simbiotas, se localizan en la porción ventricular del intestino en *Steinernema* o a lo largo de todo el intestino en *Heterorhabditis* (Stock 1998).

Los J3 pueden tener dos estrategias para localizar un hospedero susceptible. En algunas especies tales como *S. carpocapsae* y *S. scapterisce*, la mayoría de los individuos poseen una estrategia de espera "emboscada"; en otras especies tales como *H. bacteriophora* y *S. glaseri*, las especies "buscan" activamente su hospedero (Kaya y Gaugler 1993). Estas diferencias en las estrategias de los nemátodos, se atribuyen al grado de especificidad por el hospedero en el ambiente del suelo.

Una vez hallado el hospedero susceptible, el J3 entra al hospedero a través de aberturas naturales (boca, ano o espiráculos) y penetra en el hemocele, para *Steinernema feltiae* cepa Villapinzón, este proceso toma 8 horas en larvas de último instar de la polilla mayor de las colmenas *Galleria mellonella* (L) (Lepidoptera: Pyralidae) (Sáenz 1998). Sin embargo, los J3 de Heterorhabdítidos poseen un diente dorsal que permite el ingreso a través del integumento del hospedero, especialmente por las áreas intersegmentales (Bedding y Molyneux 1982, Mracek *et al* 1988). Posteriormente, las bacterias *Xenorhabdus* sp. o *Photorhabdus* sp., son liberadas en la hemolinfa (*S. feltiae* cepa Villapinzón libera *Xenorhabdus bovienii*, Sáenz (1998)) donde se propagan y causan septicemia al hospedero. Pero, el destino de la bacteria en el hemocele varía con la especie de insecto y el estado fisiológico del mismo. Por ejemplo, al exponer larvas de último instar de *G. mellonella* y chizas *Clavipalpus ursinus* Blanchard (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) a J3 de *S. feltiae* cepa Villapinzón, mueren a las 48 horas; larvas de la polilla menor de las colmenas *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) y de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) mueren a las 24 horas (Sáenz 1998).

Invasión del hospedero y superada su respuesta de defensa, la bacteria y los estados de desarrollo del nemátodo, son capaces de utilizar el cadáver para producir las próximas generaciones de J3 llevando su bacteria simbiota. Los factores involucrados en este proceso son dos: conversión del cadáver del hospedero en nutrientes, para ser usados por los nemátodos (J1, J2, J3, J4, adultos) y la protección de estos nutrientes de competidores. El primero, es realizado por el metabolismo de la bacteria y el último por una combinación del mantenimiento de la integridad de la cutícula del hospedero y remoción de microorganismos no simbióticos, por la producción de compuestos antimicrobiales, que inhiben la actividad de microfauna saprófaga. Los nemátodos se alimentan, producen dos o tres generaciones (Steinernemátidos: *S. feltiae* cepa Villapinzón, presenta dos generaciones anfimicticas en *G. mellonella* y *C. ursinus*, una generación anfimictica en *A. grisella* y *T. solanivora*, Sáenz (1998); heterorhabdítidos: primera generación hermafrodita, segunda generación anfimictica y hermafrodita, Stock (1998)) y emergen del cadáver como J3 para buscar un nuevo hospedero. El ciclo de vida para Steinernemátidos desde la infección a la emergencia de los J3 tiene un rango de siete a diez días y para heterorhabdítidos rangos desde 12 a 15 días.

Los insectos muertos por Steinernemátidos se tornan amarillos, ocres, cafés o negros; mientras los hospederos muertos por heterorhabdítidos se tornan rojos, púrpuras, anaranjados o algunas veces verdes. Estos cambios de color varían según la coloración original del insecto, la cantidad de luz que refleja la cutícula y el grado de infestación (Woodring y Kaya 1988). En la oscuridad, los insectos infectados por heterorhabdítidos son luminiscentes y esto se atribuye a la bacteria mutualista. Además las larvas muertas por nemátodos son flácidas, no toman mal olor y bajo disección los tejidos son gomosos y se observan totalmente desintegrados (Sáenz 1998).

### Rango de hospederos y seguridad

Los nemátodos entomopatógenos y su bacteria matan los insectos rápidamente, permitiendo la búsqueda de un rango de hospederos que incluya la mayoría de ordenes de insectos, un espectro de actividad mejor al de cualquier otro agente de control microbioal. Este rango extraordinario de hospederos, es una de las razones de interés en el desarrollo de los nemátodos para control biológico. Sin embargo, bajo condiciones de laboratorio, los steinernemátidos y heterorhabdítidos son patógenos generalistas (Klein 1990) que matan insectos y otras especies de artrópodos. El rango de hospederos en laboratorio es artificial, ya que las barreras ecológicas y comportamentales del hospedero a la infección del nemátodo, son modificadas. La susceptibilidad de los insectos a estos nemátodos es limitada, ya que muchas especies tienen desarrollo morfológico (platos sobre espiráculos, membranas peritróficas) (Forschler y Gardner 1991), comportamiento (movimiento rápido del alimento en el intestino) (Akhurst 1986) y mecanismos fisiológicos (encapsulación de nemátodos, sustancias antibacteriales) (Dunphy y Thurston 1990) para prevenir o minimizar la infección por nemátodos. A pesar de estas defensas y barreras, la patogenicidad de los nemátodos en contra de muchas especies de insectos es sobresaliente.

Aparte de los artrópodos, solo un molusco y dos especies de anfibios han sido afectados por estos nemátodos, bajo condiciones de laboratorio (Bathon 1996). *Steinernema glaseri* infecta una especie de babosa (Li *et al* 1986) y un steinernemátido le ocasiona la muerte a renacuajos (Poinar 1989). Los juveniles infectivos invaden los tejidos de los renacuajos, pero los nemátodos no desarrollan *Xenorhabdus*; tal vez, los renacuajos mueren por invasión de bacterias secundarias. En la naturaleza, la posibilidad de contacto entre renacuajos y estos nemátodos es remota.

### Patogenicidad de *Steinernema feltiae* cepa Villapinzón

En ensayos de patogenicidad realizados con juveniles infectivos de esta especie nativa, sobre larvas de último instar de *T. solanivora*, *A. grisella* y *C. ursinus*, se pudo establecer porcentajes de mortalidad de 100% para la polilla guatemalteca y polilla menor de las colmenas; 88% para las larvas de chisas. Aunque el porcentaje de mortalidad es alto en las tres especies de insectos, la diferencia se puede atribuir a la morfología propia de las larvas, tales como: platos de los espiráculos y remoción de los J3 de la boca con sus patas anteriores, en el caso de las chisas; daños ocasionados por las mandíbulas, además de la capacidad de búsqueda y eficacia de invasión de los juveniles infectivos (Sáenz 1998).

### Ecología y comportamiento

El hábitat natural de los juveniles infectivos es el suelo, el cual los protege de las condiciones ambientales extremas y ofrece todo el potencial para su establecimiento en el hospedero. Los factores que gobiernan la distribución natural y limitan su uso como agentes de control

biológico son de orden físico, siendo la textura y la humedad los más importantes, pues los J3 se movilizan en una película de agua (Burgess y Hussey 1979, Gaugler 1981, Kaya 1990). Otros factores limitantes para la supervivencia, patogenicidad, dispersión y reproducción de steinernemátidos y heterorhabdítidos son la temperatura, el tamaño de los poros, el agua, la aireación y la solución química del suelo, Kaya (1990). Sin embargo, los juveniles infectivos han desarrollado tres estrategias importantes para sobrevivir en el suelo como la agregación, inactividad y anhidrobiosis (Ishibashi y Kondo 1990). Además, el proceso de localización del hospedero por parte de los J3 se cumple en tres fases principales: localización del hospedero por atracción de CO<sub>2</sub>; contacto con el hospedero en el cual se requiere de CO<sub>2</sub> y de desechos específicos producidos por los insectos y por último, penetración de los nemátodos (Simoes y Rosa 1996).

## Comercialización

### Producción de nemátodos entomopatógenos

Con posterioridad al hallazgo del nemátodo entomopatógeno *S. glaseri*, investigadores como Glaser (1931), Mc Coy y Girth (1938) desarrollaron diversas técnicas de cultivo en medios artificiales, con el fin de lograr la producción de este nemátodo a gran escala. Actualmente, es sabido que los nemátodos entomopatógenos Steinernematidae y Heterorhabditidae pueden ser multiplicados *in vivo* empleando insectos como *Galleria mellonella*; *in vitro* a través de la fermentación líquida (Dunphy y Webster 1989, Friedman 1990) o en medios semisólidos tridimensionales (Bedding 1984, Bonifassi 1987).

La producción masiva de *G. mellonella* como hospedante alternativo es muy sencilla y no requiere costos excesivos de producción (Sáenz 1998). No obstante, esta técnica se considera inadecuada e insuficiente para lograr una producción a gran escala. Los métodos de cría *in vivo* son aconsejados para el mantenimiento, producción de juveniles infectivos y para la realización de ensayos en el laboratorio. Los métodos de multiplicación *in vitro* son más prácticos y eficaces para lograr una producción masiva. Bedding (1981) comprobó que la presencia de la bacteria simbiote desempeña un papel preponderante en los medios de cultivo *in vitro*, ya que estas bacterias son capaces de convertir una gran variedad de substratos crudos en medios apropiados para el desarrollo de los nemátodos.

En la actualidad, existen varias empresas de renombre internacional dedicadas a la producción masiva y comercialización de los nemátodos entomopatógenos. Tal es el caso de Byosis, en Estados Unidos; AGC, en el Reino Unido; BioEnterprises, en Australia; Andermatt, en Suiza y Bioerre, en Italia.

Los dos métodos de producción de nemátodos entomopatógenos que son implementados en la actualidad, presentan ciertas ventajas y desventajas en cuanto a su potencialidad de desarrollo. Como se mencionó anteriormente, la producción de nemátodos a través de larvas de *G. mellonella* no es muy viable en la práctica, a menos que exista una infraestructura apropiada para la cría de grandes cantidades de ese Lepidóptero. Según Bonifassi y Neves (1990), estas condiciones se presentan en Europa, particularmente en el INRA de Antibes, Francia, donde se producen alrededor de 500.000 a 1 millón de *G. mellonella* por semana, permitiendo obtener aproximadamente 100.000 nemátodos (*S. carpocapsae*, *S. bibionis* y *H. bacteriophora*) por cada larva de *G. mellonella*. De igual modo, en Italia, la empresa Biorre produce 50 millones de nemátodos por semana, implementando una técnica similar (Deseo *et al* 1990).

Uno de los parámetros más importantes a considerar es que este método no ofrece una economía de calidad, ya que el proceso de producción *in vivo* es afectado por factores bioló-

gicos como el estado fisiológico y patológico de los insectos empleados en este proceso, que es difícil de controlar si no se toman las medidas necesarias. En contraposición con los procesos *in vivo*, los métodos *in vitro* ofrecen mayores ventajas en cuanto a la economía de calidad, ya que los nemátodos son criados en medios homogéneos y reproducibles. Con relación al método de Bedding (1984), el cual emplea un medio semisólido monoxénico y una configuración tridimensional, requiere una infraestructura un tanto costosa. No obstante, este método ha sido aplicado en países como china, para la producción comercial de nemátodos. Por lo tanto, la economía del proceso es altamente dependiente de la consistencia de la producción y además, el proceso puede verse afectado por la contaminación del medio.

### Formulación y almacenaje

La formulación de nemátodos dentro de un producto estable, ha jugado un papel significativo en la comercialización de estos agentes de control biológico. La actividad de los nemátodos, debe ser inmovilizada para prevenir la pérdida de las reservas de lípidos y glucógeno; principalmente se ha realizado en suspensiones acuosas a bajas temperaturas (5-15°C), pero esto, no es comercialmente viable. Por ello, los nemátodos para almacenamiento se han inmovilizado en geles de polyacrilamida o alginato o por desecación parcial en arcilla (Georgis 1990).

Los steinernemátidos, especialmente los juveniles infectivos de *S. feltiae* cepa Villapinzón, pueden ser almacenados por 8 meses a 10°C sin afectarse su patogenicidad, en recipientes de 20 ml, 2 ml de agua destilada y 30 ml de tritonX100 (Sáenz 1998).

### Aplicación y control

Los entomonemátodos pueden ser aplicados con equipos que son usados típicamente para pesticidas químicos (Georgis 1990). Sin embargo, se deben tener algunas precauciones como: remover las boquillas, usar equipo de fumigación limpio y la temperatura interna del tanque de fumigación no debe exceder 32°C (Smits 1996). También pueden ser aplicados a través de sistemas de irrigación por goteo o regadera (Georgis 1990, Georgis y Hague 1991). Además, el tiempo más apropiado para la aplicación de nemátodos es durante la mañana, noche o en los días que la radiación solar es baja.

El complejo nemátodo-bacterio es compatible con algunos pesticidas (Hara y Kaya 1983, Rovesti *et al* 1988, Forschler *et al* 1990, Rovesti y Deseo 1990, Smits 1996) y pueden ser integrados con estos agentes químicos para control de insectos plaga. Sin embargo, algunos herbicidas y nematicidas-insecticidas-acaricidas no son compatibles (Ehlers 1996).

### Eficacia

Los nemátodos pueden aplicarse sobre distintos insectos que se encuentran en el suelo, ámbito natural de acción de los juveniles infectivos, mediante metodologías adaptadas a cada cultivo en particular; ello a fin de permitir el encuentro en el espacio y tiempo del nemátodo y el insecto, siendo este aspecto el que garantiza en gran medida el éxito del tratamiento. No obstante, escapan a esta generalidad los resultados escasamente satisfactorios en pasturas, probablemente, la estructura de la vegetación donde se aplican los J3 influye en la penetración de estos, en el suelo (Georgis y Hague 1992).

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, cualquier insecto hospedero podría ser controlado en el cultivo en el que cause daño, a condición de que no existan barreras fisiológicas o ecológicas que condicionen su especificidad.

**ATRIBUTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE STEINERNEMATIDAE Y HETERORHABDITIDAE  
PARA SU USO EN CONTROL BIOLÓGICO**

ATRIBUTOS POSITIVOS	ATRIBUTOS NEGATIVOS
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amplio rango de hospederos</li> <li>2. No tienen efecto negativo en el medio ambiente</li> <li>3. Son producidos masivamente</li> <li>4. Fáciles de aplicar</li> <li>5. Tienen la habilidad de buscar sus hospederos</li> <li>6. Eficaces contra insectos subterráneos</li> <li>7. Pueden ser reciclados</li> <li>8. Matan rápidamente a sus hospederos</li> <li>9. Compatibles con insecticidas químicos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Amplio rango de hospederos</li> <li>2. Reducida tolerancia a diversas condiciones ambientales (humedad, temperatura, luz ultravioleta)</li> <li>3. Período de almacenamiento reducido</li> <li>4. Persistencia en campo reducida</li> <li>5. Costosos en comparación con pesticidas químicos</li> </ol>

### **Perspectivas para control biológico**

Los steinernemátidos y heterorhabdítidos al ser aplicados en campo como insecticidas biológicos, bajo condiciones apropiadas en contra de insectos plaga, son eficientes. Sin embargo, es necesario establecer los factores abióticos y bióticos específicos que afectan la eficiencia de las diferentes especies de nemátodos y cepas utilizadas para el control de plagas y de esta forma, obtener resultados consistentes. Además de conocer la ocurrencia natural de los nemátodos en cultivos de interés.

### **Conclusiones**

- \* Las posibilidades que brindan ciertos nemátodos para el control de insectos han sido ampliamente demostradas, otras son promisorias. Además de las mencionadas. Otras especies están siendo estudiadas en este sentido; sin contar con las nuevas, que en forma permanente se están aislando.
- \* El campo de estudio es amplio y apasionante, sin duda las investigaciones aportarán múltiples posibilidades para la utilización práctica de estos agentes biológicos.
- \* El desarrollo de nuevas tecnologías respecto a la producción en masa, almacenamiento y aplicación, sin descontar los aportes de la ingeniería genética, darán lugar a que estos organismos sean considerados, en un futuro muy próximo como verdaderos insecticidas.

### **Referencias**

- Akhurst, R. J. 1986. Controlling insects in soil with entomopathogenic nematodes. En: *Fundamental and Applied Aspects of Pathology Invertebrate* (Samson, R.A, Vlak, J., Peters, D., eds). Wageningen: Int. Colloquium of invertebrate Pathology. pp 711.
- Akhurst, R. J. 1990. Safety to nontarget invertebrates of nematodes of economically important pest. En: *Safety of Microbial Insecticides* (Laird, M., Lacey, L. A., Davidson, E. W., eds). Boca Raton, Fl: CRC. pp 234-238.

- Akhurst, R. J., Boemare, N. E. 1990. Biology and Taxonomy of *Xenorhabdus*. En: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. (Gaugler, R., Kaya, H.K., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 75-90.
- Barberena, M. F., Bellotti, A. C. 1998. Parasitismo de dos razas del nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* sobre la chinche *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae) en laboratorio. Revista Colombiana de Entomología. 24 (1-2): 7-11.
- Bathon, H. 1996. Impact of entomopathogenic nematodes on non-target host. Biocontrol Science and Technology. 6: 421-434.
- Bedding, R. A. 1981. Low cost in vitro mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. Nematologica. 27: 109-114.
- Bedding, R. A. 1984. Large scale production, storage and transport of the insect-parasitic nematodes *Neoaplectana* spp *Heterorhabditis* spp. Ann. Appl. Biol. 104:117-120.
- Bedding, R. A., Molyneux, A. S. 1982. Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp (Heterorhabditidae: Nematoda). Nematologica. 28: 354-359.
- Boemare, N., Laumond, C., Mauleon, H. 1996. The entomopathogenic nematode-bacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. Biocontrol Science and Technology. 6: 333-345.
- Bonifassi, M. 1987. Contribution a l'étude du nematode entomopathogene *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) et a la mise au point d'une methode biotechnologique de production de masse pour une utilisation en lutte biologique. These Montpellier Ec. Prat. Hautes Etudes. pp 180
- Bonifassi, M., Neves, J. 1990. La production des nematodes entomopathogenes: Steinernematidae et Heterorhabditidae. Recontres Caraibes en Lutte Biologique, Guadeloupe. Francia INRA, Les Colloques N. 58.
- Burges, H. D., Hussey, N. W. 1979. Microbial control of insects and mites. New York. Academic Press. pp 50 -72.
- Caicedo, A. M., Bellotti, A. C. 1994. Evaluación del potencial del nemátodo entomógeno *Steinernema carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) para el control de *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) en condiciones de laboratorio. Revista Colombiana de Entomología. 20(4): 241-246.
- Deseo, K. V., Ruggeri, L., Lazzari, G. 1990. Mass production and quality control of entomopathogenic nematodes in *Galleria mellonella* (L) larvae. En: International Colloquium of Invertebrate Pathology, 5<sup>th</sup> Adelaide. Proceedings. pp 250.
- Dix, I. 1994. Use of second generation *Heterorhabditis* females for genetic crosses. En: Genetics of Entomopathogenic Nematodes-Bacterium Complexes (Burnell, A. M., Ehlers, R. V., Masson, J.P eds). Biotechnology Proceedings of a Symposium and Workshop. pp 190 -193.
- Dunphy, G. G., Webster, J. M. 1989. The monoxenic culture of *Neoaplectana carpocapsae* DD-136 and *Heterorhabditis heliothidis*. Revue Nematologie. 12:113-123.
- Dunphy, G. G., Thurston, G. S. 1990. Insect immunity. En: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control (Gaugler, R., Kaya, H.K. eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 301-323.

- Ehlers, R.U. 1996. Current and future use of nematodes in biocontrol: practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues. *Biocontrol Science and Technology*. 6: 303-316.
- Forschler, B. T, All, J. N., Gardner, W. A. 1990. *Steinernema feltiae* activity and infectivity response to herbicide exposure in aqueous and soil environments. *J. Invertebr. Pathol.* 55: 375-379.
- Forschler, B. T, Gardner, W. A. 1991. Parasitism of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) by *Heterorhabditis heliothidis* and *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 58: 396-407.
- Friedman, M. J. 1990. Commercial production and development. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton, FL: CRC. pp 157-172.
- Gardner, S. L., Stock, P., Kaya, H. 1994. A new species of *Heterorhabditis* from the Hawaiian Islands. *J. Parasitol.* 80(1): 100 -106.
- Gaugler, R. 1981. Biological control potential of neoaplectanid nematodes. *J. Nematol.* 13: 241-249.
- Gaugler, R. 1987. Entomogenous nematodes and their prospects for genetic improvement. En: *Biotechnology in Invertebrate Pathology and Cell Culture* ( Maramorosch, K., ed). New York. Academic. pp 457- 484.
- Gaugler, R. 1988. Ecological considerations in the biological control of soil - inhabiting insect pests with entomopathogenic nematodes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 351-360.
- Gaugler, R., Molloy, D. 1981. Field evaluation of the nematode neoaplectagent of black flies (Diptera: Simuliidae) *Mosq. News.* 41: 459-464.
- Georgis, R. 1990. Formulation and application technology. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton, FL: CRC. pp 173-191.
- Georgis, R. 1990. Commercialization of steinernematid and heterorhabditid entomopathogenic nematodes. *Brighton Crop Prot. Conf. Insectic. Fungic.* 1: 275-280.
- Georgis, R., Poinar, G. O. Jr. 1989. Field effective ness of entomophilic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis*. En: *Integrated pest management for Turfgrass and Ornamentals* (Leslie, A.R., Metcalf, R.L., eds). Washington, D.C: U.S. Environ. Prot. Agency. pp 213-224.
- Georgis, R., Gaugler, R. 1991. Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes. *J. Econ. Entomol.* 84: 713-720.
- Georgis, R., Hague, N. G. M. 1991. Nematodes as biological insecticides. *Pestic. Outlook.* 2:29-32.
- Georgis, R., Hague, N. G .M. 1992. Nematodes as biological insecticides. *Biological Control:* 29-32.
- Glaser, R. W. 1931. The cultivation of a nematode parasite of an insect. *Science* 73: 614-315.

- Hara, A., Kaya, H. K. 1983. Toxicity of selected organophosphate and carbamate pesticides to infective juveniles of the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environ, Entomol.* 12: 496-501.
- Ishibashi, N. 1987. Recent advances in biological control of insect pests by entomogenous Nematodes in Japan. Saga Univ. Japan: Ministry of Education, Culture and Science. Grant N. 59860005. pp 179.
- Ishibashi, N. 1990. Development of biological integrated control of agricultural pests by beneficial nematodes. Saga Univ. Japan: Ministry of Education, Culture and Science. Grant N. 6286006. pp 152.
- Ishibashi, N., Kondo, E. 1990. Behavior of infective juveniles. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (Gaugler, R., Kaya, H.k., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 139-153.
- Kaya, H. 1985. Entomogenous nematodes for insect control in IPM systems. En: *Biological Control in Agricultural IPM Systems* (Hoy, M.A., Herzog, D.C., eds). New York: Academic. pp 283-302.
- Kaya, H. 1987. Diseases caused by nematodes. En: *Epizootiology of insect diseases* (Fuxa, J.R., Tanada, Y., eds). New York: Wiley - Sons. pp 453-470.
- Kaya, H. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control of insects. En: *New Directions in biological control* (Barker, R. P., Dunn, P.E., eds). New York: Liss. 189-198.
- Kaya, H. 1990. Soil ecology. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (Gaugler, R., Kaya., H., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 93-115.
- Kaya, H., Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology.* 38: 181-206.
- Kaya, H., Stock, P. 1997. Techniques in insect nematology. En: *Manual of Techniques in insect pathology* (Lacey, L.C., ed). Academic Press. pp 281-324.
- Klein, M.G. 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pests. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (Gaugler, R., Kaya., H., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 195-214.
- Li, P. S., Deng, C. S., Zhang, S. G., Yang, H. W. 1986. Laboratory studies on the infectivity of the nematode *Steinernema glaseri* to *Oncomelania hupensis* a snail intermediate host of bloos Fluke, *Schistosoma japonicum*. *Chinese Journal of Biological Control.* 2: 50-53.
- Mccooy, E. E., Girth, H. B. 1938. The culture of *Neoaplectana glaseri* on veal pulp. *Journal of Agriculture.* 385: 1-12.
- Mcinerney, B. V., Gregson, R. P., Lacey, M. J., Akhurst, R. J., Lyons, G. R. 1991a. Biological active metabolites from *Xenorhabdus* spp., Dithiopyrrolone derivates with antibiotic activity. *J. Nat. Prod.* 54: 774-784.
- Mcinerney, B. V., Taylor, W. C., Lacey, M. J., Akhurst, R. J., Gregson, R. P. 1991b. Biologically active metabolites from *Xenorhabdus* spp., Benzopyran - 1 - one derivatives with gastroprotective activity. *J. Nat. Prod.* 54: 785-795.



- Mracek, Z., Hanzal, R., Kogrik, D. 1988. Sites of penetration of juvenile steinernematids and heterorhabditids (nematoda) into the larvae of *Galleria mellonella* (lepidoptera). *J. Invertebr. Pathol.* 52: 477-478.
- Nealson, K. H., Schmidt, T. M., Bleakley, B. 1990. Physiology and biochemistry of *Xenorhabdus*. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (Gaugler, R., Kaya, H., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 271-284.
- Nguyen, K. 1998. Taxonomy of entomopathogenic nematodes: Genus *Steinernema* and *Heterorhabditis*, species identification. Entomology and Nematology Department. University of Florida. pp 50-85.
- Poinar, G.O. Jr. 1989. Non-insect host for the entomogenous rhabditoid nematodes *Neoaplectana* (Steinernematidae) and *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae). *Rev. Nematol.* 12: 423-428.
- Poinar, G. O. Jr. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. En: *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (Gaugler, R., Kaya, H., eds). Boca Raton, FL: CRC. pp 23-61.
- Poinar, G.O. Jr. 1991. Genetic engineering of nematodes for pest control. En: *Biotechnology for Biological control of pests and vectors* (Maramorosch, K., ed). Boca Raton, FL: CRC. pp 77-93.
- Popiel, I., Hominick, W. M. 1992. Nematodes as biological control agents: Part II. *Adv. Parasitol.* 31: 381-433.
- Rovesti, L., Heinzpeter, E. W., Tagliente, F., Deseo, K. 1988. Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae). *Nematologica.* 34: 462-476.
- Rovesti, L., Deseo, K. 1990. Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser and *S. feltiae* Filipjev (Nematoda: Steinernematidae). *Nematologica.* 36: 237-245.
- Sáenz, A. 1998. *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934 cepa Villapinzón (Rhabditida: Steinernematidae) ciclo de vida, patogenicidad y métodos de cría. Trabajo de grado (M.Sc. Entomología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. pp 130.
- Simoes, N., Rosa, J. 1996. Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology.* 6: 403-411.
- Smits, P. H. 1996. Post -application persistence of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology.* 6: 379-387.
- Smith, K. A., Miller, R. W., Simser, D. H. 1992. Entomopathogenic nematode bibliography: heterorhabditid and steinernematid nematodes. *South Coop. Ser. Bull. Arkans. Agric. Exp. Stn. Fayetteville.* 370:1-81.
- Stock, P. 1992. Presence of *Steinernema scapterisci* Nguyen et Smart parasitizing the mole cricket *Scapteriscus borellii* in Argentina. *Nematol. mediterr.* 20: 163-165.

- Stock, P. 1998. Sistemática y Biología de nemátodos parásitos y asociados a insectos de importancia económica. Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa fe, Argentina. Octubre 12-16. pp 106.
- Woodring, J. L., Kaya, H. K. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes: a handbook of techniques. South. Coop. Ser. Bull. Arkans. Agric. Exp. Sth. Fayetteville. 331: 1-30.
- Wouts, W. M. 1991. *Steinernema (Neoaplectana)* and *Heterorhabditis* species. En: Manual of Agricultural Nematology (Nickle, W.R., ed). New York: Marcel Dekker. pp 855-897.

## AVANCES EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA DEL CAFÉ, *Hypothenemus hampei*, BAJO LA ESTRATEGIA MIP

**Alex E. Bustillo P. Ph. D.**

Cenicafé, Disciplina de Entomología, A. A. 2427,  
Manizales, Colombia, e-mail: fcabus@cafedecolombia.com

23930

El café es el cultivo de exportación más importante de Colombia. Su importancia aumenta si consideramos el aspecto socioeconómico ya que mantiene muchas familias en el campo y genera millones de empleos directos e indirectos. La plaga más importante de este cultivo es la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Este insecto produce caída y pérdida en el peso de los frutos cosechados, pero más importante es la pérdida que causa en la calidad de la bebida. La dependencia unilateral en el uso del control químico para el combate de este insecto no es aconsejable, por eso se sugiere la implementación de un programa de manejo integrado fundamentado en el control biológico, para lograr una reducción en los costos de producción, agregando una base ecológica y mejorando así la calidad del café producido.

La broca del café es una de las plagas más importantes del café en el mundo (Le Pelley, 1968). Al continente americano fue introducida desde África a través de Brasil en 1923 y se encuentra distribuida en casi todos los países productores de café. Hasta el presente no se tiene información de su presencia en Costa Rica y Panamá. Las hembras de la broca son las que inician el ataque al perforar los frutos en la región del disco de la corona del fruto, llegando de esta forma al endospermo formando una cámara donde depositan los huevos, de los cuales emergen las larvas que destruyen gran parte de la semilla, por esto causan pérdidas en su peso. El ataque a frutos con menos de tres meses de edad se traduce en la caída de estos. Las perforaciones a los frutos abren una puerta de entrada a agentes patogénicos que demeritan la calidad del café.

El insecticida más utilizado en el control de la broca ha sido endosulfan, pero el reciente descubrimiento del desarrollo de resistencia de la broca a este producto (Brun *et. al.*, 1989), la amenaza al equilibrio biológico y los riesgos toxicológicos en la zona cafetera, han llevado a muchos países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras y Colombia a introducir parasitoides de África para desarrollar programas de control biológico.

La broca llegó a Colombia en 1988 y desde esa época la Federación Nacional de Cafeteros inició un programa de investigaciones en control biológico con la introducción de parasitoides, el desarrollo de un micopesticida a base de *Beauveria bassiana* y la búsqueda de alternativas de insecticidas de menor categoría toxicológica.

### Uso de parasitoides

Cuando la broca se introdujo de África a América, no vino con sus enemigos naturales que normalmente ocurren en su lugar de origen. Los parasitoides de la broca hasta el presente encontrados son originarios de África Central, lugar que también es considerado el sitio de origen de la broca. Estos parasitoides son *Prorops nasuta* Waterson (Bethyridae), *Heterospilus coffeicola* Schmeideknecht (Braconidae) ambos encontrados por Heargraves en 1923 y 1924 respectivamente, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Bethyridae) fue encontrado en 1960 por Ticheler (1963), y *Phymastichus coffea* La Salle (Eilophidae) endoparásitoide encontrado en Togo por Borbón (1989). Entre estos parasitoides betílidos *C. stephanoderis* y *P. nasuta* son los más aconsejables para ser incluidos en programas de manejo de la broca, básicamente por ser los que se pueden criar en condiciones de laboratorio.

En Colombia la broca se cría masivamente en laboratorios usando café pergamino con un contenido de humedad del 45%. Los granos infestados se mantienen en bandejas metálicas a 80% de H.R. y 27EC. A los pocos días los granos infestados muestran actividad alimenticia y al cabo de unos 20 días presentan suficientes estados inmaduros para la producción del parasitoide. El desarrollo de *C. stephanoderis* toma entre 18-21 días a 25EC en un cuarto oscuro. La emergencia de los parasitoides se logra proporcionando temperaturas más altas y luminosidad. Durante 1993 fue posible producir en Colombia, cerca de tres millones de parasitoides y en 1994 la eficiencia se incrementó y se logró producir cerca de seis millones de parasitoides por mes en tres unidades de producción. Hasta el momento (septiembre de 1998) se han liberado en diferentes regiones del país más de 1400 millones de parasitoides en fincas infestadas con broca y en las que no se hace uso de insecticidas, con el fin de asegurar su establecimiento.

*C. stephanoderis* se ha establecido en todos los lugares de Colombia donde se ha liberado, después de 5 años de liberados en cafetales en Nariño el parasitoide permanece activo en esta zona (Benavides *et al.* 1994, Quintero *et al.* 1998). Desde 1998 se inició un programa para la liberación masiva de *P. nasuta* y a partir de 1999 el programa se extenderá con *P. coffea*. Investigaciones recientes no publicadas indican que este parasitoide puede alcanzar altos parasitismos sobre poblaciones de broca concentrada en pequeñas áreas ("focos") y por su forma de atacar dirigida al adulto que está penetrando los frutos se considera un excelente complemento a las anteriores especies en un programa de manejo integrado de la broca.

### Uso de entomopatógenos

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bb) se encuentra naturalmente infectando la broca en casi todas las regiones de Colombia donde la broca hace su aparición. Hasta el momento se poseen 102 aislamientos de Bb de diferentes países y colectados localmente, de los cuales aproximadamente la mitad han mostrado actividad contra broca.

Se estudió y desarrolló una técnica de bioensayo para seleccionar los aislamientos más patogénicos (González *et al.*, 1993). El ciclo de vida Bb sobre la broca bajo condiciones de laboratorio, se completa en promedio en 8,2 días desde la inoculación del insecto con el hongo hasta el desprendimiento de las esporas. Estos resultados pueden variar de acuerdo con el aislamiento que use y las condiciones de temperatura del laboratorio. Se ha demostrado también la importancia de pasar el hongo Bb a través de insectos para reactivar su patogenicidad. Cuando se cultiva el hongo en medios artificiales por tres o más generaciones su patogenicidad se reduce considerablemente, y el tiempo promedio para causar mortalidad en la mitad de la población se incrementa, en comparación con el hongo activado sobre la broca (González *et al.*, 1993).

Los estudios con *Metarhizium anisopliae* (Bernal *et al.*, 1994) han mostrado que este hongo puede jugar un papel importante en el control de la broca en el suelo, al infectar la población de brocas que emergen de los frutos brocados que han caído previamente al suelo.

### Producción de *B. bassiana*

Dos enfoques se han investigado para la producción de Bb, a nivel industrial y a nivel artesanal. A nivel industrial (Morales *et al.* 1991), la tecnología se ha transferido a productores particulares para que se encarguen de la producción del hongo. En la actualidad existen cuatro compañías con licencia de ICA, que suministran hongo formulado para el control de la broca. Durante 1992 se utilizaron cinco toneladas de hongo a una concentración de  $1 \times 10^8$  esporas

/ gramo con fines experimentales. La producción de Bb para el control de la broca del café fue de 60 toneladas en 1993 (Posada, 1993) y para 1998 se estimó en 3000 toneladas de un producto conteniendo al menos  $1 \times 10^9$  esporas / gramo de producto.

También se estudió una metodología para producir el hongo a nivel de caficultor en su finca (Antía *et al.*, 1992). La producción promedio de esporas en estas botellas es de  $5 \times 10^{10}$  esporas / 1000 g de sustrato a 25EC, después de un tiempo de desarrollo de 24 días. Una vez que el hongo completa su desarrollo está listo para ser usado por el agricultor. La producción de una botella es suficiente para asperjar 100 árboles a una dosis de  $5 \times 10^6$  esporas / árbol. Cenicafé ha puesto a disposición del cafetero una Unidad de Producción Masiva del hongo *B. bassiana*, para suministrar un inóculo puro para su reproducción. El hongo producido en estas unidades se le hace un control de calidad para asegurar: a) que esté libre de contaminantes; b) tenga la concentración apropiada; c) viabilidad del 100%; d) patogenicidad sobre broca en laboratorio superior al 80% y e) uso de una cepa del hongo recién activada y de mejor comportamiento en el campo.

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

La epizootiología de Bb se estudió en una finca infestada con broca en Ansermanuevo (Valle del Cauca) a 1000 msnm en un cafetal de variedad Colombia plantado a una densidad de 10.000 árboles por hectárea (Bustillo *et al.*, 1991). La infestación de la broca se inició en la parte central de la parcela en junio de 1990 y en esa época se asperjó con una formulación en polvo de Bb en la dosis de  $1 \times 10^8$  esporas / árbol. Después de seis meses la broca estaba distribuida en todo el campo así como el hongo. Se evaluó mensualmente la infestación de broca e infección por el hongo sobre 300 ramas tomadas aleatoriamente entre enero y agosto de 1991. La unidad de muestreo fue una rama productiva sobre la cual se contaron todas las cerezas, las cerezas infestadas y aquellas con infección del hongo. Los resultados indican que una alta proporción de la broca (> 75%) puede ser infectada por el hongo a medida que el tiempo transcurre causando una reducción en la población de la plaga.

### Enemigos de la broca

En los precios en los cuales se ha hecho un uso racional o no se han asperjado insecticidas se ha desarrollado una fauna benéfica que está obrando sobre las poblaciones de la broca. En diferentes zonas cafeteras de Colombia, se ha observado la presencia de varios enemigos nativos de la broca, especialmente en sitios en los cuales la broca lleva más de dos años y no se han utilizado insecticidas. Los reconocimientos llevados a cabo en diferentes zonas cafeteras del país han permitido establecer que la broca es afectada por más de 17 reguladores naturales algunos de ellos compitiendo por su nicho (Bustillo *et al.*, 1998). Estos organismos son responsables de que sus poblaciones se reduzcan con el tiempo, lo cual conduce a disminuir los costos de control. Las prácticas de control que se hacen deben mantener el equilibrio biológico o sea la protección de la fauna benéfica. Las épocas lluviosas proporcionan humedad al suelo, fomentando así la invasión de microorganismos competidores dentro de los frutos brocados que caen al suelo.

El uso de insecticidas es contraindicado en estas condiciones porque no sólo afectan los controladores naturales de la broca, sino que eliminan la fauna benéfica de otros insectos como el minador, escamas cochinillas, palomillas y defoliadores que no se convierten en plagas gracias al control que ejercen sus enemigos nativos.

## Manejo integrado de la broca

Debido a que la broca del café es una plaga introducida sin enemigos naturales presentes en Colombia, la primera estrategia basada en los resultados de investigación presentados aquí, fue introducir tanto parasitoides como entomopatógenos en el ecosistema cafetero que ha sido invadido por la broca (Bustillo, 1993) y preservar y fomentar la fauna benéfica nativa.

Luego estructuró un programa de manejo integrado que incluye conocimiento en la finca sobre periodos de floraciones, evaluación de infestaciones, prácticas de cosecha sanitaria ("el RE-RE"), controles en la etapa de beneficio del café y los componentes biológicos basados en parasitoides como *C. stephanoderis*, y entomopatógenos como *B. bassiana* (Bustillo, 1990). El uso de insecticidas se restringe a aquellos casos en que los niveles de infestación lo ameriten, especialmente en sitios donde la broca se encuentra agregada, para lo cual se recomiendan productos de baja toxicidad (categorías III y IV) y poco impacto ambiental. Las parcelas de manejo integrado que Cenicafé monitorea en fincas de cafeteros han mostrado la viabilidad de las recomendaciones para que el cafetero pueda seguir produciendo café tipo "Federación" en presencia de la broca.

## Conclusiones

El enfoque del manejo integrado de plagas es la mejor estrategia para el control de la broca del café, procurando que el control biológico sea uno de los componentes principales. En Colombia se han introducido y desarrollado agentes benéficos para ser utilizados en el control de esta plaga. El uso de los parasitoides *C. stephanoderis* y *P. nasuta* y del entomopatógeno *B. bassiana*, así como el fomento de la fauna nativa, en un programa de manejo integrado de la broca, es factible como lo demuestran las investigaciones realizadas en Colombia. El uso de parasitoide *P. coffea* se muestra como un complemento apropiado a los otros reguladores biológicos.

## Referencias

- Antia, O. P.; Posada, F. J.; Bustillo, A. E.; Gonzalez, M. T. 1992. Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. Cenicafé, Avances Técnicos No. 182, 8pp.
- Benavides, P.; Bustillo, A. E.; Montoya, E. C. 1994. Avances sobre el uso del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Rev. Colombiana Ent., 20 (4): 247-253.
- Bernal, M. G.; Bustillo, A. E.; Posada, F. J. 1994. Virulencia de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* y su eficiencia en campo sobre *Hypothenemus hampei*. Rev. Colombiana Ent., 20 (4): 229-233.
- Borbon, O. 1989. Bioecologie d' u ravageur des bajes de cafeier *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) et des ses parasitoides au Togo. These du doctorat de L'Universite Paul-Sabatier de Toulouse cedex, France. 185p.
- Brun, L. O.; Marcillaud, C.; Gaudichon, V.; Suckling, D. M. 1989. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 82 (5): 1312-1316.
- Bustillo, A. E. 1990. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. Socolen, Medellín, Colombia, Miscelánea No. 18, p.106-118.

- Bustillo, A. E. 1993. El control biológico como un componente en un programa de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Memorias XX Congreso de Socolen, Cali, julio 13-16, 1993, p.159-164.
- Bustillo, A. E.; Castillo, H.; Villalba, D.; Morales, E.; Velez, P. E. 1991. Evaluaciones de campo con el hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. In: Colloque scientifique International sur le café, 14. San Francisco. 14-19 juillet, Paris, ASIC. 679-686p.
- Bustillo, A. E.; Cárdenas, R.; Villalba, D.; Benavides, P.; Orozco, J.; Posada, F. J. 1998. Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, CENICAFÉ, 134p.
- Gonzalez, M. T.; Posada, F. J.; Bustillo, A. E. 1993. Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. Revista Cenicafé 44 (3): 93-102.
- Le Pelley, R. H. 1968. Pests of coffee. Longmans, Green and Co. Ltd., London. 590p.
- Morales, E.; Cruz, F.; Ocampo, A.; Rivera, G.; Morales, B. 1991. Una aplicación de la biotecnología para el control de la broca del café. In: Colloque scientifique International sur le café, 14. San Francisco. 14-19 juillet, Paris, ASIC. 521-526p.
- Posada, F.J. 1993. control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con hongos. Memorias XX Congreso Socolen, cAlu, julio 13-16, 1993, p.137-151.
- Quintero, C., Bustillo A.E., Benavides, P., Cháves, B. 1998. Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. manuscrito en prensa en Folia Entomológica Mexicana. 15p.
- Ticheler, J. H. G. 1963. Estudio analítico de la epidemiología del escolítido de los granos de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en costa de Marfil. (Traducción G. Quinceno). Revista Cenicafé 14 (4): 223-294.

## DIVERSIDAD DE HIMENÓPTEROS PARASITOIDES Y SU USO EN EL CONTROL BIOLÓGICO

***Paul Hanson Ph. D.,***

Profesor Asociado, Escuela de Biología  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro, San José, Costa Rica

La práctica de control biológico requiere la identificación de los parasitoides, pero existen al menos dos problemas que impiden este proceso: La mayoría de las especies de himenópteros parasitoides del neotrópico aún no tiene nombre científico; Las claves (cuando existen) pueden ser difíciles de usar sin una colección de referencia y sin experiencia. La investigación presente tiene dos objetivos: Estimar el número de especies de himenópteros que pueden existir en Costa Rica y 3 cuántos no tienen nombres; Investigar la posibilidad de utilizar visión computerizada (análisis digital de imágenes) para automatizar el proceso de identificación.

Para estimar la diversidad de himenópteros en Costa Rica se colocaron casi cincuenta trampas Malaise en diferentes zonas ecológicas del país, se separaron cada una de las diferentes familias y estas muestras separadas fueron enviados a treinta colaboradores para que cada especialista podría estimar el número de especies que existe en "su" familia. Para el segundo objetivo se montaron alas de Ophioninae (Ichneumonidae) en láminas, se capturó la imagen con un cámara digital, se reordenó la imagen digitada en un matriz de vectores, y se extrajo la variación significativa (componentes principales) entre imágenes de la misma especie. Esta segunda parte de la investigación aún está en proceso, pero los resultados preliminares son prometedores.

Sumando los resultados para cada familia pudimos estimar que deben existir por lo menos 20.000 especies de himenópteros en Costa Rica. Utilizando la ecuación para convertir estos resultados al número de especies por área, Costa Rica tiene 7.484 especies por cada 1.000 kilómetros cuadrados mientras que la misma cifra en Norte América es de 3.055 especies para la misma área. Los resultados preliminares de estudios más detallados sugieren que no aumenta el número de parasitoides por hospedero, ni cambia la especificidad de los parasitoides en cuanto a sus hospederos.

Se estimó que alrededor de 70-80% de las especies de parasitoides himenópteros en Costa Rica aún no tienen nombres científicas. Existen muchos potenciales controladores biológicos entre estas especies no descritas, pero el costo de rectificar el problema es muy alto. Una manera de bajar el costo de describir las nuevas especies es enfocar los esfuerzos en los grupos más prometedores como controladores biológicos.





**SIMPOSIO**

# **ENTOMOLOGÍA MÉDICA**





## EFFECTOS DE TOLDILLOS IMPREGNADOS CON PERMETRINA SOBRE *Anopheles gambiae* s.l. EN GAMBIA

**Martha L. Quiñones Ph. D.**

Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET, Facultad de Medicina,  
Universidad de Antioquia, AA: 1226 Medellín.

### Resumen

En Gambia, el uso de toldillos impregnados con permetrina ha llevado a la reducción en morbilidad y mortalidad por malaria en niños. Sin embargo, no se había encontrado en ensayos previos una evidencia clara de un “efecto de mortalidad en masa” sobre las poblaciones de vectores como resultado de esta intervención. Por consiguiente, el objetivo principal del trabajo fue determinar si el impacto de los toldillos impregnados con permetrina sobre las poblaciones de vectores, *Anopheles gambiae* s.l., producía este efecto de “mortalidad en masa”, como ocurría en otros países, y si no era así, encontrar evidencia de la forma como funcionan los toldillos impregnados. Se realizaron tres estudios: uno que incluyó 20 veredas pareadas por su condición de impregnación de toldillos (con y sin), y dos estudios de “cruce” de la intervención, en cada uno se incluyeron dos veredas y en el que la condición de tener toldillos impregnados fue intercambiada después de un periodo de dos semanas. En los dos estudios se evaluó la longevidad, densidad picando a humanos y de reposo e infectividad de las poblaciones de vectores. Se realizaron observaciones sobre comportamiento de picadura con relación al sitio y hora, índice de sangre humana y duración del ciclo gonotrófico. Se encontró que las poblaciones de *An. gambiae* s.l. fueron tan longevas, abundantes e infectivas tanto en las veredas con toldillos impregnados como en las que no tenían los toldillos impregnados, confirmando la ausencia del efecto de “mortalidad en masa”. En ausencia de este efecto surge la pregunta de como se da entonces la protección contra malaria por el uso de toldillos impregnados. Se realizaron observaciones para determinar si las picaduras se desplazaron de ser intra-domiciliares a ser extra-domiciliares, si se cambió la actividad de picadura, si la toma de sangre se impidió o fue demorada o hubo cambio de hospedero por parte de las poblaciones de vectores. No se encontró evidencia de que hubiera una diferencia entre veredas con y sin toldillos impregnados en cuanto al sitio de picadura (razón Intra : Peridomiciliar), la hora promedio de picadura o el índice de sangre humana de mosquitos reposando dentro de las viviendas. Se determinó que la duración del ciclo gonotrófico de estas poblaciones de *An. gambiae* s.l. fue de 2 días y no se encontró evidencia de algún cambio debido a la presencia de toldillos impregnados. La densidad de mosquitos reposando en el intradomicilio disminuyó significativamente en presencia de toldillos impregnados, esta diferencia fue probablemente debida al efecto éxito-repelente del insecticida. En el tercer estudio se pudo discriminar la procedencia de la sangre ingerida por los mosquitos y se encontraron evidencias de cambio en la frecuencia de picadura en niños en presencia de toldillos impregnados. En esta forma se pudo obtener evidencia para explicar la forma en que los toldillos impregnados funcionan en Gambia contra la malaria.

### Introducción

El uso de toldillos impregnados con piretroides se considera una de las alternativas más promisorias para control de malaria. Esta medida, comparada con el tradicional rociamiento intradomiciliar con insecticidas residuales, presenta varias ventajas por ser su procedimiento relativamente simple, no es necesario disponer de un equipo especial y es una alternativa atractiva si se piensa en su potencial para incorporarla en los programas de atención primaria en salud.

En Africa, donde la malaria es responsable por alrededor de 500 millones de casos clínicos cada año (WHO 1995), el control es difícil por el incremento de resistencia del *Plasmodium falciparum* a las drogas, por resistencia del vector a insecticidas como el DDT en algunos lugares, pero principalmente por la falta de infraestructura necesaria para mantener un programa de control (Henderson 1991). Bajo estas circunstancias, el uso de toldillos impregnados con piretroides es una alternativa razonable dado que puede ser realizado por la comunidad y es apropiada a las características de endofagia, endofilia, antropofilia y actividad de picadura tarde en la noche de los vectores de malaria *Anopheles gambiae* s.l. y *An. funestus*. En otros países, donde los vectores no son tan antropofílicos o endofílicos como los africanos, el uso de toldillos impregnados también ha sido considerado como una alternativa promisoriosa, por ejemplo, han mostrado efectividad en Guatemala (Richards *et al.* 1993) donde el vector es *Anopheles albimanus*.

Se han realizado muchos estudios con toldillos impregnados para el control de malaria en diferentes países, y sin embargo muchas preguntas permanecen sin resolverse todavía. El impacto de la impregnación de toldillos sobre las poblaciones de vectores no es predecible. En algunos casos, se ha encontrado una clara reducción en densidad, longevidad y tasa esporozoítica (efecto de "mortalidad en masa") de los vectores después de la introducción de esta medida de control (Magesa *et al.* 1991; Karch *et al.* 1993), mientras que en otros casos esto no se ha encontrado o los resultados no han sido claros (Tabla 1). El impacto sobre malaria también ha sido variable en diferentes áreas (Bermejo y Veecken 1992). Además de las diferencias en las características de los vectores, esta variabilidad puede estar relacionada con diferencias a nivel de transmisión, estado inmune y comportamiento de las personas. La evidencia sugiere que el uso de toldillos impregnados es usualmente efectivo para reducir la morbilidad por malaria (Choi *et al.* 1995, Alonso *et al.* 1993, D'Alessandro *et al.* 1995a; D'Alessandro *et al.* 1995b) aunque el efecto sobre la prevalencia de infección por malaria ha sido variable.

### Objetivo de impregnar toldillos con insecticidas

Los toldillos son atractivos para los mosquitos debido al CO<sub>2</sub> y olores de la persona que duerme bajo el toldillo, así, estos actúan como una trampa (Curtis *et al.* 1991). Contrario al efecto del rociamiento intradomiciliar, en el cual la mortalidad de los mosquitos se espera que suceda después de haberse alimentado de sangre de una persona, los toldillos impregnados tienden a repeler o matar los mosquitos antes de que éstos piquen y esta diferencia es notada por los usuarios y por consiguiente, éste incrementa la aceptabilidad de esta medida. Los objetivos de impregnar un toldillo son dos:

1. Mejorar la protección personal superando los problemas de daño o mal uso de los toldillos y
2. Disminuir la esperanza de vida de la población de vectores por un efecto de "mortalidad en masa". Los mosquitos se mueren por entrar en contacto con el insecticida en cada ciclo gonotrófico, por lo tanto se espera una reducción en la longevidad, densidad y tasa esporozoítica en las poblaciones de vectores y este efecto se traduce en protección a nivel de las comunidades, similar al efecto esperado con un rociamiento intradomiciliar con un insecticida.

### Efectos de toldillos impregnados sobre las poblaciones de vectores de malaria

El efecto más importante de los insecticidas en general, sobre las poblaciones de vectores de malaria es la reducción en su sobrevivencia. Otros efectos como repelencia o disminución en la entrada de mosquitos a cuartos con toldillos impregnados, pueden reducir el contacto humano-vector y por consiguiente reducir el riesgo de adquisición de la infección. El encontrar

una barrera de insecticida sobre la fuente de sangre de los mosquitos y en un cuarto donde ellos reposan puede acarrear cambios en el comportamiento de picadura y reposo. Por ejemplo, desviación de picaduras hacia personas no protegidas o hacia animales, o cambios en el ciclo gonotrófico. Por otro lado, la presión de selección del insecticida puede llevar eventualmente a causar cambios genotípicos más permanentes como es la aparición de resistencia o cambios de comportamiento heredables.

Se ha encontrado además que los piretroides inhiben el desarrollo de los oocitos de *Plasmodium* en el estómago de los mosquitos (Hill *et al.* 1989; Hill y Ranford-Cartwright 1993). Este fenómeno puede tener un efecto sobre la transmisión de malaria pero es necesario estudiarlo en condiciones de campo.

Los efectos de los toldillos impregnados sobre *Anopheles* han sido descritos en estudios en laboratorio, casas experimentales y a nivel de veredas (Curtis *et al.* 1991).

### Efectos en casas experimentales

En los estudios en casas experimentales se han encontrado los efectos de inhibición de la entrada de mosquitos en cuartos con toldillos impregnados en un rango entre 20% y 70%, incremento en la tasa de salida de mosquitos entre 50% y 72%, excepto en los estudios en Gambia, reducción en la tasa de alimentación y mortalidades entre 17% y 95% (Darriet *et al.* 1984; Carnevale *et al.* 1992; Lines *et al.* 1987; Curtis *et al.* 1992; Miller *et al.* 1991; Lindsay *et al.* 1991; Lindsay *et al.* 1992; Pleass *et al.* 1993; Rozendaal *et al.* 1989).

Lines *et al.* (1987) evaluaron la desviación de picaduras de una persona protegida por un toldillo impregnado a otra durmiendo sin toldillo en el mismo cuarto y no se encontró evidencia de este fenómeno, mientras que si se observó esta desviación cuando una persona durmió con toldillo no impregnado y otra sin toldillo. Similarmente, no se encontró evidencia de desviación de picaduras de un cuarto con toldillo impregnado a uno vecino sin toldillo (Lindsay *et al.* 1992).

A partir de estas observaciones en casas experimentales se podría esperar que los efectos del uso de toldillos a nivel de comunidades sean a) reducción de las tasas de sobrevivencia de las poblaciones de mosquitos debido a la mortalidad por el insecticida, efecto de "mortalidad en masa" y b) reducción del contacto humano – vector debido a los efectos de inhibición de la entrada de mosquitos y/o reducción en la tasa de alimentación.

### Efectos en el ámbito de las comunidades

**Efecto de mortalidad en masa.** En el ámbito comunitario se espera encontrar el efecto de "mortalidad en masa" y éste puede ser observado por una reducción en densidad, tasa esporozoítica y/o longevidad de las poblaciones de vectores. Este es el efecto más deseable dado que si se da, las personas residentes en estas comunidades adquieren protección contra picaduras de mosquitos aun si ellos no están durmiendo bajo toldillos impregnados. En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en reducción de la densidad, paridad y tasa esporozoítica de los vectores en evaluaciones a nivel comunitario.

**Reducción en densidad.** La forma mas apropiada de medir la reducción en densidad es usando casas "sentinelas" para realizar los monitoreos. Estas casas no tienen toldillos impregnados en veredas en donde el resto de las habitaciones tienen toldillos impregnados. En la mayoría de las evaluaciones realizadas se ha encontrado un efecto sobre la densidad (Tabla 1). En Gambia los resultados de los estudios iniciales mostraron un efecto importante en la

reducción de mosquitos en las viviendas; sin embargo, este efecto puede estar sesgado por el efecto excito-repelente del insecticida. En el estudio de Lindsay *et al.* (1993), cuando se usaron casas sentinela, no se encontró un efecto significativo en densidad. Las tasas de esporozoitos disminuyen pero en los dos tipos de veredas, con y sin impregnación.

Reducción en longevidad. Esta reducción se ha registrado en varios estudios (Tabla 1) y no se ha encontrado en Gambia ni en Papua Nueva Guinea.

Reducción en tasas esporozoíticas. Este efecto se espera debido al efecto de protección personal como también al resultado de la reducción en longevidad de las poblaciones de vectores. Todos los estudios en que se han medido estas tasas esporozoíticas han mostrado reducción, a excepción de los estudios en Gambia y en Camerun (Tabla 1).

Efectos sobre el ciclo gonotrófico. Solo un estudio ha evaluado este efecto, encontrando un incremento de este ciclo de 2 a 3 días en *An. farauti* en Papua Nueva Guinea (Charlwood y Graves 1987). El efecto se ha explicado porque los toldillos impregnados previenen o retardan la alimentación por los mosquitos de tal manera que ellos tienen que esperar hasta la siguiente noche para picar.

Efectos sobre los picos de actividad de picadura. Cambios en la actividad de picadura se han señalado en dos estudios, uno en Papua Nueva Guinea (Charlwood y Graves 1987) para *An. farauti* y el otro en Tanzania (Njau *et al.* 1993) con *An. gambiae*. Otros estudios no han encontrado cambios en los picos de actividad de los vectores (Zoulani *et al.* 1994; Magesa *et al.* 1991; Samarawickrema *et al.* 1992).

Desviación de la tendencia a picar o reposar dentro de las viviendas o hacerlo fuera de ellas. En las evaluaciones en casas experimentales se ha encontrado una tendencia a disminuir la entrada y aumentar la salida de mosquitos en cuartos con toldillos impregnados. Por esto se podría esperar que en evaluaciones a nivel comunitario se encontraran estas tendencias de los vectores a picar y reposar fuera de las viviendas. Hasta ahora sin embargo no se ha encontrado evidencia de que esto ocurra (Magesa *et al.* 1991; Somboon *et al.* 1993; Robert y Carnevale 1991)

Desviación a picar animales en vez de picar al hombre. Esta desviación podría esperarse particularmente con especies que presentan tendencias zoofílicas o no muy marcadas tendencias antropofílicas. Pocos estudios han evaluado esta desviación. Magesa *et al.* (1991), en Tanzania, encontraron que la mayoría de *An. gambiae* s.l. pica a humanos tanto antes como después de la introducción de los toldillos impregnados. En Papua Nueva Guinea se observó una reducción en el índice de sangre humana en mosquitos reposando dentro de las viviendas, lo que sugiere un aumento de las tasas de picadura a animales.

### Situación de la malaria en Gambia (Africa Occidental)

La malaria por *Plasmodium falciparum* es una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en niños en este país. La transmisión es estacional, confinada al período durante y después de las lluvias anuales entre julio y noviembre. Se calcula que la malaria es responsable por el 25% de las muertes en niños entre 1 y 5 años y que los niños menores de 7 años en las áreas rurales sufren en promedio 1 episodio de malaria por año (Greenwood *et al.* 1987).

El control de esta enfermedad se basa principalmente en tratamiento presuntivo con cloroquina a través de trabajadores en los puestos de atención primaria en salud, quienes han recibido un entrenamiento para reconocer los síntomas y suministrar el tratamiento. Sin embargo, estas medidas no han llevado a una reducción en morbilidad o mortalidad por malaria (Menon

**Tabla 1.** Resumen de los resultados en impacto sobre densidad (D), tasa de paridad (P) y tasa esporozoítica (E) de los vectores de malaria en estudios a nivel comunitario con toldillos impregnados.

País	<i>Anopheles</i>	n	Impacto en			Referencia
			D	P	E	
Gambia	<i>A. gambiae s.l.</i>	16	+++ <sup>(1)</sup>			Snow <i>et al.</i> 1987a
	"	4	+++ <sup>(1)</sup>			Lindsay <i>et al.</i> 1989
	"	12	ns	ns	ns <sup>(2)</sup>	Lindsay <i>et al.</i> 1993
	"	6	ns	ns	ns	Thomson <i>et al.</i> 1995a
Tanzania	<i>A. gambiae s.l.</i>	5	+++	+++	+++	Magesa <i>et al.</i> 1991
	<i>A. funestus</i>	5	+++			"
	<i>A. arabiensis</i>	1	++			Njau <i>et al.</i> 1993
Burkina Faso	<i>A. gambiae</i>	1	+++	+++	+++	Robert y Carnevale 1991
	<i>A. funestus</i>	1	ns	+++	++	Carnavale <i>et al.</i> 1988
Zaire	<i>A. gambiae s.l.</i>	3	+++	+++	+++	Karch <i>et al.</i> 1993
Kenia	<i>A. gambiae s.l.</i>	6	+++	++	++	Beach <i>et al.</i> 1993
Guinea Bissao	<i>A. gambiae s.l.</i>	6	+++			Jaenson <i>et al.</i> 1994
Cameroon	<i>A. gambiae s.l.</i>	1	++	+	ns	Le Goff <i>et al.</i> 1992
	<i>A. nili</i>	1	+++	++	++	"
Papua New Guinea	<i>A. punctulatus</i>	8	ns		++	Graves <i>et al.</i> 1987
	<i>A. farauti</i>	1	++	ns		Charlwood y Graves 1987
	<i>A. koliensis</i>	1	++	+++		"
India	<i>A. minimus</i>	12				Jana-Kara <i>et al.</i> 1995
	otros anofelinos	12	ns			"
	<i>A. culicifacies</i>	2	++		++	Jambulingam <i>et al.</i> 1989
Tailandia	<i>A. minimus</i>	9	ns	ns		Somboon, <i>et al.</i> 1995
Malasia	<i>A. maculatus</i>	4	++		+++	Vythilingam <i>et al.</i> 1995
Isla de Solomon	<i>A. farauti</i>	4	++	+		Kere 1992
	<i>A. farauti</i>	4	++			Kere <i>et al.</i> 1993
	<i>A. punctulatus</i>	4	ns			"
	<i>A. punctulatus</i>	1	++			Samarawickrema <i>et al.</i> 1992
	<i>A. farauti</i>	4	+++		+++	Hii <i>et al.</i> 1993
	<i>A. farauti</i>	3		+++		Hii <i>et al.</i> 1995
China	<i>A. sinensis</i>	4	++			Li <i>et al.</i> 1989
	<i>A. anthropophagus</i>	4	+++			"
	<i>A. sinensis</i>	5	+++	+++		Yang <i>et al.</i> 1991 en
	<i>A. anthropophagus</i>	5	+++	+++		Curtis <i>et al.</i> 1991
	<i>A. dirus</i>	5	+++			Li (en Curtis <i>et al.</i> 1991)
	<i>A. sinensis</i> y <i>A. Anthropophagus</i>	45	+++	+++		Cheng <i>et al.</i> 1995

(1): Densidad evaluada por el número de hembras colectadas en trampas de salida y reposando dentro de las viviendas en las mañanas, con posible sesgo por el efecto éxito-repelente del insectida.

(2): La tasa esporozoítica fue menor después de la intervención tanto en las veredas con toldillos impregnados como en las que tuvieron toldillos no impregnados. n: Número de veredas involucradas en la evaluación. +: efecto leve; ++: efecto medio; +++: efecto fuerte; ns: efecto no significativo.



*et al.*, 1990). Se ha evaluado el impacto de quimioprofilaxis con Maloprim con resultados alentadores; sin embargo, es difícil sostener esta medida por largos períodos de tiempo como también implementarla a gran escala (Greenwood *et al.* 1988).

### Impregnación de toldillos en Gambia

La estrategia más deseable es involucrar el control de malaria al Programa de Atención Primaria es Salud y, aprovechando el uso de toldillos por las comunidades (D'Alessandro *et al.* 1994), se iniciaron en 1985 evaluaciones a nivel personal y comunitario de la impregnación de los toldillos con permetrina. Se realizó un estudio inicial en 1985 evaluando la protección personal en niños conferida por el uso de toldillos impregnados (Snow *et al.* 1987a; 1987b). Un estudio subsecuente se realizó en 1987 a nivel de vereda, que involucró 16 veredas (Snow *et al.* 1988b). Se evaluó el impacto en mortalidad en niños en un estudio realizado en 1988-89, que involucró 73 veredas (Alonso *et al.* 1991). Los resultados epidemiológicos se resumen en la Tabla 2.

Los resultados de las evaluaciones entomológicas mostraron una reducción en el contacto humano – vector entre 18% y 92% (Lindsay *et al.* 1989b), estimación basada en el número de hembras llenas de sangre encontradas en la mañana en los toldillos, cuartos y trampas de salida y en su índice de sangre humana. Esta estimación puede estar sesgada por el efecto éxito-repelente del insecticida. Sin embargo, aunque se encontraron pocas hembras reposando dentro de los cuartos con toldillo impregnado, la proporción alimentadas y su índice de sangre humana no fue significativamente diferente entre cuartos con y sin toldillo impregnado (Snow *et al.* 1987b; Lindsay *et al.* 1989b).

Con estos resultados no era claro que el efecto de los toldillos impregnados fuera el de "mortalidad en masa", debido principalmente al posible sesgo en la evaluación que estaría mostrando más bien el efecto éxito-repelente del insecticida y no una disminución en la densidad o contacto humano-vector.

**Tabla 2.** Resumen de los resultados con toldillos impregnados en Gambia 1985 - 1989

	Snow <i>et al.</i> 1988a	Snow <i>et al.</i> 1987a	Snow <i>et al.</i> 1988b	Alonso <i>et al.</i> 1991
Población	1600	2100	1600	22000
Toldillos impregnados	NO	SI	SI	SI
Evaluación a nivel de vereda	SI	NO	SI	SI
Grupo de edad evaluado	1-9	1-9	1-9	1-6
Esplenomegalia	ns	ns	↓	↓
Parasitemia	ns	ns	ns	↓
Ataques clínicos	ns	↓	↓	↓
Muertes	-	-	-	↓
Hematocrito	ns	ns	↑	↑

Ti: con toldillos impregnados TNI: con toldillos no impregnados ST: sin toldillos ns: diferencia no significativa - : parámetro no evaluado

## Programa Nacional de Impregnación de toldillos

Con base en los resultados epidemiológicos en donde se encontró una reducción significativa en los ataques clínicos y en la mortalidad en niños, asociados a la impregnación de toldillos, se implementó un Programa Nacional de Impregnación de Toldillos en todo el país. En el primer año se impregnaron toldillos de 220 veredas, de un total de aproximadamente 400, las cuales hacen parte del Programa de Atención Primaria en Salud (PAPS). La impregnación tuvo lugar entre junio y julio de 1992, inmediatamente ántes del periodo de lluvias, con una dosis de 250mg/m<sup>2</sup>. En el segundo año, se impregnaron los toldillos de la totalidad de las veredas PAPS.

La evaluación del Programa incluyó determinar el impacto epidemiológico, entomológico y social, así como un análisis de costo efectividad.

El trabajo presentado a continuación es parte de la evaluación entomológica en la que el énfasis fue clarificar si los toldillos impregnados producen el efecto de "mortalidad en masa" sobre la población de vectores. Este conocimiento es importante para la planeación de la implementación de programas de control. Si el efecto de mortalidad en masa ocurre, los programas deben asegurar una cobertura mínima para que sean efectivos a nivel comunitario, como fué el caso de la implementación de control de malaria con DDT en donde la cobertura mínima permisible fue del 70%. Si, por el contrario, este efecto no se dá, se pueden realizar otras estrategias en la implementación dado que se obtendría solamente la protección personal.

### Objetivos

Clarificar si la impregnación de toldillos en Gambia produce el efecto de "mortalidad en masa" de la población de vectores de malaria.

Determinar los efectos de los toldillos impregnados sobre el comportamiento de los mosquitos, incluyendo cambios en:

- a) el ciclo de picadura
- b) endofagia o endofilia
- c) duración del ciclo gonotrófico
- d) antropofilia
- e) frecuencia de picaduras a niños

### Metodología

Se realizaron tres estudios, de los cuales algunos aspectos están publicados: Quiñones *et al.* 1997 y Quiñones *et al.* 1998. Se presenta aquí un resumen de éstos y en más detalle otros aspectos que no han sido publicados todavía.

Efecto de mortalidad en masa, comportamiento de picadura y duración del ciclo gonotrófico:

Estudio en 10 pares de veredas: Se realizaron muestreos en 20 veredas, pareadas por su condición de tener o no impregnados los toldillos. Las veredas se parearon por proximidad. En cada par de veredas se realizó, en la misma noche, una colección de mosquitos adultos utilizando cebos humanos ubicados dentro y fuera de las viviendas simultáneamente. Los

mosquitos se colectaron de 6:00pm a 6:00am. En las mañanas, se realizaron colecciones de mosquitos en reposo utilizando un insecticida en aerosol (Target®: 0.3% d-allethrin y 0.1% d-phenothrin), en 5 cuartos de cada vereda. Los ovarios de las hembras colectadas se disectaron para determinaciones de paridad y se realizó ELISA para detección de la proteína circumsporozoito de *Plasmodium falciparum* (Wirtz *et al.* 1987) utilizando las cabezas y tórax de cada ejemplar. La determinación taxonómica de especies presentes en el estudio se llevó a cabo examinando por citogenética los ovarios de hembras semigravidas (Coluzzi *et al.* 1979).

Estudio de cruce de la intervención: En el segundo estudio se utilizó un diseño de "cruce" de la intervención en dos veredas: Madina y Jakoto a 180 km de la costa. El objetivo principal fue determinar cambios en la duración del ciclo gonotrófico usando marcaje liberación y recaptura. Los muestreos realizados permitieron medir también cambios en densidad, tasas de paridad y de esporozoitos. El diseño consistió en suministrar toldillos nuevos e impregnados con permetrina (500 mg/m<sup>2</sup>) a los residentes de la vereda de Madina, quienes usaron estos toldillos durante dos semanas. Los residentes de Jakoto continuaron usando sus propios toldillos no impregnados. En las dos veredas se colectaron los mosquitos en reposo en las mañanas usando un insecticida en aerosol en 10 cuartos cada día por omce días. Después de dos semanas de muestreo, los toldillos impregnados se recogieron de la localidad de Medina y los residentes de esta localidad continuaron usando sus propios toldillos no impregnados. A los residentes de la localidad de Jakoto se les suministraron toldillos nuevos impregnados con permetrina. Al final del estudio se les dieron toldillos impregnados a las dos veredas. Los mosquitos colectados fueron disecados para paridad y analizados por ELISA para detección de positivos para infección con *P. falciparum*.

Frecuencia de picadura en niños: En este estudio se usó un marcador que fue anticuerpos contra la rabia para diferenciar si la fuente de sangre ingerida por los mosquitos era de un niño o de un adulto. Se seleccionaron para este estudio dos veredas: Sinchu-Njabo y Mbai-Niake, aproximadamente a 200 km. de la costa. A todos los niños, entre uno y diez años de las dos veredas, se les aplicó una vacuna contra la rabia. Se realizó un diseño de "cruce" de la intervención similar al descrito anteriormente con toldillos nuevos e impregnados con permetrina cambiándolos en las dos veredas. Se realizaron muestreos de mosquitos en reposo en las mañanas con insecticida en aerosol, en 5 cuartos cada día. Se colocaron trampas de salida en 3 cuartos en cada vereda y se hicieron trampas de reposo extradomiciliar. Las colecciones se realizaron hasta que se lograron obtener mil hembras de cada vereda. Estas colecciones tomaron 3 semanas en la vereda con toldillos impregnados y 2 semanas cuando no tuvieron toldillos impregnados.

Por una ELISA se detectó la presencia de anticuerpos anti-rabia en las hembras llenas de sangre colectadas en las veredas con y sin impregnación de toldillos.

## Resultados

### 1. Estudio en diez pares de veredas

- 1.1. Densidad. Las diferencias en el número total de *An. gambiae* colectados picando al hombre en veredas, con y sin impregnación de toldillos, no fue significativa ( $t=0.19$ ,  $gl=9$ ,  $P=0.84$ ). Se encontró una diferencia significativa en el número de hembras en reposo en cuartos con y sin impregnación de toldillos (Wilcoxon signed rank test,  $P=0.009$ ). No se encontró una diferencia significativa entre pares de veredas en la proporción de hembras en cada estado gonotrófico: vacías, llenas, semigravidas, grávidas, encontradas en reposo en las viviendas.

- 1.2. Tasas de paridad. Estas fueron muy variables y en algunos casos los tamaños de muestra fueron muy bajos. No se encontró una diferencia significativa en la paridad entre veredas con y sin impregnación de toldillos ( $t=1.35$ ,  $P=0.21$ ).
- 1.3. Tasas esporozoíticas. Las proporciones de hembras positivas para esporozoitos no fue significativamente diferentes entre veredas con y sin tratamiento.
- 1.4. Determinación de especies. Se encontró un 96.1% ( $n=154$ ) de *Anopheles gambiae* s.s. tipo Savanna (Coluzzi *et al.* 1985), y un 3% de *An. arabiensis*.
- 1.5. Actividad de picadura. No se encontró una diferencia significativa entre las localidades con y sin impregnación en la razón Intra:Peridomiciliar de los mosquitos colectados, en la actividad de picadura por horas o en el Índice de Sangre Humana de los mosquitos colectados en reposo en el intradomicilio.

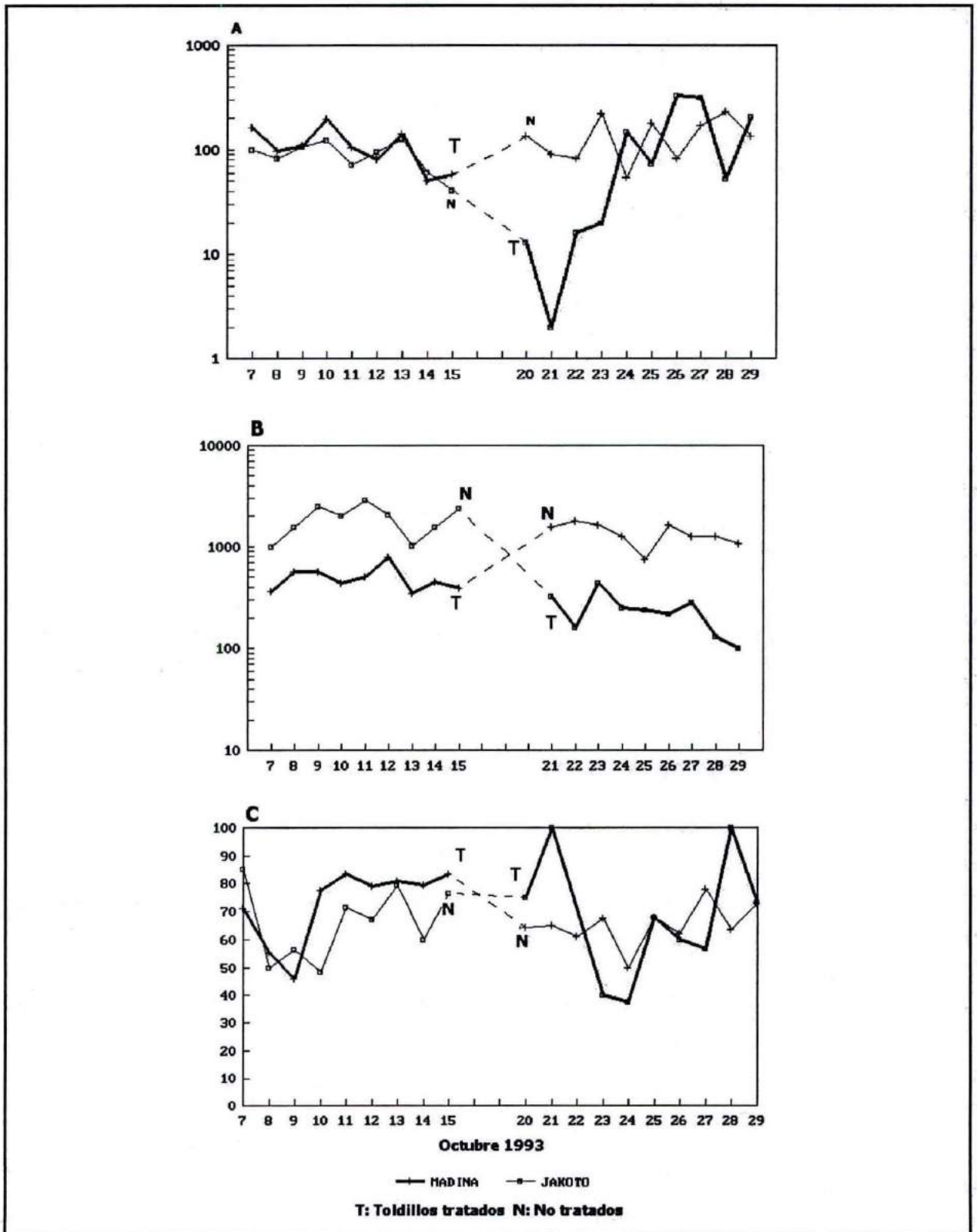
## 2. Estudio de "cruce de intervención":

- 2.1. Densidad de mosquitos en los cuartos. En la figura 1 se presentan los resultados de este estudio. El número de *An. gambiae* colectado en las trampas de salida en presencia y ausencia de toldillos impregnados no presentó una diferencia significativa ( $t=1.253$ ,  $P=0.226$ ). El número de mosquitos colectados reposando dentro de los cuartos si fue significativamente menor en cuartos que tenían toldillos impregnados comparados con cuartos con toldillo sin impregnar ( $t=8.57$ ,  $P<0.001$ ).
- 2.2. Tasas de paridad. Se observó un patrón similar en las tasas de paridad bajo las dos situaciones: con y sin impregnación de toldillos ( $M-H \chi^2=1.24$ ,  $P=0.26$ ).
- 2.3. Tasas esporozoíticas. No se encontró una diferencia significativa en estas tasas cuando las veredas tenían o no impregnación de toldillos ( $\chi^2=0.21$ ,  $P=0.64$ ).
- 2.4. Duración del ciclo gonotrófico. Un total de 11489 hembras llenas de sangre se marcaron y liberaron en la localidad con toldillos impregnados y 9059 en la de toldillos sin impregnar. Se colectaron 39265 mosquitos para revisar si se encontraba alguno marcado. Se obtuvieron 148 recapturas, de las cuales 26 fueron recapturadas el día después de haber sido liberadas, sin haber pasado por un ciclo gonotrófico.

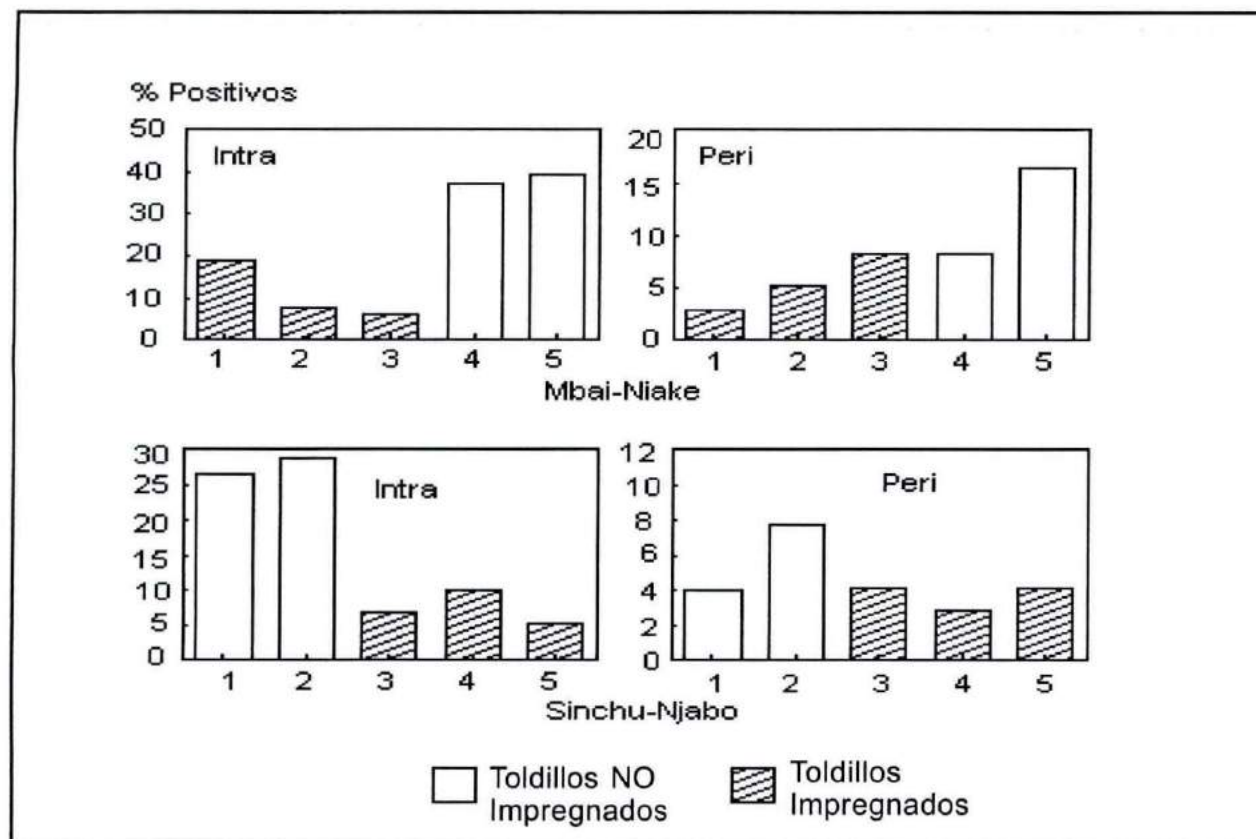
Las recapturas de hembras llenas de sangre permitieron obtener una indicación directa de la duración del ciclo gonotrófico, ya que las liberaciones se hicieron con hembras llenas de sangre. Las recapturas mostraron claramente una periodicidad de 2 días. Desafortunadamente se recapturaron pocos ejemplares en las veredas con toldillos impregnados, pero la mayoría fueron también recapturadas el día 2 después de liberadas.

## 3. Frecuencia de picadura en niños.

Se colectaron 4010 hembras en este estudio. En la figura 2 se muestra la proporción de hembras positivas para anticuerpos contra la rabia en presencia y ausencia de impregnación de toldillos. En las hembras colectadas en el intradomicilio se encontró reducción significativa asociada al uso de toldillos impregnados. La proporción de picaduras en niños pasó de 34.3% cuando los toldillos no estaban impregnados a 4.5% cuando si estaban impregnados, es decir, una reducción de 4.5 veces. En el extradomicilio se obtuvo también una reducción significativa en una vereda y en la otra, aunque las proporciones disminuyeron, la diferencia no fue significativa.



**Figura 1.** *Anopheles gambiae* s.l. en (+) Madina y (?) Jakoto (Gambia). Número de hembras colectadas en trampas de salida (A), reposando dentro de las viviendas (B) y paridad (C), en presencia de toldillos impregnados (T) y no impregnados (N). (Tomado de: Quiñones *et al.* 1998)



**Figura 2.** Proporción de hembras positivas para anticuerpos contra la rabia por ELISA, en presencia y ausencia de toldillos impregnados

## Discusión

### Efecto de mortalidad en masa

Los estudios realizados fueron consistentes en mostrar que la impregnación de toldillos no afectó la densidad de los vectores ni su longevidad, por lo tanto se concluye que en Gambia, el efecto de la impregnación de toldillos no es producir una "mortalidad en masa", contrario a lo encontrado en otros países con las mismas especies vectoras como fue en Tanzania (Magesa *et al.* 1991). La reducción significativa del número de mosquitos reposando intradomiciliariamente confirma el efecto de éxito-repelenza del insecticida.

La ausencia de este efecto se ha encontrado en Tailandia (Somboon *et al.* 1995) y ha sido explicado por el comportamiento exofágico, zoofilico y de actividad de picadura en las primeras horas de la noche del vector. Sin embargo, en Gambia el vector *An. gambiae* es endofágico, antropofilico, y con actividad de picadura muy tarde en la noche. Además es el mismo en países en donde si se ha observado el efecto de mortalidad en masa (ej: Tanzania, Zaire, Burkina Faso).

Con estos resultados surgen dos preguntas. Primera, cómo puede explicarse esta diferencia en efectos sobre poblaciones del mismo vector? y Segunda, cómo se explica entonces la protección adquirida por los niños con el uso de toldillos impregnados ?

## Posibles razones para la diferencia entre Gambia y otros países concerniente al "efecto de mortalidad en masa"

Una posibilidad es que el efecto se esté enmascarando por movimientos de mosquitos entre veredas con y sin impregnación, como fue propuesto por Lindsay *et al.* (1993). De hecho, los resultados de experimentos previos de marcaje, liberación y recaptura muestran que aproximadamente el 17% (95% Int. Conf. 11% - 26.7%) de mosquitos en una vereda había estado anteriormente en otra a 2 km de distancia (Thomson *et al.* 1995b). Sin embargo, si los mosquitos están "escapando" de las veredas tratadas, esto se debió haber visto en una disminución de la densidad, cosa que no se evidenció.

Una diferencia entre Gambia y Tanzania es el material de los toldillos. Mientras en Gambia la gente usa por tradición toldillos hechos en su mayoría en algodón, los ensayos que se han realizado en otros países Africanos han sido con toldillos de nylon. Los resultados de bioensayos mostraron una baja mortalidad de mosquitos con los toldillos de Gambia (Nagle *et al.* 1994).

Aunque no hay evidencia que muestre que hay resistencia de los vectores a la permetrina, cabe la posibilidad de que los mosquitos en Gambia sean más tolerantes que los de otros países africanos.

En conclusión, no son claras las razones del porqué en Gambia no se dio el efecto de mortalidad en masa sobre los vectores y la explicación más probable continúa siendo el movimiento de mosquitos entre veredas.

## Consecuencias de la ausencia del efecto de mortalidad en masa

La pregunta aquí es explicar como es entonces adquirida la protección contra malaria por los niños. La impregnación de toldillos pudo haber ocasionado otros cambios sobre las poblaciones de mosquitos:

Cambios en hábitos de picadura. Las tasas de picaduras en niños podría haber disminuido al disminuir la tasa de picadura intradomiciliar por la presencia de toldillos impregnados. Pero este no fué el caso en Gambia, donde se encontraron densidades similares, tanto dentro como fuera de las viviendas, picando a humanos.

Cambios en actividad de picadura. Un traslado del pico de actividad podría ser un efecto de los toldillos impregnados sobre las poblaciones de vectores. No se encontró indicación de que éste fuera el caso.

Cambios en la frecuencia de picadura. Las poblaciones de vectores, al encontrar la barrera del toldillo impregnado sobre la fuente de sangre, podrían, en vez de buscar fuentes alternativas de sangre, no alimentarse esa noche o esperar hasta la madrugada para hacerlo. En este caso el ciclo gonotrófico se alteraría. No se encontró evidencia de alteración de este ciclo, aunque esta posibilidad no se puede descartar del todo debido al bajo número de recapturas en las veredas no tratadas.

Cambios en el huésped - de humanos a animales. No se vio reducción en el Índice de Sangre Humana en hembras en reposo intradomiciliar en cuartos con toldillos impregnados. A pesar del bajo número de hembras encontradas, este resultado junto con evidencia previa (Lindsay *et al.* 1989, Thomson *et al.* 1995a) permiten rechazar la hipótesis de que los mosquitos que hubieran picado a los niños, se alimenten ahora de animales. Sin embargo, el Índice de Sangre Humana en mosquitos capturados en el intradomicilio no es una medida adecuada para conocer las tendencias de la población total (Garrett-Jones 1964). Es necesario incluir la población extradomiciliar para tener una apreciación no sesgada de la población.

Cambios en el hésped - de niños a adultos. En este estudio se obtuvo evidencia de reducción en las picaduras a niños, asociada a la presencia de toldillos impregnados. Estos resultados implican que un efecto de los toldillos impregnados sobre las poblaciones de vectores en Gambia es la desviación de picaduras de niños a adultos. Los niños generalmente se acuestan más temprano, quedando protegidos bajo los toldillos impregnados, mientras que los adultos permanecen fuera por un período mayor de tiempo. Este efecto podría explicar la protección a nivel epidemiológico de los niños sin que se evidencie una reducción en la densidad, longevidad o infectividad de la población de vectores de malaria.

### Implicaciones de la ausencia del efecto de mortalidad en masa

En evaluaciones epidemiológicas. La ausencia de este efecto implica que la protección conferida por los toldillos impregnados es protección personal más que protección a nivel comunitario. En situaciones similares de ausencia de este efecto, evaluaciones del impacto de esta medida de control se pueden hacer a nivel individual teniendo en cuenta el uso personal del toldillo impregnado, en vez de a nivel de veredas completas. Esto trae beneficios en cuanto a facilidad de lograr un adecuado tamaño de muestra para estas evaluaciones manteniendo el poder estadístico para encontrar una diferencia significativa.

Implicaciones operacionales. El conocimiento de si los toldillos impregnados actúan produciendo el efecto de "mortalidad en masa" de los vectores es importante para el diseño de implementaciones de esta medida de control. Si este efecto ocurre, como se esperaba con el uso del insecticida intradomiciliar DDT, los programas de control deben asegurarse de un mínimo de cobertura superior al 70% a nivel de veredas. Si por el contrario este efecto no se da, y sólo ocurre una protección individual, se pueden emplear diferentes estrategias en los programas de control, por ejemplo dirigiendo los esfuerzos a ciertos grupos bajo riesgo de enfermar o morir por malaria a que adquieran su toldillo personal y lo impregnen.

La ocurrencia de protección personal y ausencia del efecto de mortalidad en masa justifican el dirigir los programas de intervención a grupos más vulnerables como niños o mujeres embarazadas más que a toda la comunidad. Con esto es posible coordinar los esfuerzos con otras organizaciones que trabajen con los mismos grupos de población para facilitar el uso de toldillos impregnados.

Por otro lado, la ocurrencia de desviación de picaduras de niños a adultos o de personas que usan toldillo impregnado a personas que no los usan, merece evaluar ciertas consideraciones éticas en el desarrollo de las estrategias de implementación de los programas de control con esta medida.

### Referencias

- Alonso, P.L., S.W. Lindsay, J.R.M. Armstrong, M. Conteh, A.G. Hill, P.H. David, G. Fegan, A. de Francisco, A.J. Hall, F.C. Shenton, K. Cham, and B.M. Greenwood. 1991. The effect of insecticide-treated bed nets on mortality of Gambian children. *The Lancet*, 337:1499-1502.
- Alonso, P.L., S.W. Lindsay, J.R.M. Armstrong Schellenberg, K. Keita, P. Gomez, F.C. Shenton, A.G. Hill, P.H. David, G.Fegan, K. Cham and B.M. Greenwood. 1993. A malaria control trial using insecticide-treated bed nets and targeted chemoprophylaxis in a rural area of The Gambia, West Africa. 6. The impact of the intervention on mortality and morbidity from malaria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(supplement 2):37-44.



- Beach, R.F., T.K. Ruebush II, J.D. Sexton, P.L. Bright, A.W. Hightower, J.G. Breman, D.L. Mount and A.J. Oloo. 1993. Effectiveness of permethrin-impregnated bed nets and curtains for malaria control in a holoendemic area of Western Kenya. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 49(3):290-300.
- Bermejo, A. and H. Veeken. 1992. Insecticide-impregnated bed nets for malaria control: A review of the field trials. *Bulletin of the World Health Organization*, 70(3):293-296.
- Carnevale, P., V. Robert, C. Boudin, J.M. Halna, L. Pazart, P. Gazin, A. Richard and J. Mouchet. 1988. La lutte contre le paludisme par des moustiquaires impregnees de pyrethrinoides au Burkina Faso. *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique et de ses Filiales*, 81:832-846.
- Carnevale, P., P. Bitsindou, L. Diomande and V. Robert. 1992. Insecticide impregnation can restore the efficiency of torn bed nets and reduce man-vector contact in malaria endemic areas. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 86:362-364.
- Charlwood J.D. and P.M. Graves. 1987. The effect of permethrin-impregnated bednets on a population of *Anopheles farauti* in coastal Papua New Guinea. *Medical and Veterinary Entomology*, 1:319-327.
- Cheng, H., Y. Wen, K. Wuanmin and L. Chongyi. 1995. Large-scale spraying of bednets to control mosquito vectors and malaria in Sichuan, China. *Bulletin of the World Health Organization*, 73(3):321-328.
- Choi, H.W., J.G. Breman, S.M. Teutsch, S. Liu, A.W. Hightower and J.D. Sexton. 1995. The effectiveness of insecticide-impregnated bed nets in reducing clases of malaria infection: A meta analysis of published results. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 52(5):377-382.
- Coluzzi M., Sabatini A., Petrarca V. and Di Deco M.A. 1979. Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 73: 483-497.
- Coluzzi, M., V. Petrarca, M. A. Di Deco. 1985. Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*. *Bulletin of Zoology*, 52:45-63.
- Curtis, C.F., J.D. Lines, P. Carnevale, V. Robert, C. Boudin, J.M. Halna, L. Pazart, P. Gazin, A. Richard, J. Mouchet, J.D. Charlwood, P.M. Graves, M.I. Hossain, T. Kurihara, K. Ichimori, L. Zuzi, L. Baolin, G. Majori, G. Sabatinelli, M. Coluzzi, K.J. Njunwa, T.J. Wilkes, R.W. Snow, and S.W. Lindsay. 1991. Impregnated bed nets and curtains against malaria mosquitoes. In: *Control of Disease Vectors in the Community*, Ed. Curtis, C.F., Wolfe Ltd. pp233.
- Curtis, C.F., J. Myamba and T.J. Wilkes. 1992. Various pyrethroids on bednets and curtains. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87 (Suplemento 3):363-370.
- D'Alessandro, U., M.K. Aikins, P. Langerock, S. Bennett and B.M. Greenwood. 1994. Nationwide survey of bednet use in rural Gambia. *Bulletin of the World Health Organization*, 72(3):391-394.
- D'Alessandro, U., B.O. Olaleye, W. McGuire, M.C. Thomson, P. Langerock, S. Bennett and B.M. Greenwood. 1995a. A comparison of the efficacy of insecticide-treated and untreated bed nets in preventing malaria in Gambian children. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 89:596-598.
- D'Alessandro, U., B.O. Olaleye, W. McGuire, P. Langerock, S. Bennett, M.K. Aikins, M.C. Thomson, M.K. Cham, B.A. Cham and B.M. Greenwood. 1995b. Mortality and morbidity

- from malaria in Gambian children after introduction of an impregnated bednet programme. *The Lancet*, 345:479-483.
- Darriet, F., V. Robert, N. Tho Vien and P. Carnevale. 1984. Evaluation of the efficacy of permethrin-impregnated intact and perforated mosquito nets against vectors of malaria. WHO mimeographed document WHO/VBC/84.899.
- Garrett-Jones, C. 1964. The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assessment. *Bulletin of the World Health Organization*, 30:241-261.
- Graves, P.M., B.J. Bradin, J.D. Charlwood, T.R. Burkot, J.A. Cattani, M. Ginny, J. Paino, F.D. Gibson and M.P. Alpers. 1987. Reduction in incidence and prevalence of *Plasmodium falciparum* in under-5-year-old children by permethrin impregnation of mosquito nets. *Bulletin of the World Health Organization*, 65(6):869-877.
- Greenwood, B.M., A.K. Bradley, A.M. Greenwood, P. Byass, K. Jammeh, K. Marsh, S. Tulloch, F.S.J. Oldfield and R. Hayes. 1987. Mortality and morbidity from malaria among children in a rural area of The Gambia, West Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81:478-486.
- Greenwood, B.M., A.M. Greenwood, A.K. Bradley, R.J. Snow, P. Byass, R.W. Hayes and A.B.H. N'Jie. 1988. Comparison of two strategies for control of malaria within a primary health care programme in The Gambia. *The Lancet*, i:1121-1127.
- Henderson, R.H. 1991. Malaria and the World Health Organization. In: *Malaria waiting for the vaccine*. G.A.T. Targett. John Wiley y Sons Ltd.
- Hii, J.L.K., L. Kanai, A. Foligela, S.K.P. Kan, T.R. Burkot and R.A. Wirtz. 1993. Impact of permethrin-impregnated mosquito nets compared with DDT house-spraying against malaria transmission by *Anopheles farauti* and *An. punctulatus* in the Solomon Island. *Medical and Veterinary Entomology*, 7(4):333-338.
- Hii, J.L.K., M.H. Birley, L. Kanai, A. Foligeli and J. Wagner. 1995. Comparative effects of permethrin-impregnated bednets and DDT house spraying on survival rates and oviposition interval of *Anopheles farauti* No. 1 (Diptera: Culicidae) in Solomon Islands. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 89(5):521-529.
- Hill, N, N. Rogers and M. Looker. 1989. The effects of sublethal contact with permethrin on development of *Plasmodium* oocysts in the vector *Anopheles stephensi*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 83(3):425
- Hill, N. and L. Ranford-Cartwright. 1993. *Plasmodium falciparum* and *P. yoelii* oocyst development in *Anopheles* mosquitoes exposed to sublethal doses of insecticides. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 87:379.
- Jaenson, T.G.T., M.J. Gomes, R.C. Barreto dos Santos, V. Petrarca, D. Fortini, J. Evora and J. Crato. 1994. Control of endophagic *Anopheles* mosquitoes and human malaria in Guinea Bissau, West Africa by permethrin-treated bed nets. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 88:620-624.
- Jambulingam, P., K. Gunasekharan, S.S. Sahu, P.K. Hota, B.K. Tyagi and M. Kalyanasundaram. 1989. Effect of permethrin impregnated bednets in reducing population of malaria vector *Anopheles culicifacies* in a tribal village of Orissa state (India). *Indian Journal of Medical Research*, 89:48-51.

- Jana-Kara, B.R., W.A. Jihullah, B. Shahi, V. Dev, C.F. Curtis and V.P. Sharma. 1995. Deltamethrin impregnated bednets against *Anopheles minimus* transmitted malaria in Assam, India. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 98:73-83.
- Karch, S., B. Garin, N. Asidi, Z. Manzambi, J.J. Salaun and J. Moudhet. 1993. Moustiquaires impregnees contre le paludisme au Zaire. *Annales de la Societe Belge de Medecine Tropicale*, 73, 37-53.
- Kere, N.K. 1992. Permethrin impregnated bednets and DDT residual spraying, multicentre comparative trial in Solomon Islands. Ph.D. Thesis, University of London.
- Kere, N.K. 1993. The effect of permethrin impregnated bednets on the incidence of *Plasmodium falciparum*, in children of north Guadalcanal, Solomon Islands. *Southeast Asean Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 24(1):130-137
- Le Goff G.L., V. Robert, E. Fondjo and P. Carnevale. 1992. Efficacy of insecticide impregnated bed-nets to control malaria in a rural forested area in southern Cameroon. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87 (Suplemento 3):355-359.
- Li Zuzi, Z. Mancheng, W. Yuguang, Z. Binglin, L. Guangyu and H. Hui. 1989. Trial of deltamethrin impregnated bed nets for the control of malaria transmitted by *Anopheles sinensis* and *Anopheles anthropophagus*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 40(4):356-359.
- Lindsay, S.W., F.C. Shenton, R.W. Snow and B.M. Greenwood. 1989a. Responses of *Anopheles gambiae* complex mosquitoes to the use of untreated bednets in The Gambia. *Medical and Veterinary Entomology*, 3:253-262.
- Lindsay, S.W., R.W. Snow, G.L. Broomfield, M. Semega Janneh, R.A. Wirtz and B.M. Greenwood. 1989b. Impact of permethrin-treated bednets on malaria transmission by the *Anopheles gambiae* complex in The Gambia. *Medical and Veterinary Entomology*, 3:263-271
- Lindsay, S.W., J.H. Adiamah, J.E. Miller and J.R.M. Armstrong. 1991. Pyrethroid-treated bednet effects on mosquitoes of the *Anopheles gambiae* complex in The Gambia. *Medical and Veterinary Entomology*, 5:477-483.
- Lindsay, S.W., J.H. Adiamah and J.R.M. Armstrong. 1992. The effect of permethrin-impregnated bednets on house entry by mosquitoes (Diptera:Culicidae) in The Gambia. *Bulletin of Entomological Research*, 82:49-55.
- Lindsay, S.W., P.L. Alonso, J.R.M. Armstrong Schellenberg, K. Keita, P. Gomez, F.C. Shenton, M. Jawara and B.M. Greenwood. 1993. Impact of permethrin-impregnated bed nets on malaria vectors. A malaria control trial using insecticide-treated bed nets and targeted chemoprophylaxis in a rural area of The Gambia, West Africa. 7. Impact of permethrin-impregnated bed nets on malaria vectors. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(supplement 2):45-52.
- Lines, J.D., J. Myamba and C.F. Curtis. 1987. Experimental hut trials of permethrin-impregnated mosquito nets and eave curtains against malaria vectors in Tanzania. *Medical and Veterinary Entomology*, 1:37-51.
- Nagle, L. C. S. 1994. Experimental hut studies on the ability of bednets impregnated with permethrin to kill mosquitoes in The Gambia. M.Sc. project report. Department of Medical Parasitology, London School of Hygiene and Tropical Medicine. 54pp.

- Njau, R.J.A., F.W. Mosha and J.F.M. Nguma. 1993. Field trials of pyrethroid impregnated bednets in northern Tanzania. 1. Effect on malaria transmission. *Insecticide Science Applied*, 14(5/6):575-584.
- Magesa, S.M., T.J. Wilkes, A.E.P. Mnzava, K.J. Njunwa, J. Myamba, M.D.P. Kivuyo, N. Hill, J.D. Lines and C.F. Curtis. 1991. Trial of pyrethroid impregnated bednets in an area in Tanzania holoendemic for malaria. Part II. Effects on the malaria vector population. *Acta Tropica*, 49:97-108.
- Menon, A., R.W. Snow, P. Byass, B.M. Greenwood, R.J. Hayes and A.B. N'Jie. 1990. Sustained protection against mortality and morbidity from malaria in rural Gambian children by chemoprophylaxis given by village health workers. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 84(6):768-772.
- Onori, E., P.F. Beales and H.M. Gilles. 1993. Rationale and technique of malaria control. Chapter 10. In: Bruce-Chwatt's *Essential Malariology*. Third Edition. H.M. Gilles and D.A. Warrell Editors.
- Pleass, R.J., J.R.M. Armstrong, C.F. Curtis, M. Jawara and S.W. Lindsay. 1993. Comparison of permethrin treatments for bednets in The Gambia. *Bulletin of Entomological Research*, 83:133-140.
- Quiñones, M.L., Jo Lines, M.C. Thomson, M. Jawara, and B.M. Greenwood. 1998. Permethrin-treated bednets do not have a "mass-killing effect" on village populations of *Anopheles gambiae* s.l. in The Gambia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 92:373-378.
- Quiñones, M.L., Jo Lines, M.C. Thomson, M. Jawara, J. Morris and B.M. Greenwood. 1997. *Anopheles gambiae* gonotrophic cycle duration, biting and exiting behaviour unaffected by permethrin-impregnated bednets in The Gambia. *Medical and Veterinary Entomology*, 11:71-78.
- Richards Jr, F.O., R.E. Klein, R. Zea Flores, S. Weller, M. Gatica, R. Zeissig and J. Sexton. 1993. Permethrin-impregnated bed nets for malaria control in northern Guatemala: Epidemiological impact and community acceptance. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 49(4):410-418.
- Robert, V. and P. Carnevale. 1991. Influence of Deltamethrin treatment of bed nets on malaria transmission in the Kou valley, Burkina Faso. *Bulletin of the World Health Organization*, 69(6):735-740.
- Rozendaal, J.A. 1989. Impregnated mosquito nets and curtains for self-protection and vector control. *Tropical Diseases Bulletin*, (supplement) 86:1-41.
- Rozendaal, J.A., J. Voorham, J.P.M. Van Hoof and B.F.J. Oostburg. 1989. Efficacy of mosquito nets treated with permethrin in Suriname. *Medical and Veterinary Entomology*, 3:353-365.
- Rozendaal, J.A. and C.F. Curtis. 1989. Recent research on impregnated mosquito nets. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 5(4):500-507.
- Samarawickrema, W.A., A.D. Parkinson, N. Kere and O. Galo. 1992. Seasonal abundance and biting behaviour of *Anopheles punctulatus* and *An. koliensis* in Malaita Province, Solomon Island, and a trial of permethrin impregnated bednets against malaria transmission. *Medical and Veterinary Entomology*, 6:371-378.

- Snow, R.W., K.M. Rowan and B.M. Greenwood. 1987a. A trial of permethrin-treated bed nets in the prevention of malaria in Gambian children. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81:563-567.
- Snow, R.W., Jawara M. and C.F. Curtis. 1987b. Observations on *Anopheles gambiae* s.l. (Diptera:Culicidae) during a trial of permethrin-treated bed nets in The Gambia. *Bulletin of Entomological Research*, 77:279-286.
- Snow, R.W., K.M. Rowan, S.W. Lindsay and B.M. Greenwood. 1988a. A trial of bed nets (mosquito nets) as a malaria control strategy in a rural area of The Gambia, West Africa. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 82:212-215.
- Snow, R.W., S.W. Lindsay, R.J. Hayes and B.M. Greenwood. 1988b. Permethrin-treated bed nets (mosquito nets) prevent malaria in Gambian children. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 82:838-842.
- Somboon, P. 1993. Forest malaria vectors in northwest Thailand and a trial of control with pyrethroid-treated bednets. Ph.D. Thesis, University of London 249pp.
- Somboon, P., J. Lines, A. Aramrattana, U. Chitprarop, S. Prajakwong and C. Khamboonruang. 1995. Entomological evaluation of community-wide use of lambda-cyhalothrin-impregnated bed nets against malaria in a border area of north-west Thailand. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 89:248-254.
- Thomson, M.C., J.H. Adiamah, S.J. Connor, M. Jawara, S. Bennett, U. D'Alessandro, M. Quinones, P. Langerock and B.M. Greenwood. 1995a. Entomological evaluation of the Gambia's National Impregnated Bednet Programme. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 89(3):229-242.
- Thomson, M.C., S. Connor, M. L. Quinones, M. Jawara, J. Todd and B. M. Greenwood. 1995b. Measuring movement of the malaria vector *Anopheles gambiae* s.l. between villages in The Gambia. *Medical and Veterinary Entomology*, 9(4):413-419.
- Vythilingam, I., L.C. Foo, G.L. Chiang, S.T. Chan, K.L. Eng, S. Mahadevan, J.W. Mak and K. Inder Singh. 1995. The impact of permethrin impregnated bednets on the malaria vector *Anopheles maculatus* (Diptera:Culicidae) in aboriginal villages of Pos Betau Pahang, Malaysia. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 26(2):354-358.
- WHO Technical Report Series 857. 1995. Vector control for malaria and other mosquito-borne diseases. World Health Organization. Geneva. 94pp.
- Wirtz, R.A., Burkot, T.R., Graves, P.M. and R.G. Andre. 1987. Field evaluation of enzyme-linked immunosorbent assays for *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* sporozoites in mosquitoes, (Diptera:Culicidae) from Papua New Guinea. *Journal of Medical Entomology*, 24:433-437.
- Zoulani, A., P. Carnevale and L. Penchenier. 1994. Influence des moustiquaires impregnees de deltamethrine sur le cycle d'agressivite d'*Anopheles gambiae* a Djoumouna, Congo. *Annales de la Societe Belge de Medecine Tropicale*, 74:83-91.

## UTILIZACIÓN DEL ADN MITOCONDRIAL PARA ESTUDIAR INSECTOS DE IMPORTANCIA MÉDICA: COMPLEJOS *Lutzomyia longipalpis* (DIPTERA PSYCHODIDAE) Y *Anopheles punctipennis* (DIPTERA: CULICIDAE)

**Sandra Uribe S. M. Sc.**

Candidata doctorado PECET, Universidad de Antioquia-CDC  
Profesor Entomología Universidad Nacional

Los insectos vectores de enfermedades tropicales como leishmaniasis, malaria y oncocercosis constituyen elementos clave en los ciclos de transmisión como focalizadores y componentes vulnerables para interrumpir la transmisión; por lo tanto, han sido objeto de numerosos estudios entre los cuales la identificación taxonómica como base fundamental para su conocimiento, ha alcanzado gran desarrollo. Esta identificación ha facilitado el estudio posterior de las relaciones evolutivas y filogenéticas y el entendimiento de sus relaciones con el medio.

La utilización de caracteres moleculares además de los morfológicos en la identificación de especies de importancia médica, permite no solo resolver problemas como la existencia de complejos de especies, si no traspasar los límites de la identificación taxonómica para explorar las relaciones evolutivas, formular hipótesis filogenéticas, complementar y/o validar las establecidas previamente con base en criterios morfológicos e incluso entender patrones de endemismo y especiación.

En la actualidad se llevan a cabo numerosas investigaciones que pretenden implementar la utilización de secuencias de ADN como herramienta para entender las relaciones entre poblaciones y/o especies de importancia médica; haremos énfasis en los complejos de *Anopheles punctipennis* y *Lutzomyia longipalpis* vectores potenciales de malaria y leishmaniasis respectivamente, como grupos en los cuales empiezan a implementarse tales estudios en Colombia.

### **Estudio e Identificación de Especies que conforman Complejos de Insectos de Importancia Médica: Técnicas Utilizadas**

Identificar las especies que conforman un complejo de insectos de importancia médica, es necesario por razones como las diferencias que pueden exhibir en su comportamiento y que se reflejan en la dinámica de su papel como transmisores de enfermedades. Adicionalmente, permite validar los conceptos de especies biológicas y morfológicas y entender procesos de especiación (Hill y Crampton 1994). Los complejos de especies de importancia médica mejor estudiados incluyen los mosquitos vectores de malaria, filariasis y arbovirus, así como los simúlidos (Hill y Crampton 1994). Muchas especies de mosquitos son miembros de complejos como el de *Anopheles gambiae* (Besansky *et al.* 1997) y *Anopheles maculipennis* (Kettle 1984).

El método definitivo para la identificación de especies isomórficas es la realización de experimentos de cruce y la determinación de compatibilidad entre colonias de laboratorio; sin embargo, las especies individuales no pueden identificarse simplemente por cruces infértiles y comúnmente las características de la progenie son diagnósticas (Futuyma 1998). Aunque este método es laborioso y requiere tiempo, ha permitido el descubrimiento de numerosos complejos de especies en anofelinos y otros insectos de importancia médica. La dificultad de criar y mantener colonias de algunas especies y las altas proporciones de inviabilidad natural, así como los efectos del proceso de colonización representan grandes desventajas (Hill y Crampton 1994 y Munsterman *et al.* 1998).

Muchas características como el tamaño y el esculpido coriónico de los huevos, bandeo de pectina y palpos maxilares han sido útiles para diferenciar complejos en anofelinos y

flebotomíneos (Hill y Crampton 1994). Adicionalmente, se han utilizado pruebas que intentan diferenciar las especies de mosquitos sobre la base de la tolerancia a la salinidad en larvas (Hill y Crampton 1994).

Factores bioquímicos como los pigmentos de los ojos analizados por cromatografía han permitido observar algunas diferencias entre miembros de complejos como el de *Anopheles gambiae* pero no establecer patrones diagnósticos de especie (Hill y Crampton 1994).

La técnica de isoenzimas es sin duda la única técnica utilizada de rutina en algunos laboratorios para la identificación de insectos mediante el análisis de las diferencias en un número determinado de enzimas. Gracias a esta técnica no solo se ha avanzado en la identificación de complejos de especies sino también en la genética de poblaciones de insectos vectores de enfermedades. Como desventajas se señalan el consumo relativamente alto en tiempo, equipo y materiales además de los resultados anómalos obtenidos para algunos ejemplares y la necesidad de preservar los especímenes en nitrógeno líquido, por la labilidad de las enzimas con los cuales se desarrolla la técnica (Hill y Crampton 1994, Ferro *et al.* 1995, Lanzaro y Warburg 1995, Dujardin *et al.* 1997).

Los hidrocarbonos cuticulares e internos se han utilizado frecuentemente pero se desconoce las bases moleculares de esta técnica para estudiarlos y el hecho de que se requiera equipos sofisticados disminuye su utilización en estudios de identificación (Hill y Crampton 1994).

El bandeo de cromosomas se ha usado ampliamente, en especial el de cromosomas politénicos gracias a los cuales se han obtenido diferencias diagnósticas entre especies morfológicamente iguales (Kettle 1984, Besansky *et al.* 1995). La principal desventaja de este método es que la identificación es restringida a larvas de cuarto instar o adultos alimentados y se requiere gran habilidad para obtener buenas preparaciones; además, el número de especímenes que pueden identificarse en el tiempo es también limitado (Quicke 1993).

En el caso particular de complejos como el de *Anopheles gambiae* se ha obtenido algún éxito al utilizar colorantes específicos para teñir regiones ricas en adenina – timina, detectando la posición de bloques de heterocromatina en cromosomas mitóticos; la variación encontrada a nivel intraespecífico reduce grandemente el potencial de esta técnica para la identificación de rutina (Hill y Crampton 1994).

Recientemente, gracias a tecnologías como la reacción de la polimerasa en cadena PCR, se han obtenido avances significativos en la identificación de especies que conforman complejos en insectos de importancia médica (Porter y Collins 1990, Besansky y Fahey 1997).

La amplificación al azar de fragmentos polimórficos de ADN mediante PCR (RAPD-PCR) resulta en la obtención de una serie de fragmentos que varían en longitud y que pueden ser fácilmente separados y analizados por electroforesis en geles de agarosa. Las bandas obtenidas por esta técnica exhiben un alto grado de polimorfismo entre sí, que permite generar marcadores especie-específicos. Gracias a esta metodología se han detectado variaciones en los complejos de *Anopheles gambiae* y algunos flebotomíneos vectores de *Leishmania* (Lanzaro y Warburg 1995).

La utilización de enzimas de restricción las cuales cortan el ADN en sitios específicos y la obtención directa de secuencias de genes determinados han permitido igualmente generar patrones específicos de especie tanto en mosquitos como en flebotomíneos (Beard *et al.* 1993, Simon *et al.* 1994).

## Obtención directa de secuencias de ADN una alternativa reciente

Mediante la utilización de técnicas de biología molecular y en particular del análisis de secuencias de ADN mitocondrial y nuclear se han obtenido avances significativos en la taxonomía, filogenética y evolución de muchos insectos de importancia médica. Se ha señalado que algunas ventajas de el ADN como elección frente a otros caracteres taxonómicos garantizan su éxito como herramienta en sistemática molecular; éstas ventajas incluyen mediciones sobre el genotipo más que sobre el fenotipo, selección de una o más secuencias de diferentes regiones con base en modelos evolutivos y de herencia y la preparación y obtención de muestras a partir de pequeñas cantidades de tejido, lo cual permite incluir especímenes muy pequeños facilitando además el estudio de insectos de museos o partes de estos, los cuales proporcionan valiosa información sistemática y filogenética (Quicke 1993, Simon *et al.* 1994).

La popularidad del uso de secuencias de ADN mitocondrial en estudios de sistemática y filogenética y en este caso particular de insectos, se debe a una combinación de herencia materna de este ADN, altas tasas de mutación y sustituciones de bases nucleotídicas, junto con la relativa facilidad con la cual puede ser aislado y analizado (Quicke 1993, Stevens y Wall 1996).

Las principales aplicaciones de la sistemática molecular en insectos de importancia médica incluyen estudios de estructura de poblaciones, identificación de límites entre especies y estructuración de filogenias y dependiendo de cada una de ellas se establecen los marcadores genéticos y el programa de muestreo para obtener los datos (Simon *et al.* 1994).

En cuanto a la genética de poblaciones se ha encontrado que genes heredados uniparentalmente como los que conforman el ADN mitocondrial muestran menos variación dentro de poblaciones y más entre poblaciones en comparación con aquellos heredados biparentalmente como los autosomales nucleares. Así mismo, para definir especies bajo el concepto filogenético, se han señalado muchas ventajas de genes no recombinantes como el ADN mitocondrial (Quicke 1993, Simon *et al.* 1994).

Antes de que los métodos de ADN mitocondrial fueran introducidos en los estudios de poblaciones de insectos la mayoría de los genéticos de poblaciones asumieron la evolución intraespecífica como un proceso de cambio en las frecuencias alélicas. No obstante, con el conocimiento de que la extensiva variación intraespecífica en el genoma mitocondrial permite analizar los eventos de mutación y conocer la historia de las líneas femeninas a través de las cuales se ha transmitido este ADN fue incorporado para estimar filogenias dentro y entre especies estrechamente relacionadas y hacer inferencias en relación con la demografía histórica de poblaciones de insectos (Simon *et al.* 1994).

Dado que las ramificaciones en una filogenia intraespecífica construida con base en ADN mitocondrial muestran una fuerte orientación geográfica, la filogeografía ha sido una de las mayores aplicaciones del estudio de ADN mitocondrial (Quicke 1993).

Secuencias de ADN mitocondrial se han empezado a utilizar como herramientas en sistemática molecular para estudiar insectos vectores de enfermedades como *Anopheles gambiae* (Beard *et al.* 1993), *Anopheles quadrimaculatus* (Porter y Collins 1990), *Simulium vittatum* (Liu y Beckenbach 1992), *Phlebotomus sp* (Esseghir *et al.* 1997), *Lutzomyia evansi* (Lerma 1996), *Aedes albopictus* (Hau, Chen y Dubin 1984) y en Triatomas (García y Powell 1998)

### Características del ADN Mitocondrial

La genética del ADN mitocondrial difiere de la de los genes nucleares en aspectos cruciales incluyendo el código genético; este ADN se encuentra localizado en la matriz de la mitocondria



y está unido a la membrana interna mitocondrial heredándose en un 99.99% de la madre en animales y exclusivamente de esta en plantas (Lodish *et al.* 1995).

Este modelo de herencia tiene un fuerte efecto sobre la dinámica de la variación genética entre especies y sobre la inferencia que puede derivarse a partir de regiones específicas, ya que el hecho de que el ADN sea heredado de forma materna trae como consecuencia que los cambios observados se deban a mutaciones y no a recombinación (Quicke 1993, Simon *et al.* 1994).

Aunque las moléculas de ADN mitocondrial no son exactamente pequeñas, si son fácilmente manejables y por su relativa fácil extracción y purificación, estas constituyen una de las piezas del genoma eucariótico mejor estudiadas en organismos incluyendo el hombre, el ratón y algunos insectos (Lodish *et al.* 1995).

En animales la molécula circular de doble cadena del ADN mitocondrial, comprende aproximadamente 16.000 pares de bases (Lodish *et al.* 1995); de forma similar en insectos esta molécula que ha sido secuenciada completamente en *Drosophila yakuba*, *Apis mellifera*, *Locusta migratoria*, *Anopheles quadrimaculatus* y *Anopheles gambiae*, presenta un tamaño entre 15.000 y 19.000 pares de bases (Beard *et al.* 1993).

Como en la mayoría de los taxa animales la mitocondria de insectos posee 2 ARNs ribosomales (rARN), 22 genes de transferencia (tARN), 13 genes que codifican para proteínas y una región de control rica en A-T (Beard *et al.* 1993, Simon *et al.* 1994).

Aunque en mamíferos la evolución del ADN mitocondrial es muy rápida con acumulación de las mutaciones cinco veces más rápido que en genes nucleares, en insectos las tasas de cambio son mucho más similares (Simon *et al.* 1994).

Los genomas mitocondriales de insectos en general tienen altos contenidos de A-T con valores entre 78.6% (*D. yakuba*) (Clary y Wolstenholme 1985) y 84.9% (*Apis mellifera*) (Crozier y Crozier 1992, Downton y Austin 1994). Algunos investigadores sugieren que el aumento en los contenidos de A-T en genes mitocondriales de insectos está relacionado con aspectos estructurales y funcionales que determinan límites en las cantidades de estos dos nucleótidos como resultado de presiones de selección que generan adaptaciones para mantener estas condiciones (Simon *et al.* 1994).

Debido a los altos contenidos de A+T en el ADN mitocondrial el uso de estas secuencias puede restringirse ya que por esta razón las comparaciones son más útiles entre organismos más estrechamente relacionados y menos entre aquellos relacionados de forma distante para los cuales el énfasis debe realizarse más que en las secuencias, en el orden de los genes particularmente tARN (Beard *et al.* 1993).

La utilización de los genes mitocondriales en insectos de importancia médica se ha implementado en estudios que pretenden desde la reconstrucción filogenética a niveles profundos de divergencia, hasta la validación de filogenias construidas con base en taxonomía clásica, la diferenciación de especies isomórficas y complejos de especies y el conocimiento del genoma con el ánimo de realizar actividades de control genético así como la identificación de especies en entomología forense.

### **ADN Mitocondrial para Estudiar el Complejo *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) Vectores de Leishmaniasis Visceral**

Los insectos potencialmente transmisores de parásitos que causan en el hombre leishmaniasis, bartonelosis y diversas enfermedades arbovirales pertenecen al orden Diptera, familia

Psychodidae. La mayoría de los estudios que involucran estos insectos están relacionados con la leishmaniasis que corresponde a una enfermedad causada por parásitos tripanosomátidos (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) del género *Leishmania* (Lainson 1986).

La familia Psychodidae esta dividida en dos, cuatro o más subfamilias de acuerdo con el autor (Lewis *et al.* 1977, Kettle 1984). Las dos subfamilias que contienen hembras hematófagas son Sycoracinae y Phlebotominae; en la Phlebotominae los géneros *Phlebotomus* (viejo mundo) y *Lutzomyia* (nuevo mundo) son los responsables de la transmisión (Kettle 1984, Young y Duncan 1994).

Muchos de los estudios recientes en el género *Lutzomyia* se realizan con el ánimo de diferenciar complejos de especies, definidas como especies morfológicamente similares -si no idénticas- pero reproductivamente aisladas (Futuyma 1998), las cuales pueden diferir en su habilidad para actuar como vectores de leishmaniasis (Lanzaro y Warburg 1995).

Se han descrito más de 800 morfoespecies en la subfamilia Phlebotominae muchas de las cuales están incluidas en el género *Lutzomyia* (Booth *et al.* 1994). Existen pocos estudios de genética de poblaciones en la subfamilia y menos aún en el género *Lutzomyia*. Algunos ejemplos incluyen la descripción de la variabilidad genética entre poblaciones de especies que poseen un amplio rango en su distribución geográfica como *Lutzomyia longipalpis* que ha sido propuesta como un complejo de especies (Lanzaro y Warburg 1995, Dujardin *et al.* 1997, Mutebi *et al.* 1998).

Las especies del supuesto complejo *longipalpis* constituyen uno de los grupos cuya presencia podría generar importantes implicaciones en la transmisión de la enfermedad pero cuyos límites, distribución y participación definitiva en la transmisión están aún por definir (Lane y Ward 1984, Lanzaro *et al.* 1993, Lanzaro y Warburg 1995, Hamilton *et al.* 1996, Mutebi *et al.* 1998).

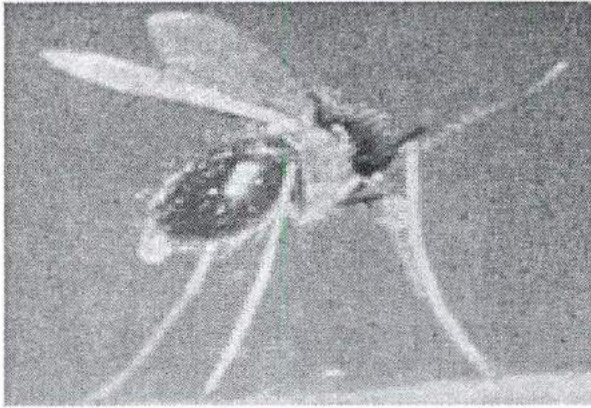
Recientemente, la variabilidad en las manifestaciones clínicas de la leishmaniasis se ha correlacionado con la variabilidad genética en las especies del vector, proponiéndose que las diferencias en las presentaciones clínicas de la leishmaniasis causada por *Leishmania chagasi* en Centro y Sur América, podrían deberse a diferencias en la composición de la saliva de los insectos transmisores que conforman el complejo *-longipalpis-* cuyas especies podrían estar modulando la patología de la enfermedad (Lanzaro y Warburg 1995, Mutebi *et al.* 1998).

Con base en la utilización de caracteres moleculares y en particular de secuencias de ADN mitocondrial se probó la hipótesis de la existencia del complejo *Lutzomyia longipalpis*. El objetivo de este trabajo por consiguiente fue estudiar las relaciones filogenéticas y evolutivas entre poblaciones geográficamente separadas con base en secuencias de ADN y estudiar la estructura de las poblaciones provenientes de países de Centro y sur América para determinar si existe un simple polimorfismo en las poblaciones debido a su amplio rango geográfico, o si este corresponde a un proceso de especiación.

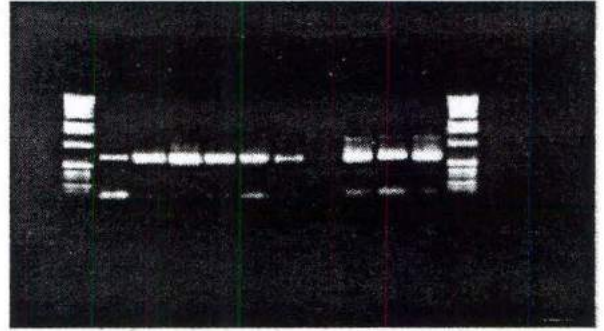
Para ello se realizó un estudio piloto cuyos objetivos fueron la búsqueda de métodos de extracción y amplificación de ADN, diseño de oligonucleótidos (cebadores) adecuados para la amplificación de diferentes genes y comparaciones preliminares para determinar la utilidad de estos para definir las relaciones entre las diferentes poblaciones de *Lutzomyia longipalpis*.

El siguiente constituye el esquema general de la metodología que se utilizó para obtener las secuencias a partir de los especímenes y del trabajo realizado con ellas. Se amplificaron y secuenciaron los genes ND4 (NADH deshidrogenasa 4) y unidad larga ribosomal mitocondriales.

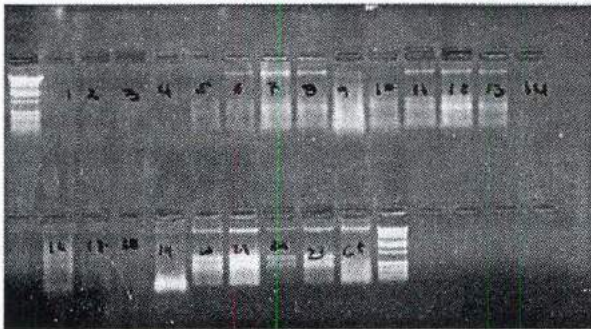
Los análisis fueron realizados con el fragmento 3' del gen ND4 que presentó variación suficiente para el estudio con base en las secuencias.



1.



4. Gel de agarosa al 1% verificando la Purificación de ADN



2. Gel de agarosa al 1% verificando la extracción de ADN

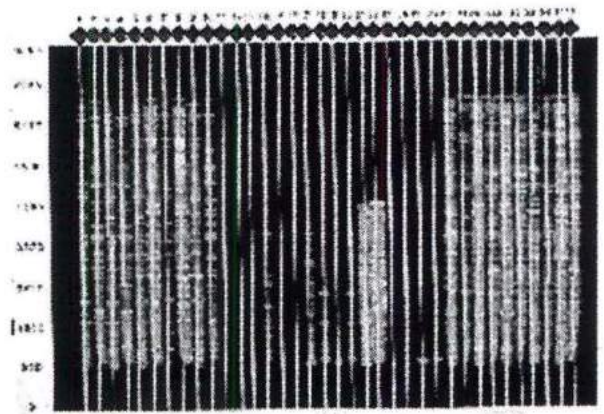
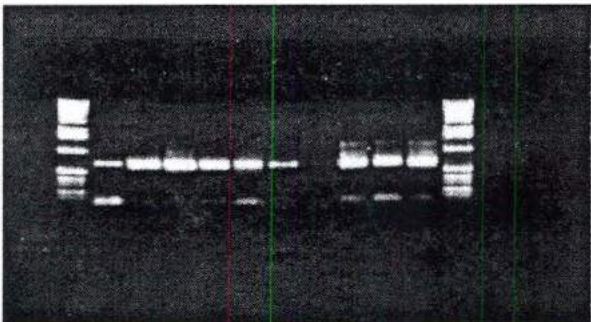


Figura 5. Obtención de secuencias mediante secuenciador automático con fluorescencia. (ABI) Gel de secuencia de 36 carriles observe los altos contenidos en A-T (colores amarillo y verde)



3. Gel de agarosa de al 1% verificando la Amplificación de ADN

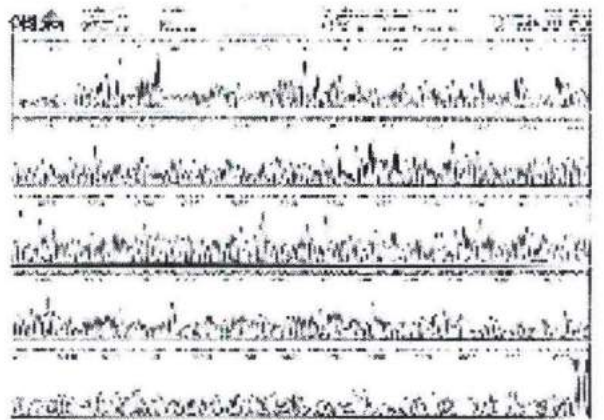


Figura 6. Comparación de las dos cadenas de ADN de los genes secuenciados para verificar la identidad de las secuencias

```

AAATTTGGC TTTGGCACA AATTGGGCATT
AAATTTGGC TTTGGCACA AATTGGGCATT
AAATTTGGC TTTGGCACA AATTGGGCATT

```

Figura 7. Edición de las secuencias Sequencing Navigator

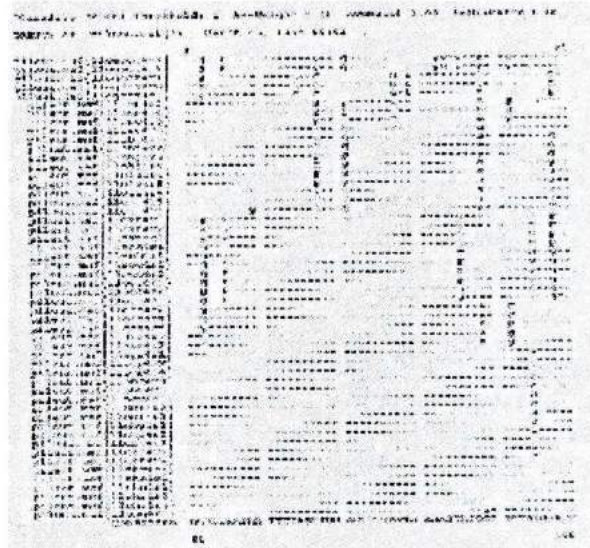


Figura 8. Alineamiento múltiple de las secuencias

## Resultados y análisis

El fragmento amplificado del gen ND4 fue de 647 bases de longitud, el cual es un aminoácido más corto que el reportado para *Drosophila yacuba* y *Anopheles gambiae* (Beard *et al.* 1993). Se utilizaron 618 posiciones encontrándose 28 haplotipos únicos para *Lutzomyia longipalpis* y la especie utilizada para la comparación que fue *Lu. gomezi* la cual se encuentra ubicada en el mismo subgénero (Young y Duncan 1994).

Los haplotipos representan 14 poblaciones geográficas de Colombia, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Honduras y Guatemala.

De las 618 bases 149 (24.1%) fueron variables y de ellas 90 fueron parsimoniosamente informativas.

La composición en términos de nucleótidos de las secuencias fue:

A=30-34%, T=40-41%, G=19-20% y C=8.5-10%.

El alto contenido de A+T es similar al observado en genes mitocondriales que codifican para proteínas en otros Diptera como el COII (Simon *et al.* 1994). Los porcentajes de adenina y timina fueron especialmente altos en las terceras posiciones donde alcanzaron un porcentaje de 89.9%.

El número de sustituciones nucleotídicas aparece altamente correlacionado con la distancia geográfica, encontrándose diferencias de entre 1 y 7 nucleótidos para las poblaciones más cercanas como las de Brasil (entre sí) las diferentes localidades de Colombia y los países de Centro América. Al aumentar las distancias geográficas el número de sustituciones aumenta como se observa al comparar las poblaciones de Brasil con Colombia y las de Centro con las de Sur América.

Como un hecho especial aparece la población de Girón Santander, diferente a las otras poblaciones de Colombia y los demás sitios muestreados en Colombia y Sur América, este aspecto fue confirmado cuando se realizó el análisis filogenético; al parecer las condiciones geográficas muy especiales de este lugar, han propiciado un aislamiento excepcional de esta

población respecto a otras colombianas como las de Neiva y Cundinamarca lo cual se refleja en las diferencias genéticas.

El flujo genético entre las diferentes poblaciones fue evaluado sobre la base del parámetro FST como una medida de la estructuración de las poblaciones el cual estima la subdivisión de la mismas y Nm que estima el flujo genético. Los valores mas altos de FST y los más bajos de Nm observados entre cada región geográfica sugieren que no hay flujo genético entre las poblaciones (Avice 1991) y los datos no soportan el modelo de "stepping tone" de flujo genético, en el cual el intercambio genético ocurre entre poblaciones adyacentes.

En los cladogramas se observan cuatro grupos bien definidos: Brasil (con diferenciación entre Sobral Ceará y las poblaciones Minas Gerais y Jacobena), Colombia y Venezuela (con una diferenciación clara entre éstas), Santander (como un grupo muy diferente de las demás de Colombia) y el grupo Centro Americano (incluyendo Honduras, Guatemala y Costa Rica) Las relaciones observadas después de realizar la aleatorización "bootstrap" señalan confiabilidad para las agrupaciones. Los resultados coinciden con la variabilidad detectada en Brasil mediante la producción de feromonas sexuales pero no por isoenzimas.

Debido a la limitada capacidad de dispersión y a la distribución pegajosa de *Lutzomyia longipalpis*, la distancia entre las poblaciones podría ser un factor que explica los resultados del presente estudio. Al usar el modelo de aislamiento por distancia para cuantificar el efecto de la distancia en la diferenciación de las poblaciones, se observa que éste fue excepcionalmente grande y altamente significativo ( $p$  menor 0.001 test de Mantel) a pesar del tamaño pequeño de las muestras (entre población), lo cual podría disminuir el poder de la prueba.

Por la distribución de los puntos a lo largo de la línea de regresión se observa que el efecto no es el resultado de uno o dos pares de poblaciones si no reflejado por todas ellas.

El aspecto más interesante de los resultados es que la distancia parece restringir el flujo genético entre las poblaciones a niveles en los cuales ellas están completamente aisladas las unas de las otras, mas aún, los valores de Fst mayores que 0.33 (equivalentes a  $Nm=1$  en un genoma haploide heredado de forma materna) son esperados aún a distancias de 100 a 200 km. Este patrón es muy particular el cual no se espera que ocurra con frecuencia bajo condiciones normales.

Los resultados y análisis con base en el gen ND4 mitocondrial para *Lutzomyia longipalpis* están de acuerdo con algunas hipótesis previamente formuladas indicando que *Lu. longipalpis* es en realidad un complejo de especies diferentes y que la deriva y no la selección genética aparece como responsable de las diferencias observadas.

Las poblaciones centro y suramericanas son muy diferentes entre sí, algo de esperar dado el efecto de aislamiento por distancia en estas moscas de poco vuelo en relación con barreras evidentes como el sistema montañoso andino y la formación del istmo de Panamá 3 millones de años atrás.

Según sugieren los datos, las poblaciones Centro Americanas son genéticamente similares, esto esta de acuerdo con los resultados encontrados por Mutebi *et al.* (1998) los cuales sugieren que no existe mas de una especie en Centro América restando importancia a la idea de que la composición de la saliva de las diferentes especies presentes en Centro América modulan la presencia de leishmaniasis cutánea atípica y visceral.

Como se mencionó previamente factores de la virulencia en el parásito y de respuesta inmune en los pacientes, pueden tener una mayor influencia en las variaciones clínicas de la enfermedad.

En cuanto a *Lu. longipalpis* de Sur América existe variabilidad entre diferentes sitios de Brasil siendo la población de Sobral Ceará la más divergente, un aspecto observado con mucha anterioridad por Manegabera (1969) y Ward *et al.* (1983).

Las excepcionales diferencias encontradas en los especímenes procedentes de la zona de Girón, Santander pueden explicarse por un aislamiento geográfico y condiciones climatológicas especiales las cuales en conjunto permitieron el aislamiento de esta población.

Algunos resultados como los encontrados en el estudio de poblaciones de *Lu. longipalpis* Colombianas del callejón con distancias entre 12 y 25 Km, señalando altos niveles de flujo genético y poca subestructuración concuerdan sin embargo con el presente estudio, en que la diversidad genética aumenta con la distancia geográfica (Munsterman *et al.* 1998)

Algunos datos electroforéticos para poblaciones Colombianas de *Lu. longipalpis* separadas 460 Km. aparte fueron igualmente divergentes. No obstante estos hallazgos, para especies como *Lu. evansi* algunos autores sugieren que las diferencias regionales debidas a aislamientos geográficos pueden no constituir diferencias diagnósticas de un taxón (Lerma 1996; Dujardin *et al.* 1997; Mukhodhyay *et al.* 1997).

Dadas las discrepancias encontradas en los datos isoenzimáticos y de producción de feromonas en el estudio del complejo *Lu. longipalpis*, la utilización y análisis de secuencias de ADN de genes mitocondriales y otros como los nucleares se considera que podría ser de gran utilidad en el estudio de este complejo. Sin embargo, el desarrollo de las técnicas moleculares como la obtención directa de secuencias a partir de flebotomíneos es reciente, costoso y requiere ser exhaustivamente analizado y confirmado con secuencias de otros genes antes de que pueda ser concluyente

### **ADN Mitocondrial para Estudiar el Complejo *Anopheles punctipennis* (Diptera: Psychodidae) Vectores de Malaria:**

La malaria es una de las enfermedades más importantes en el trópico por el carácter potencialmente letal de las especies del parásito protozoo del género *Plasmodium*, causando aproximadamente un millón de muertes por año (Kettle 1984).

La identificación taxonómica de las especies de mosquitos implicadas en la transmisión de la malaria, se ha considerado un paso fundamental para el control de estos insectos como estrategia en la interrupción del ciclo de la enfermedad (Kettle 1984, Hill y Crampton 1994).

La identificación taxonómica y los estudios epidemiológicos se han visto limitados por la dificultad en la separación de especies morfológicamente iguales de mosquitos que conforman numerosos complejos de especies y que poseen comportamientos diferentes que determinan su distribución y eficiencia como vectores (Hill y Crampton 1994, Porter y Collins 1990, Besanky y Fahey 1997).

Algunas especies europeas y de distribución neártica se han estudiado extensivamente con base en el uso de secuencias de ADN especialmente para realizar la identificación de complejos de especies y estudiar las relaciones filogenéticas y evolutivas (Besansky *et al.* 1997, Porter y Collins 1990, Beard *et al.* 1993)

Las relaciones del complejo *Anopheles maculipennis* se han estudiado con base en características morfológicas y algunas moleculares. En el caso del componente Neártico estas no han sido bien resueltas con base en la región D2 de DNA ribosomal nuclear.

La hipótesis de este estudio es que el ADN mitocondrial permite resolver las relaciones evolutivas entre las especies del componente Neártico del grupo *maculipennis*. Por lo tanto, el principal objetivo fue evaluar las relaciones evolutivas del complejo *Anopheles maculipennis* (componente Neártico) con base en análisis de las secuencias del ADN mitocondrial, por lo cual los objetivos iniciales fueron extraer, amplificar y secuenciar el gen ND4 a partir de especímenes de *Anopheles maculipennis* y otras especies con distribución Neártica.

El análisis de las secuencias obtenidas a partir de este grupo se lleva a cabo en la actualidad por lo cual no se hará énfasis particular al respecto, sin embargo, se han realizado alineamientos preliminares de las secuencias completas del gen ND4 para especímenes del componente neártico *Anopheles maculipennis*.

En el caso particular de los insectos existe una enorme variabilidad y una gran necesidad de estudiar y entender la variación de las especies a la luz de las diferentes relaciones como: -especies hermanas, complejos de especies, poblaciones geográficas o semiespecies- y las implicaciones que ellas representan en los papeles que los insectos desempeñan como plagas o transmisores de enfermedades. Esta necesidad ha generado la realización de estudios de genética de poblaciones y filogenéticos para entender la dinámica poblacional y de especies.

Se espera que en un futuro no lejano con el desarrollo de técnicas moleculares más sencillas y accesibles y la identificación de secuencias diagnósticas para especies, la utilidad de secuencias de ADN alcanzará su máximo potencial en el estudio de insectos de importancia médica.

## Referencias

- Awise, J.C. 1991. Ten unorthodox perspectives on evolution prompted by comparative population genetics findings on mitochondrial DNA. *Annual Review Genetics* 1991; 25:45-69.
- Beard, C.B; Hamm, D.M; Collins, F.H. 1993. The mitochondrial genome of the mosquito *Anopheles gambiae*: DNA sequence, Genome organization, and comparison with mitochondrial sequences of the other insects. *Insect. Mol. Biol.*2(2): 103-124
- Besansky, N.J; Bedell, J.A; Benedict, M.Q; Mukabayire, O; Hilfiker, D; Collins, F.H. 1995. Cloning and characterization of the white gene from *Anopheles gambiae*. *Insect Mol Biol* 4: 217-231.
- Besansky, N.J y Fahey, T.G. 1997. Utility of the white gene in estimation phylogenetic relationship among mosquitoes (Diptera: Culicidae) *Mol Biol Evol.* V. 14 (4): 442-454.
- Besansky, N.J; Lehmann, T.; Fahey, T.; Fontenille, D.; Braack, L.; Hawley, W. Y Col. 1997. Patterns of mitochondrial variation within and between African malaria vectors, *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis* suggest extensive gene flow. *Genetics*; 147: 1817-1828.
- Booth, D.R.; Ready, P.; Smith, D. 1994. Isolation of non-LTR retrotransposon reverse transcriptase-like sequences from Phlebotomine sand flies. *Insect Mol Biol* 3: 89-96.
- Collins, F.H y Porter, C.H. 1990. Comparison of rDNA and mt DNA in the sibling species *Anopheles freeborni* and *A. Hermsi*. *Am J Trop Med Hyg*; 42: 417-423

- Crozier, R.H y Crozier, Y.C. 1992. The mitochondrial genome of the honeybee *Apis mellifera*: complete sequence and genome organization. *Genetics* 133:97-117
- Dowton, M. y Austin, A.D. 1994. Molecular phylogeny of the insect order Hymenoptera: apocritan relationship. *Proc Natl Acad Sci U S A*. V. 91 (21): 9911-5.
- Dujardin, J.P.; Torrez, E.M.; Le Pont, F.; Hervas, D. 1997. Isozymic and metric variation in the *Lutzomyia longipalpis* complex. *Med Vet Entomol* 1: 394-400.
- Esseghir, S; Ready, P. D; Killick-Kendrick, R; Ismail, B.R. 1997. Mitochondrial haplotypes and phylogeography of *Phlebotomus* vectors of *Leishmania major*. *Insect. Mol. Biology*. 6(3): 211-225.
- Ferro, C.; Morrison, A.C; Torres, M.; Pardo, R.; Wilson, M.L.; Tesh, R.B. 1995. Species composition and relative abundance of sand flies of the genus *Lutzomyia* (Diptera:Psychodidae) at an endemic focus of visceral leishmaniosis in Colombia. *J Med Entomol*; 32: 527-37.
- Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary biology. The evolution of behaviour. 3era edición. Massachusetts: Sinauer Associates Inc. Publishers Sunderland; 579-581.
- García, B.A Y Powell, J.R. 1988. Phylogeny of species of *Triatoma* (Hemiptera: Reduviidae) on mitochondrial DNA sequences. *J. Med. Entomol.* 35(3): 232-238
- Hamilton, J.C.; Ward, R.D.; Dougherty, M.J.; Maignon, M.; Ponce, C.; Ponce, E.; Noyes, H.; Zeledon, R. 1996. Comparison of the sex pheromone components of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) from areas of visceral and atypical cutaneous leishmaniasis in Honduras and Costa Rica. *Ann. Trop. Med Parasitol* 90: 535-541.
- Hauchen, C-C y Dubin, D.T. 1984 A. cluster of four transfer RNA genes in mosquito mitochondrial DNA. *Biochem. Int.* 8: 385-391.
- Hill, S.M. y Crampton, M. 1994. DNA-based methods for the identification of insect vectors. *Ann Trop Med Parasitol*; 88:3227-250.
- Kettle, D.S. 1984. Medical and veterinary entomology. Croonm Helm Australia first edition 658pp.
- Lainson, R.; Shaw, J.J.; Ryan, L.; Ribeiro, R.S.M.; Silveira, F.T. 1985 . Leishmaniasis in Brazil: XXI. Visceral leishmaniasis in the Amazon Region and further observations on the role of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz y Neiva, 1912) as the vector. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 79:223-26.
- Lanzaro, G.; Ostrovska, K.; Herrero, M.; Lawyer, P.; Warburg, A. 1993. *Lutzomyia longipalpis* is a species complex: genetic divergence and interspecific hybrid sterility among three populations. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 48: 839-847.
- Lanzaro, G. y Warburg, A. 1995. Genetic variability in Phlebotomine sandflies: possible implications for leishmaniasis epidemiology. *Parasitol. Today.*; 4: 151.
- Lerma, J.M. 1996. The biology of visceral leishmaniasis vectors in the San Andrés de Sotavento focus, Colombia. University of London, 163 pp.
- Lewis, D.L; Farr, C.L; Kaguni, L.S. 1995. *Drosophila melanogaster* mitochondrial DNA: completion of the nucleotide sequence and evolutionary comparisons. *Insect. Mol. Biol.* 4(4): 263-278



- Liu, H. y Beckenbach, A.T. 1992. Evolution of the mitochondrial Citocromo Oxidasa II gene among 10 orders of insects. *Mol. Phylogenetic. Evol.* 1(1): 41-52.
- Lodish, H.; Baltimore, D; Berck, A; Zipursky, L; Matsudaire, P. And Darnell, J. 1995. *Molecular Cell Biology*. 3 edición.
- Mangabeira, O. 1969. Sobre a sistemática e biologia dos flebotomus do Ceará. *Bras Mal Doencas Trop* 21: 3-26.
- Mukhopadhyay, J.; Rangel, E.; Ghosh, K.; Munsterman, L. 1997. Patterns of genetic variability in colonized strains of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) and its consequences. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 57(2): 216-221.
- Munsterman, L.E.; Morrison, A.C.; Ferro, C.; Pardo, R.; Torres, M. 1998. Genetic structure of local population of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) in central Colombia. *J. Med. Entomol.* 35(1): 82-89.
- Mutebi, J.P.; Rowton, M.; Herrero, M.V.; Ponce, C.; Belli, A. Y Col. 1998. Genetic variability among populations of the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) from Central America. *J Med Entomol* 35(2): 170-74
- Quicke D.L.J. 1993. Principles and techniques of Contemporary Taxonomy. Blackie & Professional. First edition.
- Simon, C.; Frati, F.; Beckenbach, A.; Crespi, B.; Hong, L. Y Flook, P. 1994. Evolution, Wighthing, and Phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserves polymerase chain reaction primer. Entomological Society of America.87
- Stevens, J. y Wall, R. 1996. Species, Sub-species and hybrid populations of the blowflies *Lucilia cuprina* and *Lucilia sericata* (Diptera: Calliporidae). *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* V. 263:1375 1335-41.
- Ward, R.; Ribeiro, A.; Ready, P.D.; Murtagh, A. 1983. Reproductive isolation between different forms of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz y Neiva) (Diptera: Psychodidae) the vector of *Leishmania donovani* chagas/Cunha & Chagas and its significance to kala- azar distribution in South America. *Mem Isnt Oswaldo Cruz* 78: 269-280.
- Wolstenholme, D.R. y Clary, D.O. 1985. Sequence evolution of *Drosophila* Mitochondrial DNA. *Genetics.* 109: 725-744.
- Young, D.G y Duncan, M.A. 1994. Guide to identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Gainesville: Associated publisher. Am. Entomol. Inst: 881.

## LOS CROMOSOMAS POLITÉNICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE ESPECIES DE LA FAMILIA SIMULIIDAE

**Claudia Moreno Ramírez M. Sc.**

Universidad de Cundinamarca

Correo electrónico: clmorenor@mixmail.com

### Introducción

La familia Simuliidae, desde el punto de vista de salud pública, es importante como peste y como vector de patógenos (Kettle 1995). Transmiten las filarias *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi*. La oncocercosis humana es particularmente importante por la severidad de la enfermedad y por el alto potencial de extenderse por los sistemas navegables de los ríos en América Latina (CIDEIM 1994). Por la hematofagia y la toxicidad de sus picaduras, la presencia de los simúlidos impide que los animales domésticos se alimenten y descansen adecuadamente reduciéndose la producción de leche, carne, huevos y otros productos animales (Muñoz de Hoyos 1990).

Los simúlidos son dípteros pequeños pertenecientes al suborden Nematocera. Las hembras son hematófagas, de hábitos diurnos y su visión juega un papel importante en su comportamiento (Kettle 1995). Son insectos holometábolos y sus estadios inmaduros se desarrollan en ecosistemas lóticos. Las larvas y pupas pueden encontrarse, según la especie, adheridas a la vegetación colgante o acuática, a las piedras sumergidas, a sustratos artificiales como latas, plásticos o vidrios (Muñoz de Hoyos 1997).

La longitud del ciclo de vida varía con la especie y con las condiciones ambientales. En regiones templadas pueden haber una generación por año, mientras que en las zonas tropicales las especies se reproducen continuamente. El estadio larval de *S. damnosum* especie transmisora de la filaria *O. volvulus* en África se completa en 8 días. El ciclo completo desde huevo hasta adulto en esta especie puede completarse en menos de dos semanas (Kettle 1995). Los simúlidos viven aproximadamente cuatro semanas y pueden cubrir varios cientos de kilómetros volando.

Los simúlidos son un grupo muy útil para estudios citotaxonómicos debido al número cromosómico bajo ( $n=3$ ) y al tamaño y claridad de los cromosomas de la glándula salival hallada en el estadio larval. La citotaxonomía contribuye a la identificación de especies con base en los cromosomas politénicos y a la construcción de filogenias basadas en secuencias de rearrreglos cromosómicos (Rothfels 1988).

### ¿Qué son los cromosomas politénicos?

Descritos por Balbiani en 1881 e identificados como cromosomas por Heitz y Bauer en 1933 y Painter en 1934 (citados por Muñoz de Hoyos 1990), los cromosomas politénicos son estructuras comunes de ciertos tejidos de los insectos pertenecientes al orden Diptera (moscas, mosquitos, jejenes, etc.). Se encuentran principalmente en el estadio larval en la glándula salival y en algunos tejidos del adulto como túbulos de Malpighio, recto e intestino (Muñoz de Hoyos *op cit.*). En diversos estudios se ha observado que los núcleos celulares de algunos órganos del estadio larval alcanzan un gran incremento en volumen acompañado de numerosas replications (endopoliploidía). Cada cromosoma nuevo no se separa en una unidad individual, sino que todas las replicas del mismo cromosoma se alinean paralelamente, manifestación conocida como politenia, dando como resultado cromosomas muy gruesos en los que queda ampliada cualquier posible diferencia longitudinal en densidad (por ejemplo, los cromómeros). Estas

diferencias en densidad dan lugar a un patrón de "bandas" de gran precisión que sirve para identificar cualquier cromosoma en particular y sus diversas secciones. El número de bandas puede variar entre distintas especies aunque permanece constante para los miembros de una misma especie (Michailova 1989). En estudios realizados en *Drosophila melanogaster* se ha observado que los cromosomas politénicos constan aproximadamente de 5.000 bandas y 5.000 interbandas, estimándose que en las bandas se encuentra el 85% del DNA y en las interbandas el porcentaje restante. Los cromosomas politénicos contienen cerca de 1.024 fibras de cromatina y tanto las bandas como las interbandas pueden tener más de un gen (Sorsa 1988; White 1973, citados por Campos 1997).

En la politenia se alinean los dos cromosomas homólogos de cada par diploide, de tal modo que solo se observa la mitad de los cromosomas siendo muy gruesos y muy largos. Las diferencias que existan en el orden de las bandas entre los dos cromosomas de una pareja se reflejarán en asas o en otras formas anormales entre los cromosomas homólogos. Algunas bandas cambian de apariencia en diferentes tejidos y en momentos distintos, ya sea condensándose o dilatándose para formar "puffs" (Michailova *op cit.*). Pelling (citado por Muñoz de Hoyos *op cit.*) determinó que cada "puff" es un sitio de transcripción y su tamaño depende de la actividad de la banda o bandas que lo forman.

Las diferencias en el patrón de bandas permiten el reconocimiento de especies crípticas, evidenciándose de esta manera el valor taxonómico de los cromosomas politénicos, reconocido universalmente especialmente a niveles específico e infraespecífico. El tamaño y la claridad de los cromosomas politénicos y el número reducido de éstos en la familia Simuliidae hace que sean un material excelente para estudios citogenéticos (Muñoz de Hoyos *op cit.*).

### **Importancia médica y veterinaria de los simúlidos**

La enfermedad humana más seria asociada con los simúlidos es la oncocercosis causada por la filaria *Onchocerca volvulus* y transmitida por simúlidos del género *Simulium*. Ocho especies de *Simulium* están involucradas en la transmisión de la oncocercosis en América Latina y 13 más 4 formas no nombradas en África (Crosskey 1990). En la vía transamazónica en Brasil un síndrome hemorrágico, asociado con algunas muertes, ocurrida a inmigrantes de áreas forestales, ha sido atribuido a las intensas picaduras de los simúlidos (Kettle 1995).

Los simúlidos son vectores de *Onchocerca* spp. en ganado y transmiten el protozoo del género *Leucocytozoon* a aves incluyendo aves de corral. Juegan un papel menor en la transmisión mecánica de arbovirosis como la encefalitis equina venezolana en Colombia en 1967 y la estomatitis vesicular en Colorado en 1982; han sido registrados como transmisores mecánicos de mixomatosis en conejos (Joubert y Monnet citados por Kettle 1995).

Los simúlidos tienen una reputación bien merecida como pestes, particularmente de ganado. Crosskey (1990) registra 29 especies de Simuliidae como pestes de humanos y animales domésticos de las cuales 24 especies son del género *Simulium*, 3 de *Austrosimulium*, una de *Prosimulium* y una de *Cnephia*. En el pasado han sido los causantes de la muerte de gran número de cabezas de ganado en Norteamérica y Europa (Bradley 1935).

### **Oncocercosis humana**

La oncocercosis, conocida también como "ceguera de los ríos" – nombre que expresa la manifestación de esta dolencia- es un problema mayor de salud pública y un obstáculo serio para el desarrollo socioeconómico. Da origen a deterioros visuales serios, incluyendo ceguera; también produce picazón y dermatitis irritante, arrugamiento y pérdida de pigmentación

de la piel; linfadenitis (formación de nódulos subcutáneos), resultante en el suspendimiento de la ingle, elefantiasis de los genitales; y debilitamiento general (<http://www.who.int/ocp/ocp001.htm>, 1999).

La oncocercosis es causada por el parásito *O. volvulus*. La hembra adulta mide entre 30-80 cm de longitud se localiza en nódulos debajo de la piel del humano durante su tiempo de vida, que dura en promedio 12 años, produciendo millones de microfilarias que miden 0,3 micrómetros de longitud. Las microfilarias viven casi dos años, se mueven de un lado a otro en el cuerpo del humano y son el agente causante de la manifestación de la oncocerca. La mayoría de las microfilarias mueren en la piel o en el ojo y desencadenan reacciones inmunitarias alrededor de los organismos muertos, ocasionando lesiones en la piel, daños en algunas estructuras del ojo como la córnea, el iris, la retina y el nervio óptico produciéndose de esta manera la ceguera (Muñoz de Hoyos, 1997). La manifestación de la oncocercosis ocurre uno a tres años después de la infección con la fase infecciosa del parásito (<http://www.who.int/ocp/ocp001.htm>, 1999).

## Distribución de la oncocercosis en el mundo

### Especies vectoras en África

La oncocercosis, aunque no es directamente fatal causa una miseria incalculable en ciertas áreas de África Tropical, Latinoamérica y en el Mediterráneo Oriental (Sudan y Yemen). Se estima que hay 86 millones de personas en peligro de infección, 18 millones de infectados y 336.400 ciegos. La mayor incidencia de la enfermedad está en África Tropical (92% del total); Latinoamérica (6%) y Sudan y Yemen (2%) (Kettle 1995).

En la Región Afrotropical la enfermedad es transmitida por la especie *Simulium damnosum* que fue considerada como una sola especie distribuida a lo ancho de toda la región. Estudios posteriores examinando los cromosomas politénicos demostraron que esta especie es un complejo constituido por 42 formas diferentes. Trece de estas formas –nueve especies nombradas y cuatro formas crípticas- en el complejo *S. damnosum* son vectoras de *O. volvulus*. Estas incluyen a *S. damnosum* s. s. que se encuentra desde África Occidental hasta el sur de Sudan y Uganda, y a *S. sirbanum* que habita desde Senegal hasta el sur de Sudan y el norte a lo largo del Nilo. Otros vectores de este complejo en África son *S. squamosum*, *S. menguense*, *S. sanctipauli*, *S. soubrense*, *S. yahense*, *S. kilibanum* y *S. rasyani*.

En el oriente de África especies del grupo *S. neavei* son vectores de la oncocerca. Esta especie habita en Uganda y Zaire y fue el vector en Kenia antes de la erradicación en este país. Otras especies del grupo implicadas son *S. woodi* y *S. ethiopense*. *S. albivirgulatum* es el vector en la cuenca del río Zaire.

### Especies vectoras en América Latina

En Latinoamérica la oncocercosis está presente en áreas de México, Guatemala, Colombia, Ecuador, Brasil y Venezuela (WHO citado por Kettle 1995).

Los vectores en América Latina son designados como vectores primarios o secundarios dependiendo de que en un modo u otro son considerablemente capaces de sostener la transmisión por si mismos. Los vectores primarios pueden hacerlo, los vectores secundarios no. En México y Guatemala se ha registrado a *S. ochraceum* como el vector primario de la oncocercosis, esta especie está conformada por tres citotipos (A,B,C) (Hirai *et al.* 1994), el vector secundario en esta zona y vector primario en Venezuela es *S. metallicum*, especie en

la que se reconocen 12 citotipos, el último encontrado, denominado L, exclusivo de Colombia (Conn 1989, Arteaga y Muñoz de Hoyos 1999). Para *S. exiguum*, vector principal en Ecuador han sido registrados cuatro citotipos (Procunier *et al.* 1985, Shelley 1988); el vector secundario en Ecuador es *S. quadrivittatum*. En *S. oyapockense*, transmisor en la Amazonia, se han hallado dos citotipos (Kettle 1995). En *S. guianense*, vector de oncocercosis en áreas del norte de Brasil y el sur de Venezuela se han encontrado cuatro citotipos (A, B, C, D) (Charalambous *et al.* 1996). No obstante, las especies latinoamericanas no han sido estudiadas de forma tan detallada como las especies africanas.

### Especie vectora en Colombia

De acuerdo con estudios realizados por Tidwell *et al.* (1980) y Corredor *et al.* (1998) se registra a *S. exiguum* como el vector del foco de oncocercosis en Colombia. Sin embargo, aún no se ha realizado un estudio citológico de la especie hallada en Colombia para determinar si presenta los mismos citotipos encontrados en Ecuador.

### Citotaxonomía

Los estudios citotaxonomicos en simúlidos se realizan mediante análisis de los cromosomas politénicos de la glándula salival del estadio larval. Las larvas se fijan en carnoy y se guardan en nevera. Para procesarlas se trasladan a agua destilada y se abren ventralmente. Luego se hidrolizan con HCl 1N durante 45 minutos. Se lavan en agua destilada y se colorean con orceína lactoacética. Se transfieren luego a agua, se extrae la glándula y se efectúa el "squash". Se toman fotografías de los mejores complementos cromosómicos.

La principal contribución de la citología a la sistemática de Simuliidae ha sido la demostración de que la morfoespecie del taxónomo está conformada por especies que presentan diferencias genéticas, especies que son isomórficas y componen complejos de especies crípticas, estrechamente relacionadas pero aisladas reproductivamente. Estas especies pueden ser definidas por las características de los cromosomas politénicos (Muñoz de Hoyos 1990). Estos cromosomas tienen rasgos denominados marcadores, que pueden detectarse examinando fotografías de los complementos cromosómicos de las especies a estudiar. Estas características son:

### Marcadores universales

Muñoz de Hoyos (1990) afirma que, para identificar cada brazo cromosómico se consideran la posición y orientación de los marcadores universales propios de la familia Simuliidae, que consisten en grupos de bandas con forma y disposición definida. Entre ellos se destacan:

Brazo IS:	"3" basales tasa y platillo	basal "3" "cup y saucer"
Brazo IL:	marcador mayor "3" subterminales patrón del telómero	"marker" subterminal "3"
Brazo IIS:	Anillo de Balbiani cordón de zapato doble burbuja Trapezoide	"Balbiani ring" "shoestring" "double bubble" "Trapezoidal"

Brazo IIL:	3 bandas bien definidas parabalbiani	"3 sharp" "parabalbiani"
Brazo IIIS:	grupo de bandas pesadas ampolla telómero festoneado	"heavy band group" "blister" "frazzled end"
Brazo IIIL:	banda basal pesada marcador basal 3 grupos pesados	"heavy basal band" "basal marker" "three heavy groups"

### Marcadores específicos:

Un marcador específico muy importante es la Región Organizadora Nucleolar (NO); aunque no es considerado universal a consecuencia de su gran movilidad dentro del genoma, su posición se conserva dentro del complemento cromosómico de una especie.

Otros marcadores específicos de interés son: banda gris ("grey band"), bloques ("blocks"), cuello ("neck"), cápsula, diente de sierra ("sawtooth"), región esponjosa ("spongy") y grieta ("crack").

Cuando se han identificado los brazos de los cromosomas, se realiza el análisis y la comparación banda por banda de cada brazo para determinar:

- Posición y morfología de la región centromérica
- Presencia o ausencia de cromocentro
- Presencia de inversiones fijas o interespecíficas
- Presencia y frecuencia de polimorfismos cromosómicos intraespecíficos (inversiones flotantes, presencia de heterobandas y expresión de las bandas)
- Diferenciación estructural del segmento determinante del sexo
- Grado de asinapsamiento entre los cromosomas homólogos

Los cromosomas de los simúlidos son, por lo general, metacéntricos y submetacéntricos. Los centrómeros de muchas especies son regiones expandidas; en otras especies se confirman por frecuentes pareamientos ectópicos (Rothfels 1979). Con frecuencia se dificulta la localización exacta de la banda centromérica, haciéndose necesaria la aplicación de la técnica de bandas C.

En Simuliidae el complemento cromosómico está conformado por tres cromosomas ( $2n=6$ ); no obstante, debido al estrecho apareamiento entre ellos es posible observar los dos constituyentes cuando existen fallas en el pareamiento. De acuerdo con su tamaño los brazos de los cromosomas se denominan L (largo) y S (corto) y los cromosomas I, II y III (Rothfels *op cit.*).

La región organizadora nucleolar es uno de los caracteres cromosómicos específicos de mayor importancia. Este marcador es muy conspicuo y propio de los cromosomas politénicos (Duque 1980); cuando se observa el nucleolo se destaca la zona del cromosoma que alcanza el máximo de desespiralización en los cromosomas politénicos (Michailova 1989). Este sector posee genes responsables de la síntesis de ARN ribosomal. Su localización dentro del complemento permite diferenciar especies dentro de grupos con rasgos muy similares.

El Anillo de Balbiani es uno de los marcadores más importantes del complemento cromosómico de la familia Simuliidae; es un "puff" muy conspicuo y particular de los cromosomas politénicos, que se diferencia por su gran tamaño de otros puffs que pueden tener un tamaño escasamente perceptible (Michailova 1989). Estos puffs se han interpretado como manifestaciones

morfológicas de actividad génica, y se han registrado para quironómidos como estructuras involucradas en la síntesis de proteínas. En simúlidos lo usual es encontrar un Anillo de Balbiani en cada especie, mientras en Chironomidae se encuentran especies que no tienen este rasgo cromosómico mientras otras llegan a tener hasta cinco anillos que pueden estar localizados en el mismo o en cromosomas diferentes (Michailova *op cit.*).

Los polimorfismos cromosómicos más útiles para diferenciar especies crípticas y/o citotipos son las inversiones (Dunbar 1967), son halladas mediante comparaciones del patrón de bandeamiento de la especie en estudio con un mapa estándar. Las inversiones pueden ser:

**Inversiones fijas o interespecíficas:** son rearrreglos estables de la secuencia característica de genes dentro de poblaciones o grupos de individuos que permiten diferenciarlos de otros grupos cercanos que carecen de estos rearrreglos.

**Inversiones flotantes o intraespecíficas:** son rearrreglos poco estables de la secuencia de genes, se presentan dentro de algunos individuos en una población.

**Inversiones paracéntricas:** son las que tienen sus puntos de rompimiento localizados en el mismo brazo del cromosoma sin involucrar el centrómero (Sorsa 1988); en general, estas inversiones son los rearrreglos detectados con más frecuencia en la familia Simuliidae.

**Inversiones pericéntricas:** aquellas en que los puntos de rompimiento ocurren alrededor del centrómero en brazos diferentes, es decir, que el área céntrica completa está invertida (Sorsa, *op cit.*).

Otros rasgos cromosómicos que permiten separar las citoespecies y los citotipos son las heterobandas y los segmentos ligados al sexo.

### Diferencias encontradas en especies vectoras

En estudios realizados en especies implicadas en la transmisión de *Onchocerca volvulus* como *S. metallicum* se ha hallado que la diferenciación citológica es dada principalmente por la presencia de inversiones. Los trabajos de Conn (1989) y Arteaga y Muñoz de Hoyos (1999) evidencian que los doce citotipos conocidos de esta especie se distinguen principalmente por polimorfismos de inversión. Los citotipos A, B, H, I son vectores de la oncocercosis en Méjico y Guatemala, lo mismo el citotipo denominado X hallado en Oaxaca, Méjico. Los citotipos D y E son vectores en Venezuela. Los citotipos C y L, presentes en Colombia, F, J, y K en Panamá, G en Costa Rica no han sido registrados como vectores. El citotipo L, presente en Colombia, se caracteriza por una inversión fija en el brazo HL, denominada ILL-22, por dos inversiones ligadas al sexo (IIL-24 y IIL-25), por cinco polimorfismos cromosómicos (IL-12, IL-13, IL-14, IIL-23, IIIL-16), por el grado de asinapsamiento de las regiones centroméricas y por una heterobanda en el brazo IIS. Otros rearrreglos cromosómicos implicados en la diferenciación de los citotipos de *S. metallicum* son las secuencias ILL-1.2.3, ILL-4.5.6.7, la presencia del NOR en el cromosoma I o II, posición del NOR al final del brazo IS o del brazo IL y la expresión del centrómero del cromosoma I, entre otras.

Shelley y Arzube (1985) sugieren la existencia de un complejo de especies en *S. exiguum* en la región neotropical basados en la capacidad vectorial variable en el foco de oncocercosis del Ecuador. La información citológica preliminar presentada por Procnier *et al.* (1985) fue utilizada para confirmar la existencia de un complejo de especies en *S. exiguum*. Para el foco de oncocercosis se han registrado tres citotipos, forma Cayapa, forma Aguarico y forma Bucay. Las formas se distinguen unas de otras por diferencias fijas en el brazo cromosómico IIL. La forma Cayapa no exhibe cromosoma sexual diferenciado, la meiosis del macho es

quiasmada. La forma Aguarico difiere de la forma Cayapa por al menos dos inversiones fijas, IIL-3,4, por tener cromosomas sexuales distintos y por un espectro de polimorfismos autosómicos. La determinación sexual en este citotipo está basada en el ligamiento de las inversiones IIS-2 y IIL-1 en el cromosoma II. La forma Aguarico muestra dimorfismo de coloración ligado al sexo para el color del cuerpo de las larvas, los machos son café y las hembras verde. En las otras dos formas el polimorfismo es autosómico y se encuentra en ambos sexos. El alelo para el color café probablemente está localizado dentro de la inversión IIL-1 y es dominante al alelo para la coloración verde debido a que los machos son siempre heterocigotos para esta inversión. El color larval ligado al sexo ya ha sido observado en miembros de otros complejos de especies. La forma Aguarico tiene una frecuencia alta de polimorfismos autosómicos que van desde 4,3 hasta 54,3%.

La forma Bucay se diferencia de la forma Cayapa por al menos dos inversiones fijas, localizadas en el brazo IIL. Esta forma también es monomórfica como la forma Cayapa, no tiene distinción de sexo y los polimorfismos autosómicos y el color de la larva aparentemente no están ligados al sexo.

Hay evidencia de que las formas Cayapa y Aguarico son buenas especies debido a que donde ellas han sido encontradas simpátricamente no se ha detectado hibridización. Adicionalmente el hallazgo de poblaciones en simpatria con ausencia de heterocigotos para la secuencia IIL-5+6 sirve también para verificar el estatus de la forma Bucay.

La forma Cayapa es el citotipo más común encontrado en el occidente de la cordillera de los Andes en los dos focos Santiago y Canande y al sur hasta Salazar. La forma Bucay se encuentra también al oeste de los Andes confinada al sur del país cerca de Perú. Solamente la forma Aguarico se ha hallado a ambos lados de los Andes, en el foco de Santiago y en dos localidades al oriente de los Andes.

La epidemiología de la enfermedad (la confirmación de la patogenicidad de *Onchocerca volvulus* en el foco, el incremento en la prevalencia e incidencia de la oncocercosis en el foco, la dispersión de la enfermedad al sur del foco de Canande), en conjunción con el descubrimiento del complejo *S. exiguum* imponen la necesidad inmediata de investigar para resolver la identidad y biología de las especies crípticas de *S. exiguum* en Colombia.

*S. ochraceum*, vector en Centroamérica, presenta tres citotipos. Los tres exhiben cromosomas sexuales distintos; muestra además polimorfismos de inversión autosómicos. *S. ochraceum* C difiere de los otros dos citotipos por cinco inversiones fijas interespecíficas designadas como IIS-7,8 y IIIL-12,13+14,15; presenta además cromosomas supernumerarios o B. Se cree que el citotipo A es el vector primario de oncocercosis en Guatemala. Varios marcadores cromosómicos son evidentes en el complemento cromosómico de *S. ochraceum* s. l.

El citotipo *S. ochraceum* A tiene un sistema complejo de diferenciación sexual que involucra dos cromosomas X estructuralmente diferentes y seis cromosomas Y estructuralmente diferentes. Xo es indiferenciado y tiene la secuencia de bandeado estándar para el brazo IL. Yo es indiferenciado y equivale a Xo en la secuencia de bandas. Y1 se caracteriza por exhibir la banda supernumeraria 37B1Hb en el brazo IL. Y2 se caracteriza por una banda supernumeraria 37B1Hb y por llevar la secuencia invertida IL-2, que incluye a 37B1Hb y a IL-1. Y3 se caracteriza por la banda supernumeraria 37B1Hb y la secuencia invertida distal IL-11. Y4 se caracteriza por la secuencia invertida IL-3. Los machos muestran tres combinaciones de cromosomas sexuales que predominan en las poblaciones de Guatemala: XoYo, XoY2 y XoY4 (Hirai *et al.* 1994).

El citotipo *S. ochraceum* B se diferencia de *S. ochraceum* A por tener cromosomas sexuales distintos y una serie de polimorfismos de inversión autosómicos citotipo-específicos (IS-15, IL-12, IL-13 y IIIL-13). Dos cromosomas X y Y estructuralmente diferentes se encuentran en



las poblaciones de Oaxaca, Méjico. El cromosoma X1 se caracteriza por la inversión IS-13 y el cromosoma X2 por la inversión IS-14. Las hembras llevan está secuencia fija. El cromosoma Yo es indiferenciado y se caracteriza por la secuencia estándar en el brazo IS. El cromosoma Y1 se caracteriza por la inversión IS-13 y por la banda supernumeraria 37B1Hb (Hirai *op cit.*).

El citotipo *S. ochraceum* C difiere de los otros dos por la inversión IIS-7 y por el rearrreglo III L 12,13+14,15. Este citotipo también muestra cromosomas sexuales diferenciados, una serie de polimorfismos autosómicos taxon-específicos (IS-12, IIS-7,8 y IIL-7) y cromosomas B (Hirai *op cit.*).

En Brasil, *S. guianense* transmisor de la oncocercosis presenta cuatro citotipos (A,B,C,D). Todos los citotipos difieren por al menos dos inversiones fijas. El sistema diferencial del sexo no se ha determinado en ninguno de los citotipos. El citotipo A se caracteriza por llevar cuatro inversiones autosómicas (IS-1, IS-2, IIL-1 y III L-1) que suceden a frecuencia menor de 9%. El citotipo B se caracteriza por las inversiones fijas IS-3 y IIL-2+3 y por los polimorfismos de inversión IS-4+5+6, IL-2 y III L-2. Las inversiones IS-4 y IS-5 son inversiones incluidas, la inversión IS-6 sucede como una inversión sobrelapada. El citotipo C difiere por las dos inversiones fijas III L-4 en el brazo IIL y por III L-3 en el brazo III L. El citotipo D lleva las inversiones fijas III L-4 y III L-3. Este citotipo difiere de A, B y C por las inversiones fijas IL-3 y IIL-5. Esta última sucede como una inversión incluida III L-4.5 (Charalambous *et al.* 1996).

#### Diferencias encontradas en especies no vectoras

Duque *et al.* (1988) encontraron que las especies *Simulium ignescens* y *S. tunja* que están estrechamente relacionadas difieren, entre otras características, por la posición del NOR, ubicado en IS en *S. tunja* y en el cromosoma III en *S. ignescens*. *S. tunja* tiene en los tres cromosomas del complemento bandas centroméricas muy conspicuas que tiñen intensamente.

Otra especie que se ha estudiado citológicamente en Colombia es *S. lutzianum*, encontrada en el foco de oncocercosis en Nariño, Colombia. No se ha probado que sea vector. Las características cromosómicas más sobresalientes de esta especie son el organizador nucleolar en IS; el anillo de Balbiani, el "double bubble" y el "trapezoid" en IIS; el "blister" y el "heavy" en IIIS. Los ejemplares de esta especie presentes en Nariño corresponden con el citotipo denominado A en el estudio de Sawyer (1991). El citotipo A se distingue de los citotipos B y C por carecer de las inversiones IIS-1 y IIS-2. La inversión fija IIS-1 presente en los citotipos B y C del estudio de Sawyer se halla en el complemento cromosómico de *S. romanai*, aportando herramientas que permiten suponer que *S. lutzianum* y *S. romanai* son especies muy cercanas. Este polimorfismo de inversión es compartido por los citotipos B y C de *S. lutzianum* en Ecuador Sawyer (1991) y por los citotipos A y B de *S. romanai* (Moreno-R. 1997).

#### Utilidad en estudios ecológicos

Puede plantearse que los estudios citológicos en Simuliidae también han contribuido al estudio de historia natural de algunas especies de la familia. En *S. metallicum* se evidenció que el citotipo L fue común en sitios con flujo de agua lento, en arroyos poco profundos y angostos cubiertos por vegetación rala, con preferencia por sustratos vegetales más que los rocosos. Esta asociación con flujos de agua lento y con la preferencia por sustratos vegetales es compartida también por el citotipo E de la misma especie en Venezuela (Grillet *et al.* 1995, citado por Arteaga y Muñoz de Hoyos 1999). Para el citotipo E también se ha encontrado una correlación positiva entre la conductividad del agua y la presencia de la especie indicando que puede mostrar preferencia por lugares ricos en nutrientes.

Es necesario llegar a un buen nivel de entendimiento de la interacción entre las especies y el ambiente. Los programas de control de especies pestes o vectores exigen conocimiento ade-

cuado de la ecología de los simúlidos, especialmente de factores abióticos, tales como el pH, la conductividad, la temperatura y la velocidad del agua, que influyen de modo importante en la distribución de los estadios inmaduros y de las especies crípticas en Simuliidae (Adler 1988).

La frecuencia con la cual se presentan especies crípticas en Simuliidae, los diferentes requerimientos ecológicos de cada especie, las diferencias en comportamiento, la capacidad vectorial distinta de cada citotipo o citoespecie dentro de un complejo hacen necesario que los estudios sistemáticos en simúlidos sean integrales incluyendo aspectos morfológicos, citológicos, moleculares, ecológicos y etológicos. Estudios aislados pueden llevar a identificaciones no acertadas.

## Referencias

- Adler, P. H. 1988. Ecology of Black Fly Sibling Species. En: Blackflies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. Ed. Kim K. C. and R. Merrit. The Pennsylvania State University
- Arteaga, L. T.; P. Muñoz de Hoyos. 1999. A polytene chromosomes and morphological description of a new cytotype in the *Simulium metallicum* (Diptera: Simuliidae) species complex from Cundinamarca, Colombia. J. Med. Entom. 36 (2): 133-140.
- Bradley, G. H. 1935. Notes on the southern buffalo gnat *Eusimulium pecuarum* (Riley) (Diptera: Simuliidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 37, 60-64.
- Campos G., J. 1997. Estudos Cromossômicos em populações de *Simulium (Chirostilbia) pertinax* (Diptera, Simuliidae). Tesis de Grado, Maestría en Ciencias Biológicas, Área de Biología Celular. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 86 pp.
- Charalambous, M.; Shelley, A. J.; Maia Herzog, M.; A. P. A. Luna Dias. 1996. Four new cytotypes of the onchocerciasis vector blackfly *Simulium guianense* in Brazil. Medical and Veterinary Entomology. 10, 111-120.
- Charalambous, M.; Lowry, C. A.; Shelley, A. J. ; M. Arzube. 1997. The value of the larval head pattern for differentiating *Simulium exiguum* s.l. and *S. gonzalezi* (Diptera: Simuliidae) in the onchocerciasis focus of Ecuador. Bulletin of Entomological Research. 87, 19-24.
- CIDEIM (Fundación Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas). 1994. Manual de Entomología Médica para Investigadores de América Latina. 280 pp.
- Corredor, A.; Nicholls, R. S.; Duque, S.; Muñoz de Hoyos, P.; Alvarez, C. A.; Guderian, R. H.; López, H. H. ; G. I. Palma. 1998. Current Status of Onchocerciasis in Colombia. Am. J. Trop. Med. Hyg. 58 (5): 594-598.
- Conn, J.; Rothfels, K. H.; Procnier, W. S.; H. Hirai. 1989. The *Simulium metallicum* species complex (Diptera: Simuliidae) in Latin America: a cytological study. Can. J. Zool. 67: 1217-1245.
- Crosskey, R. W. 1990. The Natural History of Blackflies. John Wiley, Chichester, UK.
- Dunbar, R. W. 1967. The salivary gland chromosomes of six closely related black flies near *Eusimulium congareenarum* (Diptera: Simuliidae). Can. J. Zool. 45: 377-396.
- Duque, S. 1980. Estudio citogenético de *Simulium ignescens* Roubaud 1906. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá. 102 pp.

- Duque, S.; Muñoz de Hoyos, P.; K. H. Rothfels. 1988. The polytene chromosomes of *Simulium (Ectemnaspis) ignescens* Roubaud and the related species *Simulium* "C", both from Colombia. *Can. J. Zool.* 66: 300-309.
- Hirai, H.; Procunier, W. S.; Ochoa, J. O.; K. Uemoto. 1994. A Cytogenetic analysis of the *Simulium ochraceum* species complex (Diptera: Simuliidae) in Central America. *Genome* 37: 36-53.
- Kettle, D. S. 1995. *Medical and Veterinary Entomology*. 2<sup>nd</sup>. Edition. CAB International. 725 pp.
- Michailova, P. 1989. The polytene chromosomes and their significance to the systematics and phylogeny of the family Chironomidae, Diptera. *Acta Zoologica Fennica* 186: 1-107.
- Moreno-R., C. 1997. Estudio morfológico y citológico integrado de algunas especies del subgénero *Ectemnaspis* (*Simulium*: Simuliidae) sensu Coscarón. Tesis de Grado, Maestría Biología-Sistemática. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. 164 pp.
- Muñoz de Hoyos, P. 1990. La importancia de los cromosomas politénicos en la determinación taxonómica de los simúlidos. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 16 (66): 511-520.
- Muñoz de Hoyos, P. 1997. Simuliidae, Diptera. En: *Memorias Seminario Invertebrados Acuáticos y su Utilización en Estudios Ambientales*, realizado los días 15-16 de septiembre de 1995. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). 211 pp.
- Procunier, W. S.; Shelley, A. J.; M. Arzube. 1985. Sibling species of *Simulium exiguum* (Diptera: Simuliidae), the primary vector of onchocerciasis in Ecuador. *Rev. Ecuat. Hig. Med. Trop.* Vol. 35 – No. 2 pp 49-59.
- Rothfels, K. H. 1979. Cytotaxonomy of black flies (Simuliidae). *Ann. Rev. Entomol.* 24: 507-539.
- Rothfels, K. H. 1988. Cytological Approaches to Black Flies Taxonomy. En: *Blackflies: Ecology, Population Management, and Annotated World List*. Ed. Kim K. C. and R. Merritt. The Pennsylvania State University
- Sawyer, J. 1991. A comparison of taxonomic techniques in the identification of the sibling species of South American Simuliidae. Univ. Of Salford. Dep. of Biological Sciences. Ph. D. Tesis. 216 pp.
- Shelley, A. J.; M. Arzube. 1985. Studies on the biology of Simuliidae (Diptera) at the Santiago onchocerciasis focus in Ecuador, with special reference to the vectors and disease transmission. *Trans. Royal Soc. Trop. Med. Hyg.* 79: 328-338.
- Shelley, A. J. 1988. Vector aspects of the epidemiology of onchocerciasis in Latin America. *Annu. Rev. Of Entomol.* 30, 337-366.
- Sorsa, V. 1988. *Polytene Chromosomes in Genetics Research*. Ellis Horwood Limited, Chichester, UK: Wiley y Sons. 289 pp.
- Tidwell, M. A.; Tidwell, M.; Muñoz de Hoyos, P.; A. Corredor. 1980. *Simulium exiguum* the vector of *Onchocerca volvulus* on the Rio Micay Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 29: 377-381.
- WHO. 1999. [web en línea]. Disponible desde Internet <http://www.who.int/ocp/ocp001.htm> [acceso abril 1999]

## FLEBÓTOMOS (DIPTERA: PSYCHODIDAE) VECTORES DE LEISHMANIASIS CUTÁNEA Y SUS DETERMINANTES ECOLÓGICOS EN LA ZONA CAFETERA DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA

**Raul Pardo<sup>1</sup>, Cristina Ferro<sup>2</sup>, Gladys Lozano<sup>3</sup>, Carlos A. Lozano<sup>3</sup>,  
Olga Cabrera<sup>4</sup>, Clive Davies Ph. D.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Candidato Ph. D., London School of Hygiene & Tropical Medicine. London, UK. <sup>2</sup> Entomología, Instituto Nacional de Salud, Santafé de Bogotá. <sup>3</sup> Epidemiología, Secretaria de Salud del Huila. <sup>4</sup> Entomología Instituto Nacional de Salud, Santafé de Bogotá. <sup>5</sup> Profesor London School of Hygiene & Tropical Medicine. London, UK.

### Resumen

El estudio tuvo como objetivos identificar las posibles especies de flebótomos vectoras de leishmaniasis cutánea en bosques y cafetales de la zona de cordillera del departamento del Huila y establecer algunos de sus determinantes ecológicos (altitud, precipitación, temperatura y tipos de hábitats). Se seleccionaron siete municipios (Santamaría, Iquira, Saladoblanco, Garzón, Algeciras, Neiva y Baraya) teniendo en cuenta variaciones en clima, geografía e incidencia de la enfermedad. Cada municipio se muestreo en tres altitudes (2000 ±200, 1500±200 y 1000±200 msnm). Los flebótomos se colectaron básicamente con trampas CDC aunque también se utilizaron cebo humano y captura en reposo en tronco de árbol. Los hábitats muestreados fueron bosques y tres tipos de plantaciones de café (tradicional, semisombra y al sol), una descripción detallada de estos hábitats se realizó usando el sistema fisionómico estructural de Kuchler. En total se colectaron 31698 insectos del género *Lutzomyia* de 715 muestras en 67 sitios. 19 especies fueron identificadas siendo la más abundante *L. longiflocosa* con un 89.2% de los especímenes capturados; la segunda especie en abundancia fue *L. nuñeztovari* con 4.6%. Por lo anterior y sus antecedentes como vectores de LC el presente estudio se concentró sobre estas dos especies. *L. longiflocosa* presentó una distribución discontinua con mayor abundancia significativa y presencia en los municipios con alta incidencia de leishmaniasis cutánea dentro del área epidémica del departamento (Neiva y Baraya). *L. nuñeztovari* presentó una distribución continua con mayores abundancias en municipios por fuera del área epidémica. Esto, sumado a la mayor endofagia y antropofilia mostradas por *L. longiflocosa*, sugiere que esta especie es el vector principal de leishmaniasis cutánea en el departamento del Huila. Con relación al hábitat, *L. longiflocosa* mostró las más altas abundancias significativas en bosques y cafetales tradicionales (4.4 y 3.7 hembras/trampa/noche), sin diferencias significativas entre estos dos hábitats. Por su parte *L. nuñeztovari* siguió un patron similar. En cuanto al rango altitudinal, ambas especies presentaron mayor abundancia entre 1500 y 1699 msnm. *L. longiflocosa* tuvo significativa reducción por debajo de 1300 msnm, en tanto que *L. nuñeztovari* mostró un más amplio rango de distribución. Con relación a la precipitación, las dos especies mostraron significantes pero diferentes asociaciones. *L. longiflocosa* presentó una asociación negativa con significativa mayor abundancia entre 1101 y 1300 mm y notoria reducción por encima de 1800 mm; mientras que *L. nuñeztovari* presentó una asociación positiva con significativo aumento en abundancia en los rangos de mayor precipitación. Con relación a la temperatura *L. longiflocosa* presentó mayor abundancia entre 18 y 19.9 °C con reducción en temperaturas menores que 17°C e iguales o mayores que 23°C; por su parte *L. nuñeztovari* presentó significativa mayor abundancia a relativas altas temperaturas (23-23.9 °C) comparada con los rangos inferiores (16-18.9 °C). La aplicación de modelos lineales generalizados (GLIM) para probar el efecto combinado de los determinantes ecológicos evaluados para predecir abundancia y presencia/ausencia de las dos especies de flebótomos explicaron en gran parte la varianza en especial por abundancia (81% para *L. longiflocosa* y 74% para *L. nuñeztovari*).

## Introducción

La leishmaniasis es una enfermedad endémica del departamento del Huila. La forma clínica más común es la leishmaniasis cutánea (LC), representando un 90% de los 1560 casos de leishmaniasis registrados por la Secretaría de Salud departamental durante el periodo 1982 – 1997 y cuya mayoría correspondió al periodo 1993 – 1996, época de la última epidemia. La LC ha sido reportada en el 46 % de los 37 municipios que conforman el departamento. Aunque la mayoría de los casos se han concentrado, aparentemente, sobre la zona cafetera, en los municipios de Neiva, Tello, Rivera y Baraya. En el departamento se ha identificado a *Leishmania braziliensis* como el principal parásito y a *L. longiflocosa* como el posible vector.

Como antecedentes de epidemias similares se puede mencionar a nivel nacional el brote de LC sucedido en Villahermosa, área cafetera del municipio de Dagua, Valledel Cauca (Montoya *et al.* 1990) en donde se registraron 27 casos de una población de 1177 habitantes y en el que se sugirió que la transmisión pudo ser de índole intradomiciliar y peridoméstica. Otro estudio fue realizado en Arboledas, Norte de Santander, área endémica para LC, en donde se registraron 226 casos de una población de 8736 habitantes entre 1983 y 1986 y en donde el hábitat dominante se describe como de plantaciones de café tradicional (Alexander y col. 1992); otro estudio en área cafetera fue llevado a cabo en La Guaira, Valle del Cauca con base en el reporte de algunos casos de LC (Alexander y col. 1995). Igualmente en estos dos últimos estudios se sugiere la posibilidad de transmisión intradomiciliar y peridomiciliar. Esta posible asociación entre cafetales y plantaciones de café también ha sido sugerida en otras partes de Latinoamérica: Venezuela (Scorza y Rojas 1988), Ecuador (Le Pont y col. 1994; Mouchet y col. 1994) y Bolivia (Le Pont y col. 1989a). Sin embargo, esta asociación no ha sido demostrada. Para el caso particular del departamento del Huila, de ser cierto esta hipótesis, se esperaría una mayor dispersión de la enfermedad ya que el área cafetera se extiende a lo largo de prácticamente todos los municipios, si bien la mayor parte se encuentra concentrada sobre la cordillera oriental pero no concentrada en los municipios del área epidémica. Lo anterior hace suponer que no es la presencia de los cultivos de café uno de los principales factores para el desarrollo de la enfermedad, sino que factores de otra índole, como climáticos, edafológicos y de características particulares de la vegetación son los responsables de crear las condiciones favorables para mantener una alta tasa de transmisión.

De otra parte, es muy poco lo que se conoce hasta el momento sobre los aspectos epidemiológicos que involucran a las especies vectoras de LC en el departamento del Huila, los cuales son fundamentales para control de esta enfermedad. Con base en lo anterior el presente trabajo tiene como objetivos identificar posibles especies vectoras de LC en el departamento del Huila e identificar algunos de sus determinantes ecológicos (precipitación, temperatura, altitud y hábitat). Estos determinantes serán utilizados en una próxima fase para la generación de un mapa predictivo de riesgo de LC en el departamento del Huila en el que se incluirán estas mismas variables teniendo como referencia información proveniente de sensores remotos.

## Metodología

### Selección de municipios y sitios de muestreo

El trabajo se desarrolló en el área montañosa del departamento del Huila, entre los meses de marzo y agosto de 1998. Se muestrearon siete municipios que se seleccionaron tratando de cubrir lo más representativo en cuanto a factores climáticos (precipitación y temperatura), geografía e incidencia de LC. Sobre la cordillera central, en una zona con altas precipitaciones (2000-2500 mm), se escogieron los municipios de Santa María e Iquira, el primero con antecedentes de 1 caso de LC y el último sin reportes de la enfermedad. En la cordillera oriental se seleccionaron los municipios de Garzón, Algeciras, Neiva y Baraya; los tres primeros dentro de

un rango de precipitación moderado (1200- 2000 mm) y el último en un área de baja precipitación (1000-1200 mm); en Garzón no se han registrado casos de LC, en Algeciras se ha registrado uno; mientras que Neiva y Baraya, dentro del área epidémica del departamento, presentan un promedio anual de 20 y 11 casos de LC x10000 habitantes, respectivamente. Por último, en el sector del Macizo Colombiano se eligió el municipio de Saladoblanco, en donde la precipitación es moderada y el cual no presenta reporte de casos. Cada municipio se dividió en tres zonas de muestreo. La primera se ubicó a aproximadamente 2000±200 msnm, la segunda a 1500±200 msnm y la última a 1000±200 msnm. En cada zona se ubicaron tres o cuatro sitios que fueron muestreados durante dos noches consecutivas.

## Hábitats

Los sitios de muestreo en cada zona correspondieron a los siguientes hábitats: 1) bosque; 2) cafetal tradicional, *Coffea arabica* var. típica (estratos arbóreos como sombrío con cobertura mayor al 50% del área del cultivo); 3) cafetal tecnificado a la semisombra, principalmente *Coffea arabica* var. caturra (árboles dispersos como sombrío con cobertura menor del 50%, o sombrío proporcionado por plantas de plátano y banano, con coberturas entre 30-80%); y 4) cafetal tecnificado al sol, principalmente *Coffea arabica* var. caturra (sin sombrío o con plantas de plátano o banano con cobertura menor del 30%).

Una clasificación más detallada de los hábitats muestreados se hizo utilizando el método fisionómico estructural de Kuchler (Montoya y Matos 1967). Este método permite una rápida descripción de la vegetación y tiene como base las formas de vida básicas (plantas leñosas: deciduas, semideciduas y siempreverdes; plantas herbáceas) y formas especiales (por ejemplo: trepadoras, estípites y epífitas). Otras variables que se tienen en cuenta son estratificación y cobertura. Adicionalmente, se tomaron muestras de las especies de plantas dominantes (diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm) en un transecto de 50 m x 4 m.

## Métodos de muestreo de los flebotomos

La densidad de flebotomos en los hábitats antes mencionados se registró con: 1) Trampas CDC, 2) Cebo humano protegido, y 3) Captura en reposo en tronco de árbol. Las trampas CDC se colocaron en el centro y borde de cada hábitat a una altura de 1.5 m y, cuando fue posible, en un intradomicilio cercano. Trampas adicionales se colocaron a 10 m de altura, en la parte baja del dosel de los bosques y de los cafetales tradicionales. Las trampas se activaron durante la noche por 12 h. Las capturas con cebo humano se hicieron en algunos de los sitios por 40 min. entre las 18:00 h. y las 21:00 h; mientras que las capturas en tronco de árbol se realizaron también en algunos sitios durante 40 min.

## Datos de precipitación, temperatura y altitud

Los datos de precipitación y temperatura se obtuvieron del mapa pluviotérmico en escala 1:500000 del proyecto cuenca del Alto Magdalena (PROCAM-INDERENA, 1984). La información para cada sitio se determinó con base en las coordenadas geográficas registradas en campo con una unidad GPS. La altitud fue registrada con altímetro, el cual fue calibrado con base en puntos de referencia tomados de mapas topográficos en escala 1:25000 de los municipios estudiados.

## Identificación de muestras entomológicas y botánicas

Los flebotomos colectados se identificaron siguiendo las claves de Young (1978) y Young y Duncan (1994), con el apoyo de la colección de referencia del Laboratorio de Entomología

del Instituto Nacional de Salud. La única excepción a lo anterior fue para algunas muestras abundantes ( $\geq 300$  hembras que parecieran *L. longiflocosa*) en donde se identificó una submuestra y los datos de éstas se extrapolaron para la muestra inicial.

Las plantas colectadas fueron identificadas por un botánico teniendo como referencia el Herbario Nacional del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional.

### Análisis estadístico

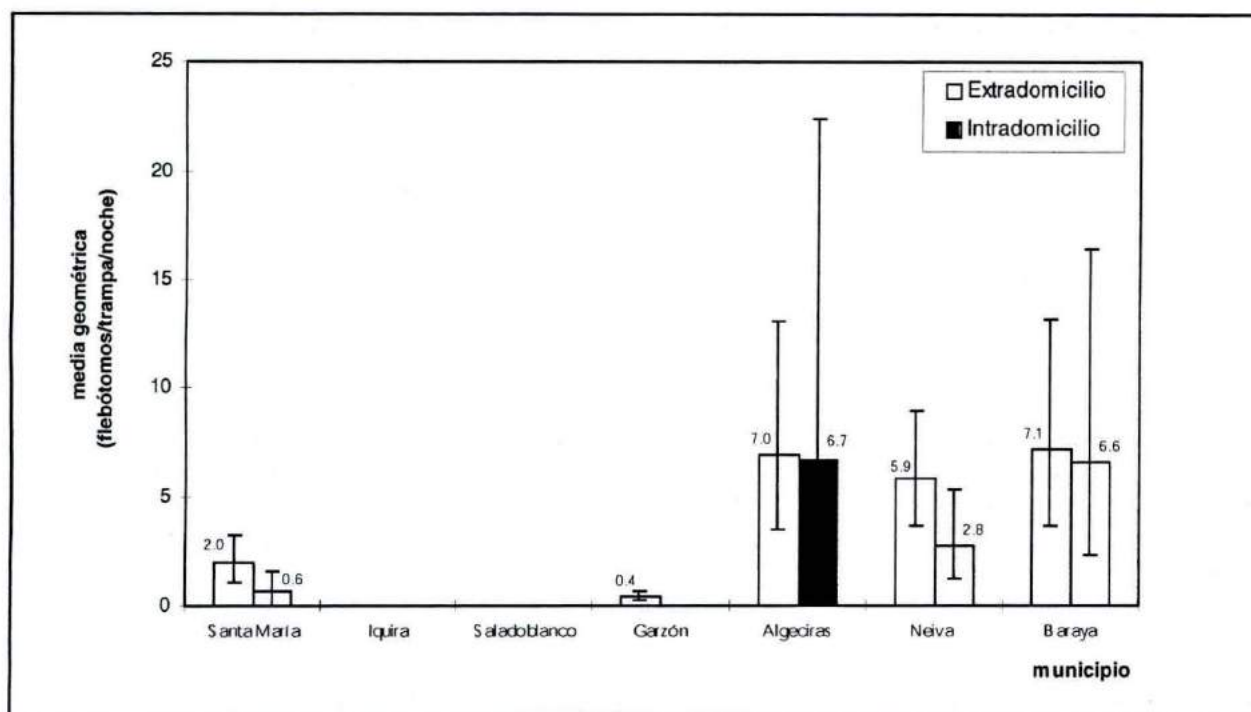
En general los resultados de las capturas de flebótomos se presentan como medias geométricas (MG). El análisis estadístico se basa en las capturas con trampas CDC extradomiciliarias para cada especie de flebótomo, las cuales fueron relacionadas con las variables estudiadas desde dos aproximaciones: a) "abundancia":  $\ln(\text{MG del total de flebótomos / sitio} + 1)$ , asumiéndose una distribución de Poisson, y b) "presencia / ausencia": proporción de trampas en cada sitio con presencia de la especie de flebótomo, en donde se asumió la distribución binomial. Las variables (precipitación, temperatura, altitud y hábitat) se tomaron como categóricas y se analizaron por análisis de varianza univariado y usando modelos multivariados lineales generalizados (GLIM) (Crawley 1993). Dentro de los modelos, la significancia de las variables fue probada adicionando todas las variables medidas para formar un máximo modelo; luego, se probó la significancia de cada variable por eliminación secuencial de la mínima significativa variable remanente del modelo, hasta alcanzar un Modelo Mínimo Adecuado (MAM) en donde todos los factores tuvieron significancia al nivel de probabilidad del 5%.

### Resultados

En total se colectaron 31698 flebótomos distribuidos en 715 muestras (567 con trampa CDC, 103 con cebo humano y 45 en tronco de árbol) tomadas en 67 sitios de muestreo. 21 especies del género *Lutzomyia* fueron identificadas, siendo *L. longiflocosa* la especie más abundante con un 89.2% del total de especímenes capturados, seguida de *L. nuñeztovari* con 4.6%. Los resultados presentados a continuación incluyen solamente estas dos especies teniendo como base su alta abundancia y antecedentes como vectores.

### Distribución geográfica

El patrón de distribución geográfica de las dos principales especies de flebótomos presentó diferencias marcadas. Con base en las colecciones con trampas CDC en el extradomicilio puede decirse que *L. longiflocosa* presentó una distribución discontinua a lo largo de las municipalidades muestreadas. Esta especie estuvo presente en todos los municipios sobre la cordillera oriental: Baraya, Neiva, Algeciras y Garzón; mientras que su presencia se redujo notoriamente sobre la cordillera central y la zona del macizo Colombiano, encontrándose solamente en Santa María, municipio ubicado al norte sobre la cordillera central (Fig. 1). Las mayores abundancias de esta especie se registraron en los municipios ubicados sobre la Cordillera Oriental: Baraya (MG= 7.1 flebótomos /trampa/noche (f/t/n)), Algeciras (7.0 f/t/n) y Neiva (5.9 f/t/n), en donde se colectó más del 96% de todos los especímenes de esta especie por cualquiera de los tres métodos de colección. Los análisis estadísticos de abundancia y de presencia/ausencia de *L. longiflocosa* mostraron diferencias altamente significativas entre municipios ( $X^2= 74$ ,  $df= 6$ ,  $p<0.001$ ;  $F= 9.7$ ,  $df= 6$ ,  $60$ ,  $p<0.002$ , respectivamente). Lo anterior amplía la distribución de esta especie endémica, restringida hasta ahora a dos municipalidades en el Huila: Tello y Baraya y cuatro en el Tolima: Rovira y Herbeo (Young y Duncan 1994) y más recientemente en Planadas y Casabianca (Datos no publicados del Laboratorio de Entomología, INS).



**Figura 1.** Abundancia de *Lutzomyia longiflocosa* de acuerdo con las municipalidades muestreadas (capturas con trampas CDC)

En contraste, la presencia de *L. nuñezovari* fue continua a lo largo de las municipalidades muestreadas, aunque con diferencias en abundancia (Fig. 2). Esta especie presentó mayor abundancia en el municipio de Garzón (2.6 f/t/n) ubicado al sur de la cordillera oriental. El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre los municipios muestreados ( $\chi^2 = 27.9$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.001$ ), con la abundancia en Garzón significativamente más alta que en la mayoría de los demás municipios. Estos resultados confirman la amplia distribución de *L. nuñezovari* que es conocida desde Guatemala hasta Bolivia (Young y Duncan 1994); sugiriendo un nicho ecológico más generalizado.

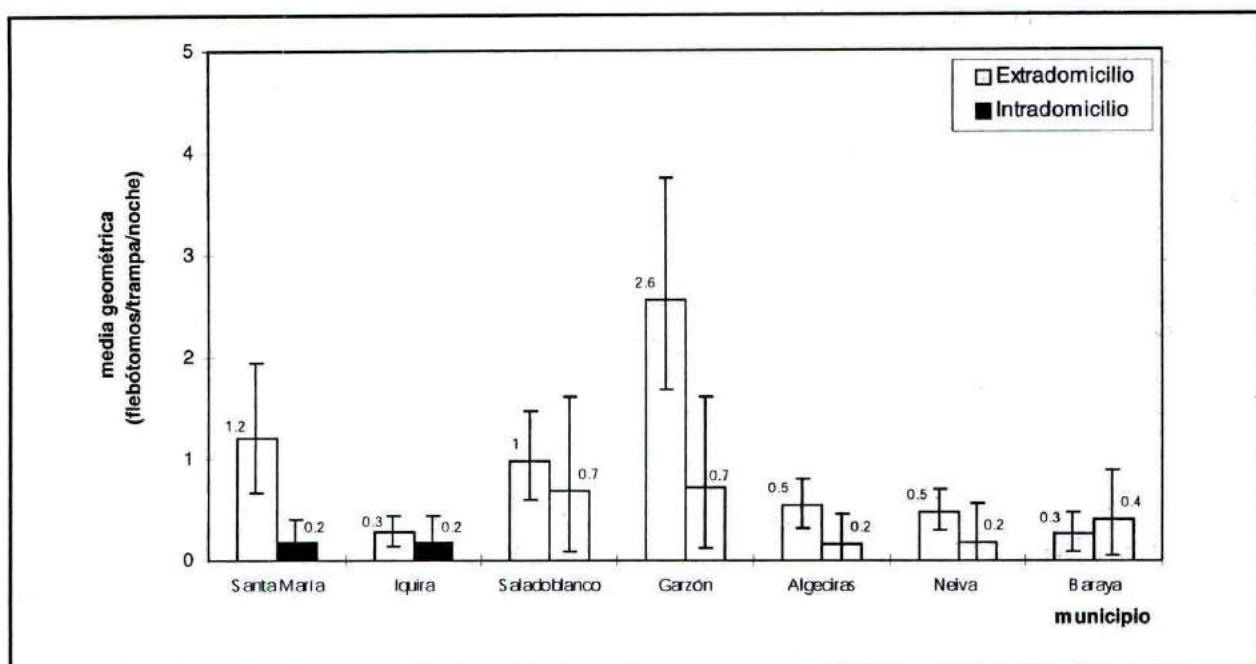
### Tipo de trampas

Las abundancias de las especies estudiadas según el tipo de trampa mostró que el cebo humano fue el método de colección más productivo para *L. longiflocosa* comparado con las capturas con trampa CDC en el extradomicilio y las capturas en reposo en tronco de árbol. En promedio 6.6 hembras/persona/40min (h/p/40min.) fue colectado por este método el cual fue 2.5 veces mayor que la MG de las colecciones con trampa CDC en el extradomicilio y 3.5 veces mayor que la MG de las colecciones en tronco de árbol (Tablas 1, 3 y 4).

*L. nuñezovari* presentó una tendencia diferente, las mayores abundancias se encontraron con trampas CDC en el extradomicilio (0.6 h/t/n) y con cebo humano (0.5 h/p/40min.) (Tablas 1, 3 y 4). Estos valores fueron 10 y 12 veces más altos respectivamente, que los valores obtenidos en tronco de árbol, en donde muy pocos especímenes fueron capturados, sugiriendo que este no es el principal sitio de reposo para esta especie.

Para ambas especies la relación entre sexos (MG del total de machos / MG del total de hembras) estuvo a favor de las hembras en todos los métodos de muestreo, siendo más





**Figura 2.** Abundancia de *Lutzomyia nuñeztovari* de acuerdo con las municipalidades muestreadas (capturas con trampas CDC)

evidente en las capturas con cebo humano en donde para *L. longiflocosa* la relación entre sexos fue de 0.17 y en donde solo hembras de *L. nuñeztovari* fueron capturadas.

Finalmente la relativa alta relación cebo humano : trampas CDC en el extradomicilio para las hembras de *L. longiflocosa* (2,4 : 1) comparada con *L. nuñeztovari* (0.83 : 1) sugieren que la primera es más antropofílica o que la segunda es más fototrópica.

#### Localización de trampas CDC

La comparación de la relación de las MG del total de hembras en el intradomicilio : hembras en el extradomicilio capturadas con trampas CDC mostró a *L. longiflocosa* con el mayor valor (0.64) comparada con *L. nuñeztovari* (0.5) (Tablas 1 y 2). Esto indica que *L. longiflocosa* es más endofágica. Teniendo en cuenta los muestreos por municipio, las capturas de *L. longiflocosa* en el intradomicilio parecen estar relacionadas con las capturas en el extradomicilio presentando sus mayores valores en los municipios ubicados dentro del área epidémica (Baraya, MG= 6.6. f/t/n y Neiva, MG= 2.8 f/t/n) y en el más próximo a ésta (Algeciras, MG= 6.7 f/t/n) (Fig. 1). Con relación a *L. nuñeztovari* la abundancia intradomiciliar fue relativamente independiente de la abundancia extradomiciliar (Fig. 2). En cuanto a la localización de las trampas CDC en cada hábitat de acuerdo con la altura de la trampa y su posición en el centro o borde, los resultados mostraron aparentes diferencias en abundancia para las dos especies que, sin embargo, no fueron significativas estadísticamente. Lo mismo sucedió con la variable distancia a la casa más cercana, con la excepción de *L. nuñeztovari* en donde, distancia a la casa, presentó una relación estadística negativa en el análisis multivariado de abundancia.

#### Distribución según tipo de hábitat

*Descripción general de hábitats.* Con base en la descripción general de los hábitats puede decirse que *L. longiflocosa* presentó aparentemente mayores abundancias para las hembras

**Tabla 1.** Abundancia de flebótomos capturados con trampa CDC en el extradomicilio según el tipo de hábitat.

Hábitat	Media geométrica <sup>a</sup> del No. de flebótomos/trampa/noche					
	No. Muestras	<i>L. longiflcosa</i>		No. muestras	<i>L. nuñeztovari</i>	
		hembras	machos		hembras	Machos
bosque	151	4.4 (3.0 - 6.3) <sup>b</sup>	2 (1.3 - 2.8)	215	0.7 (0.6 - 1)	0.5 (0.4 - 0.7)
cafetal tradicional	80	3.7 (2.1 - 6.3)	1.4 (0.7 - 2.3)	88	0.4 (0.2 - 0.6)	0.2 (0.1 - 0.3)
cafetal tecnificado semisombra	56	0.4 (0.2 - 0.7)	0.1 (0 - 0.3)	85	0.4 (0.3 - 0.6)	0.3 (0.1 - 0.6)
cafetal tecnificado al sol	50	1.5 (0.7 - 2.7)	0.6 (0.2 - 1.2)	71	0.3 (0.2 - 0.5)	0.1 (0 - 0.2)
total	337	2.8 (2.1 - 3.5)	1.2 (0.9 - 1.6)	459	0.6 (0.4 - 0.7)	0.4 (0.3 - 0.4)
(total flebótomos)	(17937)	(14346)	(3591)	(1234)	(598)	(636)

<sup>a</sup> Medias para *L. longiflcosa* excluyen los datos de dos municipios en donde esta especie fue ausente.

<sup>b</sup> (Intervalo de confianza del 95%).

**Tabla 2.** Abundancia de flebótomos capturados con trampa CDC en el intradomicilio según el tipo de hábitat.

Hábitat	Media geométrica <sup>a</sup> del No. de flebótomos/trampa/noche					
	No. muestras	<i>L. longiflcosa</i>		No. muestras	<i>L. nuñeztovari</i>	
		hembras	machos		hembras	machos
bosque	20	1.4 (0.4 - 3.0) <sup>b</sup>	0.2 (0 - 0.5)	32	0.6 (0.2 - 1.1)	0.1 (0 - 0.2)
cafetal tradicional	17	3.9 (0.9 - 11)	0.3 (0 - 0.7)	19	0.2 (0 - 0.5)	0.04 (0 - 0.1)
cafetal tecnificado semisombra	14	0.1 (0 - 0.4)	0	22	0.2 (0 - 0.4)	0
cafetal tecnificado al sol	25	2.7 (1.0 - 5.5)	0.5 (0.2 - 0.9)	35	0.2 (0 - 0.4)	0.1 (0 - 0.2)
total	76	1.8 (1.0 - 2.8)	0.3 (0.2 - 0.4)	108	0.3 (0.2 - 0.5)	0.06 (0 - 0.1)
(total flebótomos)	(746)	(711)	(35)	(89)	(78)	(11)

<sup>a</sup> Medias para *L. longiflcosa* excluyen los datos de dos municipios en donde esta especie fué ausente.

<sup>b</sup> (Intervalo de confianza del 95%).

en los bosques (MG= 4.4 h/t/n) y cafetales tradicionales (3.7 h/t/n) mientras las más bajas abundancias de hembras se presentó en cafetales a la semisombra (0.4 h/t/n) (Tabla 1). De acuerdo con el análisis univariado, hábitat fue una variable explicatoria por abundancia ( $X^2= 8.9$ ,  $df= 3$ ,  $p < 0.005$ ) y presencia/ausencia, siendo la presencia en los bosques significativamente mayor que la presentada en los cafetales semisombra.

De otra parte no se encontraron diferencias significativas en la abundancia de esta especie en bosques y cafetales tradicionales. Esto puede ser explicado sobre la hipótesis que *L. longiflocosa* depende, para completar su ciclo de vida, de hábitats con estratos arbóreos que mantienen condiciones microambientales estables.

*L. nuñeztovari* presentó una distribución más homogénea con abundancias relativamente similares en la mayoría de los hábitats; su mayor abundancia se encontró en los bosques (0.7 h/t/n). Sin embargo, el análisis estadístico univariado mostró una asociación significativa entre abundancia y tipo de hábitat ( $X^2= 10.35$ ,  $df= 3$ ,  $p < 0.025$ ); con la abundancia en los bosques significativamente mayor que en los cafetales al sol.

Las colecciones con trampa CDC en los intradomicilios para *L. longiflocosa* fueron relativamente iguales o mayores que en los extradomicilios, en cafetales tradicionales (3.9 h/t/n vs 3.7 h/t/n, respectivamente) y tecnificados al sol (2.7 h/t/n vs 1.5 h/t/n, respectivamente); mientras que en los bosques la abundancia intradomiciliar fue menor que la extradomiciliar (1.4 h/t/n vs 4.4 h/t/n). Esto puede ser explicado por efecto de la distancia de las casas a los hábitats, que facilita el acceso de los flebótomos a estas. En los cafetales, las casas estuvieron localizadas muy cerca o dentro de este hábitat (73% a una distancia menor de 50 m.), mientras las casas relacionadas con los bosques estuvieron fuera de éste o relativamente lejos (82% a una distancia mayor de 50 m.).

*Descripción detallada de hábitats.* La clasificación detallada de hábitats de acuerdo con el sistema de Kuchler (aplicado a los 37 sitios con bosques y cafetales tradicionales) permitió distinguir 15 tipos de bosques. Debido a que no se evidenció un patrón en abundancia de flebótomos y al bajo número de réplicas (la mayoría entre 1 y 3), estos datos no fueron incluidos en las pruebas estadísticas. Sin embargo, algunas características usadas en esta clasificación se incluyeron en los análisis: número de estratos, tipo de plantas y cobertura (este último aplicado a todos los hábitats estudiados).

*Cobertura.* Se tomó como base el porcentaje de cobertura de árboles con alturas mayores a 5 m. El análisis univariado mostró una positiva asociación entre cobertura y la abundancia de *L. longiflocosa* ( $X^2= 6.4$ ,  $df= 1$ ,  $p < 0.025$ ). Para *L. nuñeztovari* no se encontró ninguna asociación con cobertura. Este resultado sugiere que *L. longiflocosa* esta adaptada a hábitats con estratos arbóreos y que *L. nuñeztovari* es una especie más generalista.

*Número de estratos.* Los bosques y cafetales tradicionales estudiados presentaron entre 1 y 6 estratos arbóreos. *L. longiflocosa* presentó mayores abundancias cuando más de tres estratos estuvieron presentes, pero ninguna asociación estadística fue confirmada. En contraste *L. nuñeztovari* mostró el patrón opuesto con mayores abundancias cuando el número de estratos fue menor de tres. Esta tendencia fue confirmada por el análisis univariado tanto por abundancia ( $X^2= 10.4$ ,  $df= 2$ ,  $p < 0.01$ ) como por presencia/ausencia. Esto refuerza el anterior planteamiento de que *L. nuñeztovari* es una especie generalista, capaz de sobrevivir en hábitats con reducida complejidad estructural, lo que le permitiría a esta especie subsistir en una mayor variedad de hábitats que *L. longiflocosa*.

*Tipos de plantas.* La comparación de la abundancia y presencia/ausencia de flebótomos con la presencia de plantas deciduas, semideciduas y siempreverdes en los bosques y cafetales tradicionales, mostró que la abundancia de *L. longiflocosa* fue aparentemente mayor cuando las

plantas deciduas estuvieron presentes, mientras su abundancia disminuyó con la presencia de plantas semideciduas o siempreverdes; sin embargo el análisis estadístico no detectó ninguna asociación. Por su parte, *L. nuñeztovari* presentó el patrón opuesto con bajas abundancias cuando plantas deciduas estuvieron presentes; su abundancia fue mayor cuando plantas semideciduas estuvieron presentes; mientras que la presencia de plantas siempreverdes no pareció afectar su abundancia. El análisis estadístico univariado mostró que la reducción en abundancia de esta especie, en presencia de plantas deciduas, fue significativa ( $\chi^2 = 4.8$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.05$ ).

*Especies de plantas.* Se identificaron 111 especies de plantas, dentro de 47 familias; siendo la diversidad entre sitios relativamente alta (solo 21% de las familias y 8% de las especies, se encontraron en más de tres sitios). Lo anterior dificultó la identificación de asociaciones entre especies de plantas y la abundancia y/o presencia/ausencia de flebótomos.

### Altitud

Los valores extremos muestreados fueron 940 msnm y 2090 msnm.

*L. longiflocosa* fue aparentemente más abundante entre 1500 - 1699 msnm (MG= 20 f/t/n). Su abundancia disminuyó notablemente por debajo de 1300 msnm (Fig. 3). Análisis univariado usando tres rangos de altitud (900 - 1299, 1300 - 1699 y 1700 - 2099 msnm) mostró que esta especie fue significativamente menos abundante ( $X^2 = 39.6$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.001$ ) y se presentó con menor frecuencia ( $F = 7.6$ ,  $df = 2$ ,  $64$ ,  $p < 0.01$ ) por debajo de 1300 msnm.

En contraste, *L. nuñeztovari* presentó una distribución más homogénea, con menores variaciones en altitud; aunque, la mayor abundancia también se encontró entre 1500 y 1699 msnm (1.7 f/t/n) (Fig. 4). Ninguno de los análisis univariados mostraron asociación con la altitud.

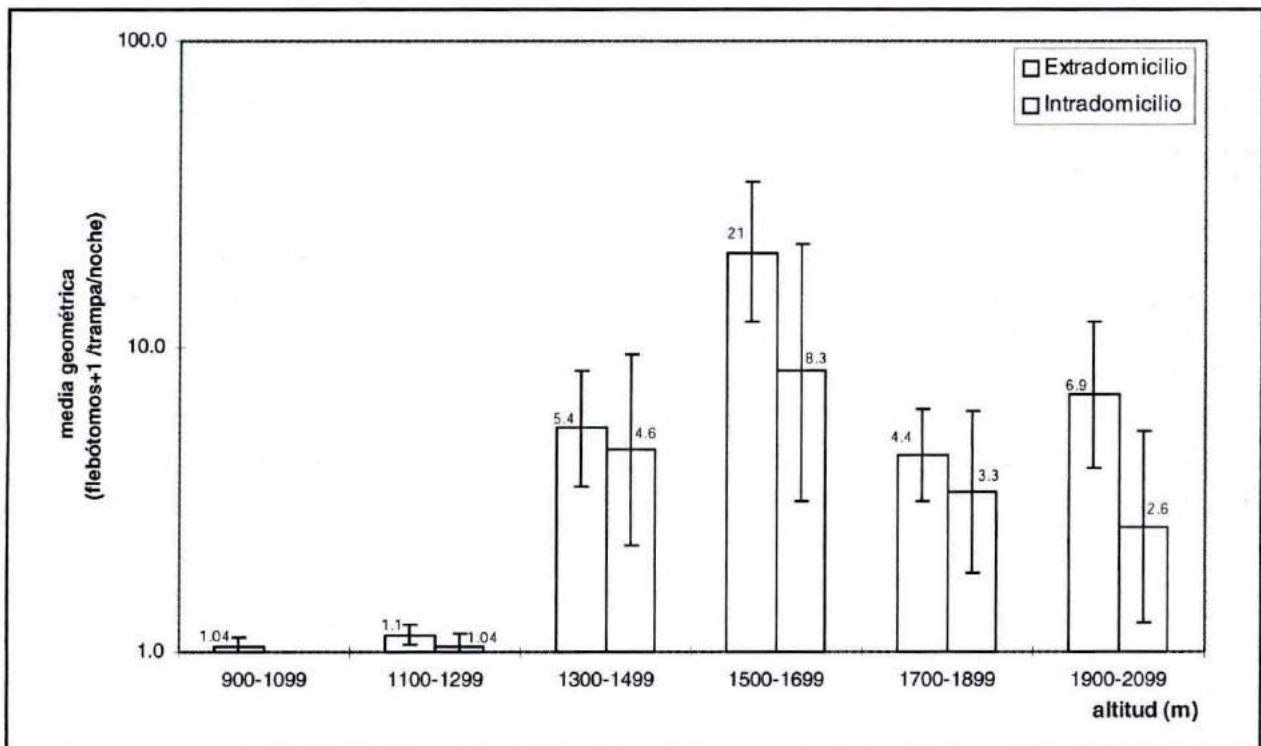


Figura 3. Abundancia de *Lutzomyia longiflocosa* de acuerdo con la altitud (capturas con trampas CDC)

Tabla 3. Abundancia de flebótomos capturados con cebo humano en el extradomicilio según el tipo de hábitat.

Hábitat	Media geométrica <sup>a</sup> del No. de flebótomos/persona/40min					
	No. muestras	<i>L. longiflocosa</i>		<i>L. nuñeztovari</i>		
		hembras	machos	No. muestras	hembras	machos
bosque	37	11 (4.5 - 26) <sup>b</sup>	1.8 (0.6 - 3.9)	48	0.8 (0.4 - 1.3)	0
cafetal tradicional	18	7.2 (1.5 - 26)	1.0 (0 - 3.3)	19	0.3 (0 - 0.6)	0
cafetal tecnificado semisombra	11	1.6 (-0.3 - 2.7)	0	14	0.5 (0 - 1.3)	0
cafetal tecnificado al sol	18	5.8 (1.2 - 12)	0.9 (0.1 - 2.1)	22	0.2 (0 - 0.6)	0
total	84	6.6 (3.6 - 11)	1.1 (0.5 - 1.9)	103	0.5 (0.3 - 0.8)	
(total flebótomos)	(9013)	(7874)	(1139)	(130)	(130)	0

<sup>a</sup> Medias para *L. longiflocosa* excluyen los datos de dos municipios en donde esta especie fué ausente.

<sup>b</sup> (Intervalo de confianza del 95%).

Tabla 4. Abundancia de flebótomos capturados reposando en tronco de árbol según el tipo de hábitat.

Hábitat	Media geométrica <sup>a</sup> del No. de flebótomos/persona/40min					
	No. muestras	<i>L. longiflocosa</i>		<i>L. nuñeztovari</i>		
		hembras	machos	No. muestras	hembras	machos
bosque	21	2.8 (0.7 - 7.4) <sup>b</sup>	0.7 (0.1 - 1.9)	29	0.05 (0 - 0.1)	0.04 (0 - 0.1)
cafetal tradicional	9	1.0 (0.2 - 2.6)	1.0 (0 - 3.1)	10	0.1 (-0.1 - 0.2)	0.4 (-0.2 - 1.2)
cafetal tecnificado semisombra	3	0	0	6	0	0
total	33	1.9 (0.7 - 3.8)	0.7 (0.2 - 1.5)	45	0.05 (0 - 0.1)	0.1 (0 - 0.2)
(total flebótomos)	(571)	(474)	(97)	(13)	(3)	10

<sup>a</sup> Medias para *L. longiflocosa* excluyen los datos de dos municipios en donde esta especie fué ausente.

<sup>b</sup> (Intervalo de confianza del 95%).

En conclusión, *L. longiflocosa* parece estar adaptada a un rango altitudinal más estrecho que *L. nuñeztovari*.

### Precipitación

Los valores extremos de precipitación muestreados fueron: 1137 mm y 2021 mm. *L. longiflocosa* fue más abundante entre 1600 - 1799 mm (MG= 11 f/t/n), entre 1200 - 1399 mm (9 f/t/n) y entre 1000 - 1199 mm (6.3 f/t/n) (Fig. 5). Esta especie presentó una notoria disminución por encima de 1800 mm. El análisis univariado mostró que la precipitación fue una variable explicatoria para *L. longiflocosa*, tanto por abundancia ( $X^2= 57.4$ ,  $df= 5$ ,  $p < 0.001$ ) como por presencia/ausencia ( $F= 4.9$ ,  $df= 5$ ,  $61$ ,  $p < 0.002$ ) mostrando una asociación negativa; significativa mayor abundancia fue encontrada entre 1101 - 1300 mm. comparada con los rangos de precipitación mayores.

Por su parte *L. nuñeztovari*, presentó un patrón diferente. La mayor abundancia de esta especie se presentó en el rango 1600 - 1799 (MG= 3.0 f/t/n), mientras que las menores se presentaron en los rangos de menor precipitación (Fig. 6). El análisis estadístico univariado mostró una positiva asociación entre precipitación y abundancia de esta especie ( $X^2= 30.9$ ,  $df= 5$ ,  $p < 0.001$ ) así como con presencia/ausencia ( $F= 7.1$ ,  $df= 5$ ,  $61$ ,  $p < 0.002$ ).

### Temperatura

Los valores extremos de temperatura muestreados estuvieron entre 16 °C y 23 °C. *L. longiflocosa* fué más abundante entre 18-18.9 °C (MG= 4.5 f/t/n) y entre 19 y 19.9 °C (4.3 f/t/n); su abundancia se redujo notoriamente o no se encontró en los rangos de temperatura extremos, 16 - 16.9°C y 23 - 23.9 °C (Fig. 7). El análisis univariado mostró que la temperatura fue una variable explicatoria por abundancia ( $X^2= 24.8$ ,  $df= 4$ ,  $p < 0.001$ ) y presencia/ausencia ( $F= 7.6$ ,  $df= 4$ ,  $62$ ,  $p < 0.002$ ). Por su parte *L. nuñeztovari* volvió a presentar un patrón diferente al de *L. longiflocosa*; encontrándose en todos los rangos de temperatura muestreados. Las mayores abundancias de esta especie se encontraron entre 22 - 22.9 °C (MG= 1.9 f/t/n) así como en los rangos 23 - 23.9 °C y 19 - 19.9 °C (MG= 1.6 f/t/n para cada uno) (Fig. 8). El análisis estadístico por abundancia mostró que la temperatura fue una variable explicatoria para *L. nuñeztovari* ( $X^2= 24$ ,  $df= 5$ ,  $p < 0.001$ ).

En conclusión, la distribución de *L. longiflocosa* parece estar limitada a un relativo rango estrecho de temperatura, mientras que *L. nuñeztovari* parece estar adaptada a un rango más amplio.

### Análisis multivariado

Todas las variables probadas en el análisis univariado (excluyendo municipalidad y las variables medidas únicamente en bosque y cafetales tradicionales) se incluyeron dentro de los modelos lineales generalizados multivariados (GLIM) para probar su valor en la predicción de abundancia y presencia/ausencia de las dos especies de flebotomos estudiadas.

El modelo mínimo adecuado (MAM) para la abundancia de *L. longiflocosa* incluyó como variables significativas en orden de importancia: precipitación, temperatura, altitud y hábitat. Este modelo explicó el 81% de la varianza en abundancia. El MAM para predecir presencia/ausencia incluyó solamente temperatura y altitud, explicando el 50% de la varianza (Tabla 5). Es de anotar que la temperatura fue una de las mayores variables explicatorias en ambos modelos para esta especie. También llama la atención que el hábitat fue una de las variables de menor peso, incluida solo en el MAM de abundancia.

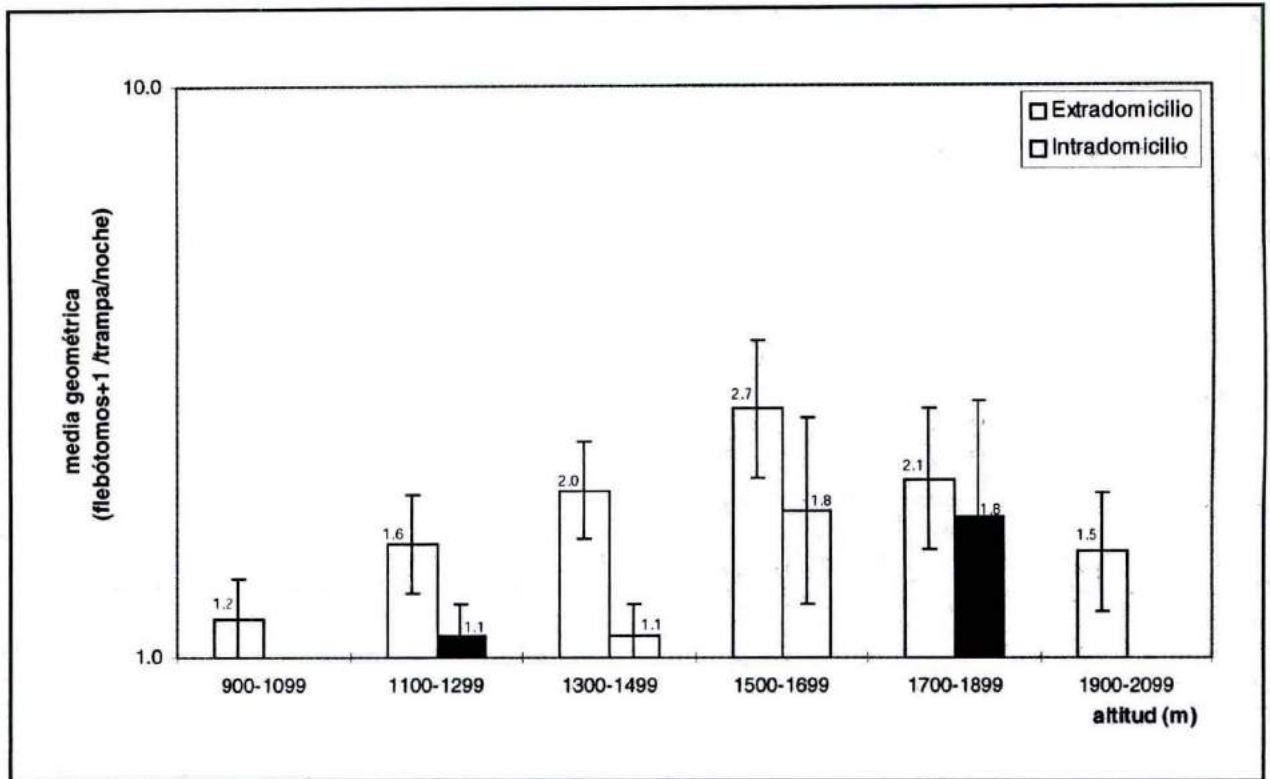


Figura 4. Abundancia de *Lutzomyia nuñeztovari* de acuerdo con la altitud (capturas con trampas CDC)

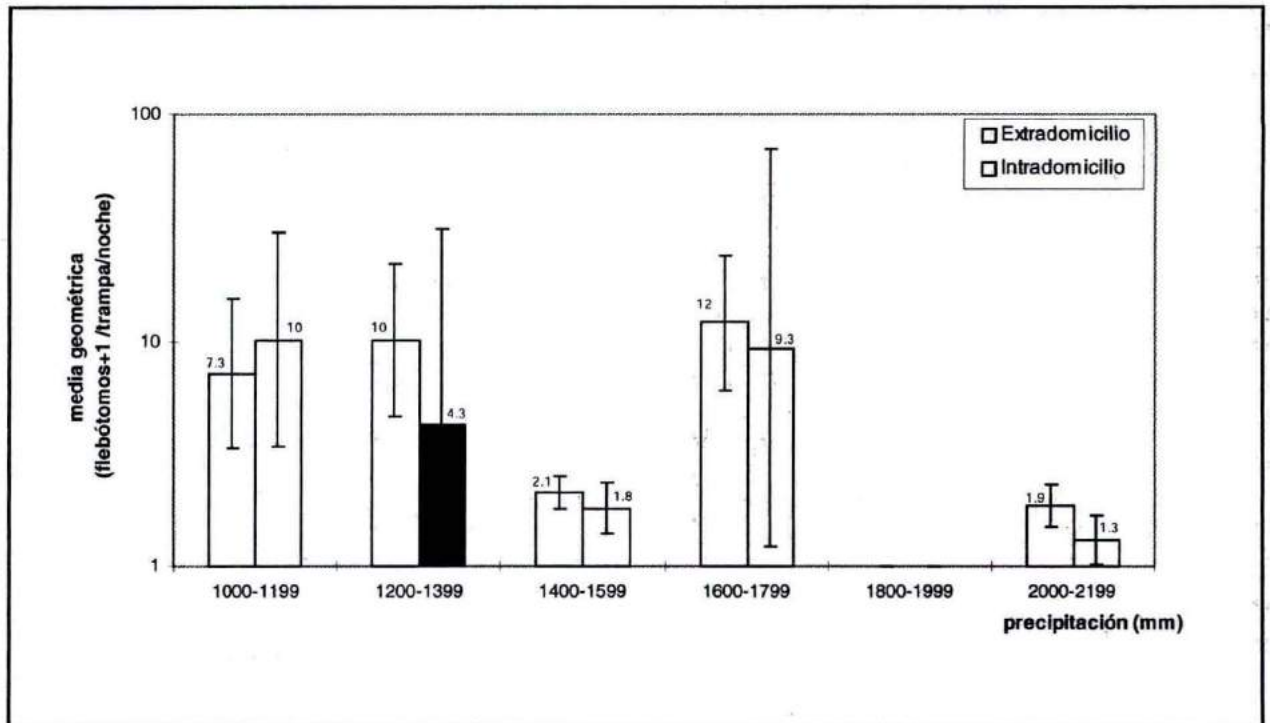


Figura 5. Abundancia de *Lutzomyia longiflocosa* de acuerdo con la precipitación anual (capturas con trampas CDC)

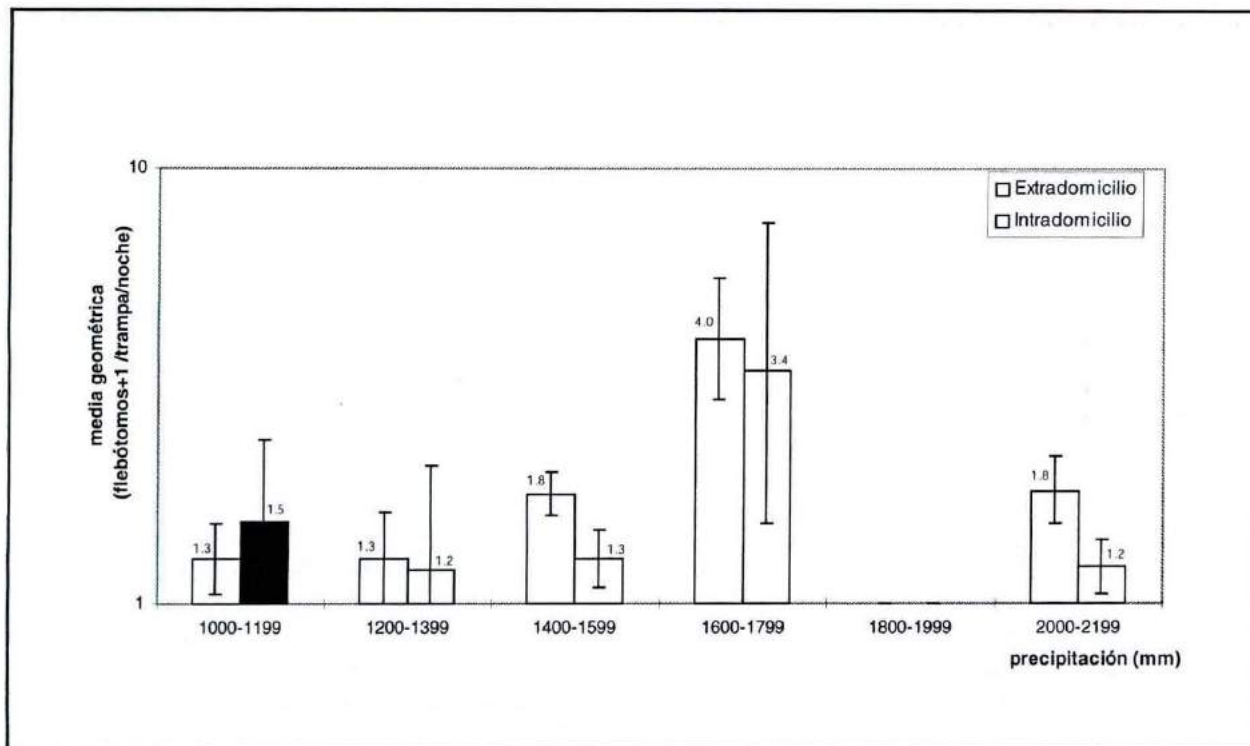


Figura 6. Abundancia de *Lutzomyia nuñeztovari* de acuerdo con la precipitación anual (capturas con trampas CDC)

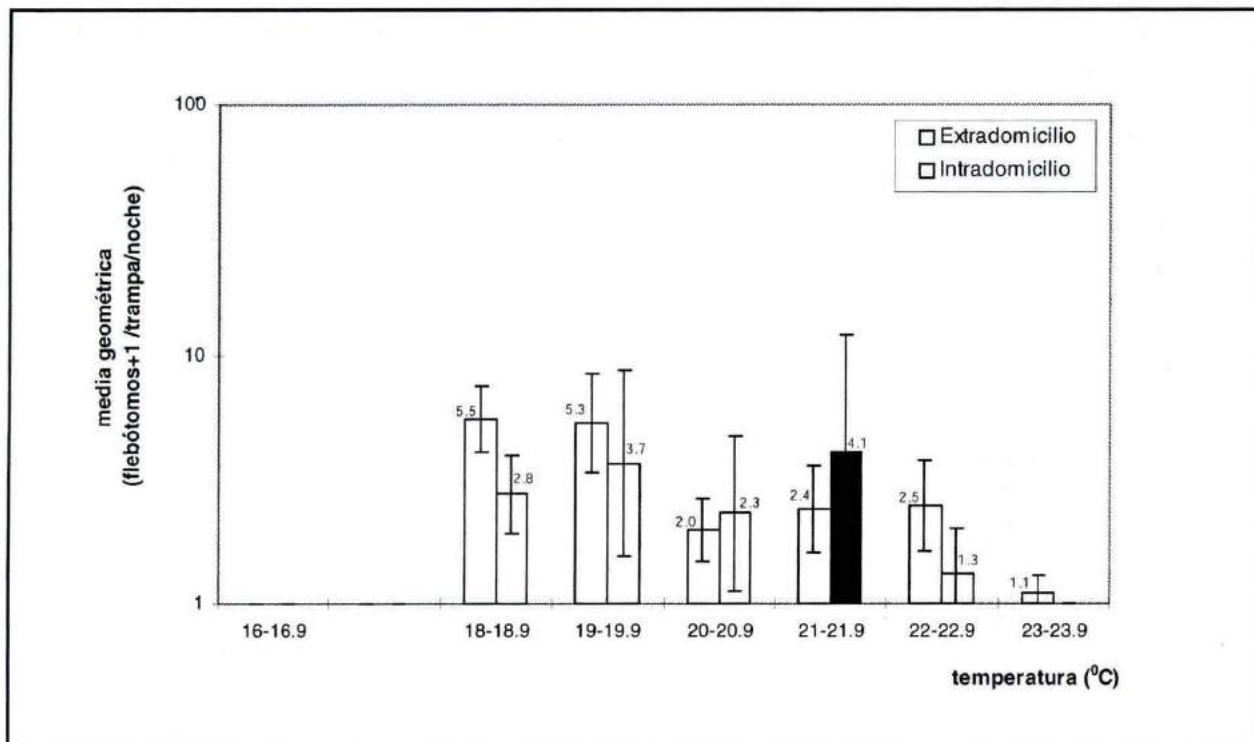
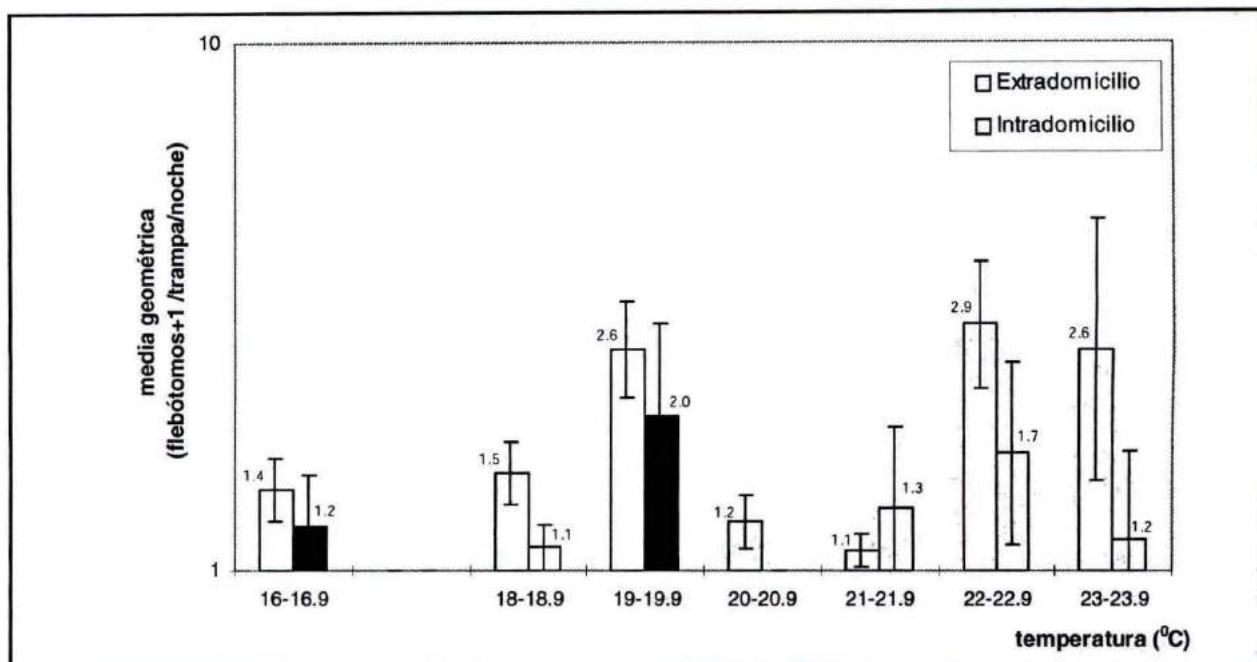


Figura 7. Abundancia de *Lutzomyia longiflocosa* de acuerdo con la temperatura (capturas con trampas CDC)





**Figura 8.** Abundancia de *Lutzomyia nuñeztovari* de acuerdo con la temperatura (capturas con trampas CDC)

El MAM de abundancia para *L. nuñeztovari* incluyó como variables explicatorias en orden de importancia: temperatura, altitud, distancia a la casa más cercana, hábitat y presencia de plantas de plátano o banano. Este modelo explicó el 74% de la varianza en abundancia. El MAM para predecir presencia/ausencia de esta especie incluyó precipitación y altitud; explicando el 54% de la varianza (Tabla 6). Aquí fue notable la asociación entre precipitación y la presencia/ausencia de *L. nuñeztovari*; esta variable explicó el 41% en varianza. Al igual que en el caso de *L. longiflocosa* el hábitat tuvo un valor predictivo relativamente pequeño.

En resumen, las variables dentro del MAM que pueden ser consideradas como los factores de riesgo más importantes para la abundancia y presencia de las dos especies de flebotomos estudiadas, y por tanto potenciales factores de riesgo para LC, fueron: 1) temperatura (aparentemente más importante para *L. longiflocosa*; 2) precipitación (aparentemente más importante para *L. nuñeztovari*) y 3) altitud.

#### Implicación de los resultados sobre el papel de *L. longiflocosa* y *L. nuñeztovari* como vectores de leishmaniasis cutánea en el departamento del Huila

*L. longiflocosa* parece ser el principal vector de LC en el departamento del Huila, por lo menos dentro del área epidémica; mientras que *L. nuñeztovari* podría ser un vector secundario. Lo anterior teniendo como base las siguientes razones:

- 1) *L. longiflocosa* fue la especie antropofílica más abundante en el departamento del Huila (89% de todos los flebotomos recolectados vs 4.6% correspondiente a *L. nuñeztovari*).
- 2) *L. longiflocosa* parece ser más antropofílica que *L. nuñeztovari* (relación cebo humano : CDC extradomiciliar= 2.4 : 1 y de 0.83 : 1, respectivamente).
- 3) *L. longiflocosa* fue más endofágica que *L. nuñeztovari* (relación CDC intradomiciliar : CDC extradomiciliar= 0.64 y 0.5 respectivamente).

**Tabla 5.** Determinantes ecológicos para *Lutzomyia longiflocosa* identificados en los análisis univariados y multivariados, usando el Modelo Mínimo Adecuado en GLIM.

variable <sup>a</sup>	análisis univariado				análisis multivariado			
	Poisson		binomial		Poisson		binomial	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
temperatura (19-23.9°C, dividida en 5 rangos)	0.29	**	0.33	*	0.22	***	0.31	***
precipitación (1101- 2100 mm, dividido en 6 rangos)	0.39	**	0.29	*	0.23	***		
altitud (900-2100 msnm, dividido en 3 rangos)	0.27	**	0.19	*	0.11	***	0.17	***
hábitat (4 tipos)	0.12	*			0.07	*		
total					0.81		0.5	

\* p &lt; 0.05; \*\* p &lt; 0.01; \*\*\* p &lt; 0.001

<sup>a</sup> Únicamente se presentan las variables que fueron significativas en el análisis multivariado.**Tabla 6.** Determinantes ecológicos para *Lutzomyia nuneztovari* identificados en los análisis univariados y multivariados, usando el Modelo Mínimo Adecuado en GLIM.

variable	análisis univariado				análisis multivariado			
	Poisson		binomial		Poisson		binomial	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
temperatura (19-23.9°C, dividida en 5 rangos)	0.28	**			0.38	***		
precipitación (1101- 2100 mm, dividido en 6 rangos)	0.33	**	0.37	*			0.41	***
altitud (900-2100 msnm, dividido en 6 rangos)					0.23	***	0.18	**
distancia a la casa más cercana					0.11	***		
hábitat (4 tipos)	0.14	*			0.1	***		
presencia de Musa spp. (banano o plátano)					0.02	*		
total					0.74		0.54	

\* p &lt; 0.05; \*\* p &lt; 0.01; \*\*\* p &lt; 0.001

<sup>a</sup> Únicamente se presentan las variables que fueron significativas en el análisis multivariado.

- 4) Parece que hay una asociación entre las municipalidades en donde *L. longiflocosa* estuvo presente y las municipalidades en donde se han registrado casos de LC. *L. longiflocosa* estuvo presente en todos los municipios con antecedentes de LC ( Neiva, Baraya, Algeciras y Santamaría) y no fue encontrada (con excepción de Garzón, municipio con la más baja abundancia de esta especie) en los municipios en donde no se ha señalado la enfermedad (Iquira y Saladoblanco).
- 5) La mayor abundancia de *L. longiflocosa* fue registrada en las municipalidades con las incidencias más altas de LC, ubicadas dentro del área epidémica (Neiva y Baraya); con la excepción de Algeciras, municipio contiguo al límite sur de esta área; lo que además sugiere que este municipio presenta un riesgo potencial para la transmisión de la LC. Estos resultados se suman a recientes estudios en donde se han aportado otras pruebas de incriminación para esta especie; como la infección en laboratorio de hembras con *Leishmania braziliensis* (Castillo y Santamaría 1998) y la infección experimental de un hamster por la picadura de hembras de esta especie infectadas, también, con *L. braziliensis* (Santamaría *et al.* 1998). Sin embargo, es necesario buscar pruebas adicionales, pues otros elementos importantes en la incriminación aún no han sido demostrados. Particularmente no se ha podido detectar infección natural de esta especie (Ferro *et al.* 1998). Con relación a *L. nuñeztovari*, esta especie no se puede descartar por completo como posible vector debido a que es el vector más probable de LC en un área ecológica similar (zona cafetera) en las Yungas, Bolivia, en donde es muy abundante y presenta un hábito endofágico y exofílico (Le Pont *et al.* 1989 a, b; Torrez *et al.* 1998). En cuanto al papel de los cafetales como un factor de riesgo para la transmisión de LC los resultados indican que solo los cafetales tradicionales (que en realidad son un tipo de bosque intervenido) presentan riesgo por la abundancia alta de *L. longiflocosa* en ellos. Sin embargo, su importancia en general parece no ser tan grande como se puede suponer como quedó evidenciado en el análisis multivariado en donde fue uno de los determinantes de menor peso.

Teniendo como base los determinantes ecológicos detectados para *L. longiflocosa* se puede plantear que los factores de riesgo para la LC en el departamento del Huila son:

- 1) Temperatura entre 18 - 19.9 °C;
- 2) Precipitación relativamente baja o moderada, principalmente entre 1101 y 1300 mm;
- 3) Altitud entre 1300 - 1699 m y
- 4) Presencia de bosques y cafetales tradicionales.

El comportamiento endofágico (detectado con las trampas CDC intradomiciliares) de ambas especies, en especial el de *L. longiflocosa* dentro del área epidémica, sugiere que medidas de control a nivel intradomiciliar pueden tener efecto sobre la incidencia de la LC.

Finalmente se puede decir que el porcentaje alto de varianza explicado por los MAM, particularmente en el caso de abundancia para ambas especies de flebotomos (81% para *L. longiflocosa* y 74% para *L. nuñeztovari*), proporciona una base sólida para la generación de mapas predictivos de riesgo de transmisión para LC en el departamento del Huila.

## Referencias

- Alexander, B.; Ferro C.; Young D. G.; Morales A.; Tesh R. B. 1992. Ecology of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in a focus of *Leishmania (Viannia) braziliensis* in Northeastern Colombia. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 87 (3): 387-395.
- Alexander, B.; Usma, M. C.; Cadena, H.; Quezada, B. L.; Solarte, Y.; Roa, W.; Montoya, J.; Jaramillo, C.; Travi, V. L. 1995. Phlebotomine sandflies associated with a focus of cutaneous leishmaniasis in Valle del Cauca, Colombia. Med. Vet. Entomol. 9:273-278.

- Castillo R. M.; Santamaria H. E. 1998. Un ensayo de infección experimental de *Lutzomyia torvida* y *Lutzomyia longiflocosa* con *Leishmania braziliensis*. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Química y Biología. Universidad de la Salle. Bogotá. 80 p.
- Crawley M. J. 1993. GLIM for ecologist, Methods in ecology. Blackwell Scientific Publications (ed.).Oxford. 188-210 p.
- Ferro C.; Cabrera O. L.; Ayala M.; Santamaria E.; Castillo M. 1998. Especies del grupo Verrucarum (Diptera : Psychodidae) y su papel como vectores en dos focos de *Leishmania braziliensis* del centro de Colombia. Resúmenes, XXV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. p 41.
- Le Pont, F.; Mouchet, J.; Desjeux P. 1989a. Leishmaniasis in Bolivia. VI. Observations on *Lutzomyia nuneztovari anglesi* Le Pont & Desjeux, 1984 the presumed vector of tegumentary leishmaniasis in the Yungas focus. Men. Inst. Oswaldo Cruz. 84 (2): 277-278.
- Le Pont, F.; Mouchet, J.; Desjeux, P.; Torres Espejo, J. M.; Richard, A. 1989b. Epidemiologie de la leishmaniose tegumentaire en Bolivie. 2. Modalites de la transmission. Ann. Soc. belge Med. Trop. 69:307-312.
- Le Pont, F.; Leon, R.; Guerrini, F.; Gantier, J. C.; Mouchet, J.; Echeverria, R.; Guderian R. H. 1994. Leishmaniose en Equateur. 3. *Lutzomyia trapidoi*, vecteur de *Leishmania panamensis*. Ann. Soc. belge Med. Trop. 74:23-28.
- Montoya J.; Jaramillo C.; Palma G.; Gomez T.; Segura I.; Travi B. 1990. Report of an epidemic outbreak of tegumentary leishmaniasis in a coffee-growing area of Colombia. Men. Inst. Oswaldo Cruz. 85(1):119-121.
- Mouchet J.; Le Pont F.; Leon R.; Echeverria R.; Guderian R. H. 1994. Leishmaniose en Equateur. 5. Leishmaniose et anthropisation sur la facade pacifique. Ann. Soc. belge Med. Trop. 74:35-41.
- PROCAM-INDERENA, 1984. Proyecto cuenca alto Magdalena. Vol.2. Morfología y climatología. 195p.
- Santamaría E.; Castillo M.; Cárdenas R.; Bello F.; Ayala M.; Ferro C. 1998. Transmisión experimental de *Leishmania braziliensis* a hámster por picadura de *Lutzomyia longiflocosa* (Díptera: Psychodidae) provenientes de un foco endémico en la zona cafetera colombiana. Medicas UIS 12 (6): 279-284.
- Scorza, J. V.; Rojas, E. 1988. Caficultura y leishmaniasis tegumentaria en Venezuela. Bol. Dir. Mal. San. Amb. XXVIII (3-4): 114-127.
- Torrez M.; Lopez M.; Le Pont F.; Martinez E.; Munoz M.; Hervas D 1998. *Lutzomyia nuneztovari anglesi* (Diptera: Psychodidae) as a probable vector of *Leishmania braziliensis* in the Yungas, Bolivia. Acta Trop. 71: 311-316.
- Young D. G. 1979. A review of the bloodsucking Psychodid flies of Colombia (Diptera: Phlebotominae and Psycoracinae). Tech. Bull. 806, Agric. Exp. Station, IFAS, Univ. Florida, Gainesville, USA. 266p.
- Young D. G.; Duncan M. A. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, The West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Mem. Amer. Entomol. Inst. No. 54. Associated Publishers, Gainesville, Florida, USA. 881.

## INCRIMINATION OF *Leishmania panamensis* VECTORS BY STATISTICS METHODS

### INCRIMINACIÓN DE VECTORES DE *Leishmania panamensis* POR MÉTODOS ESTADÍSTICOS

**Gerardo Muñoz Mantilla Ph. D.**

Universidad Industrial de Santander  
Departamento de Ciencias Básicas  
Facultad de Salud

#### Introduction

The diversity of sandfly fauna in the American Continent is remarkably high compared with the sandfly fauna in the Old World (CIPA group 1993) but only 10% of them are proven or suspected vectors of leishmaniasis (Killick-Kendrick 1990). The evidence used for vector incrimination has traditionally been limited to a number of biological criteria (Lewis and Ward 1987; Killick-Kendrick 1990), but statistical associations can assist in vector incrimination in the absence of other biological evidence (Davies *et al.* 1997). The biological evidence required the following criteria: (1) presence of the sandfly species in the focus of leishmaniasis transmission; (2) demonstration that the sandfly is anthropophilic and, if the disease is a zoonosis, also feeds on the animal reservoir; (3) isolation of the same *Leishmania* strain from patients and sandflies; and (4) vector competence, i.e. the parasite can develop within the sandfly gut and can be transmitted by bite to a susceptible mammal host. In many endemic leishmaniasis sites in the New World, a large number of sandflies species may fit criteria (1) and (2), and it is difficult to distinguish which play significant vectorial roles. Field infection rates tend to be low, and so statistical comparisons of infection rates in different species are unlikely to be fruitful. Vector competence studies are also of limited value, as the experimental infection rates with colonised sandflies do not necessarily reflect the natural situation.

Related with *L. panamensis* vectors, the accumulated incriminatory evidence from natural infections is clearly more convincing for *Lutzomyia (Lu.) trapidoi* than for *Lu. gomezi* (Table 1). At least 11 characterised infections have reportedly been detected in field caught *Lu. trapidoi* (from 5 studies) compared to only one in *Lu. gomezi*. The other biological evidence available also generally supports the contention that *Lu. trapidoi* is a more efficient vector than *Lu. gomezi*: (1) *Lu. trapidoi* feeds on a broad range of mammals, indicating that host selection is influenced by availability, but bloodmeals taken from sloths (*Choloepus hoffmanni*), the proven reservoir of *L. panamensis*, have been found in wild *Lu. trapidoi* individuals (Tesh *et al.* 1971, 1972; Zeledon *et al.* 1985; Christensen *et al.* 1983), and this species has also been observed biting sloths (Thatcher and Herting 1966); whereas, *Lu. gomezi* feed mainly on primates (Zeledon *et al.* 1985), (2) Experimental infections conducted by Jaramillo *et al.* (1994) on both sandfly species, using hamsters infected with *L. panamensis*, showed that *Lu. trapidoi* developed promastigote infective forms by day 5 post infection, whereas *Lu. gomezi* at the same day harboured only paramastigotes adhering to the pylorus.

In contrast, statistical correlations of spatial variability in sandfly abundance and transmission rate (i.e. "the comparative method", *sensu* Dye 1992) provide a powerful tool for quantifying the relative vectorial roles of different suspected vectors, but is necessary to be aware that correlations do not necessarily imply causality, and evidence of natural infections are still required in order to confirm vectorial roles. Thus, this study focused in the comparison of : i) the biological evidence for vector incrimination in a focus with high transmission rates of *L. panamensis* by the detection of *Leishmania* infections in field caught sandflies with ii)

**Table 1.** Natural infection rates in Colombian sandflies which are proven or suspected vectors of *L. panamensis*

Sandfly species	# dissected	# with flagellate	%	# typed as <i>L. pan.</i>	%	Reference
<i>Lu. trapidoi</i>	2,869	42	1.50	3	0.10	Morales <i>et al.</i> 1981
	2,789	375	13.5	3	0.11	Christensen <i>et al.</i> 1983
	491	38	8.1	ns	ns	Hashiguchi <i>et al.</i> 1985
	51	6	11.8	1	2	Zeledon <i>et al.</i> 1985
	2,734	10	0.36	2	0.10	Travi <i>et al.</i> 1988
	926	0	0	0	0	Loyola, <i>et al.</i> 1988
	6,965	454	6.5	ns	ns	Le Pont <i>et al.</i> 1994
	558	11	2	2	0.35	Opon focus, 1996
<i>Lu. gomezi</i>	383	1	0.26	0	0	Morales <i>et al.</i> 1981
	940	40	4.30	1	0.11	Christensen <i>et al.</i> 1983
	1,410	3	0.21	0	0	Travi <i>et al.</i> 1988
	165	3	1.8	0	0	Opon focus, 1996
<i>Lu. panamensis</i>	1,274	18	1.40	1	0.08	Christensen <i>et al.</i> 1983
	434	1	0.23	0	0	Travi <i>et al.</i> 1988
	20	0	0	0	0	Opon focus, 1996
<i>Lu. hartmanni</i>	409	0	0	0	0	Morales <i>et al.</i> 1981
	563	22	3.90	ns	ns	Hashiguchi <i>et al.</i> 1985
	665	0	0	0	0	Travi <i>et al.</i> 1988
	106	0	0	0	0	Opon focus, 1996

quantitative comparison of the vectorial role of the suspected vector species, by a series of regression analyses comparing human transmission rates (incidence and prevalence) with sandfly abundance inside houses.

## Materials and Methods

### Sandfly procedures

The study was carried out in 11 villages in the Opon area, Landazury Municipality, Santander Department, Colombia, South America in a mountainous region, covering approximately 250 km<sup>2</sup> (6°, 20' N; 73°, 43' W). There are a total of 527 houses in the 11 villages, and most dwellings are built with wooden planks over wooden platforms, supported by stilts.

The sandfly study included both, endophagic activity using CDC light traps and the search of natural *Leishmania* infections in man landing flies. CDC light traps were placed from 18:00 to 06:00 hours inside 114 houses in 11 villages (one trap-night/house) in February 1996, and man-landing collections were done at two time-points, one in the dry and one in the wet season in 1996. Sandflies collected for endophagic activity were preserved in 70% ethanol and cleared in hot 10% KOH, followed by 100% phenol, whilst individuals for the natural infection study were cryopreserved in liquid nitrogen (Young *et al.* 1987). Flies were identified to species according to Young and Duncan (1994).

Cryopreserved females were individually dissected in PBS under a compound microscope. Infected flies were placed onto a container with 50 ml of PBS and macerated with dissection needles. 25 ml of the macerate were placed in NET10 SDS1% buffer for DNA extraction and complementary PCR. The primers used were B1-extended universal ([5'] GGG GTT GGT GTA ATA TAG TGG [3']) and B2-braziliensis specific ([5']CTA GTG CAC GGG GAG G [3']) (deBrujin *et al.* 1992). The remaining 25 ml was inoculated into a hamster nose. All dissections were carried out with fresh needles in order to avoid DNA contamination on PCR.

### Measurement of human transmission rates

The transmission rates were measured using the results of both the cross-sectional and longitudinal studies. Incidence rates were calculated from Montenegro Skin Test (MST) and/or clinical status conversion rates obtained from the prospective study. For comparative purposes, cohorts were defined by their initial MST and clinical status (as well as by age and gender), i.e. during the first cross-sectional survey.

### Statistical analysis

Univariate or multivariate analysis were performed using general linearised modelling techniques in GLIM (v. 4.07) (Crawley 1993). The estimates generated by these analyses are the coefficients of a linear model which is defined by the error structure, the linear predictor and the link function. In the analyses of village incidence rate, the geometric mean abundance of each sandfly species collected in each village were the explanatory variables, and the outcome variable was the proportion of people in each village who converted to MST+ during the 19 months cohort study. In the analysis of village prevalence the outcome variable was the proportion of each village population with a positive MST response at the first sectional survey. As the outcome data were proportions, these were treated as binomial variables in logistic regression.

## Results

### Natural infection of Sandflies

A total of 1,803 sandflies were dissected in the search for *Leishmania* promastigotes in the digestive tract of those dissected, 11/558 *Lu. trapidoi* (2%), 7/905 *Lu. quasitowsendi* (0.8%), and 3/165 *Lu. gomezi* (1.8%) were found with flagellates. Both hamster inoculation (for attempted *in vivo* isolation) and direct PCR were carried out on each flagellate positive sandfly. All hamsters were negative after 4 months of observation, and only 2 *Lu. trapidoi* were positive by PCR using a *Leishmania braziliensis* complex specific primer. The parasites could not be identified to species by DNA probe used for hybridisation of PCR products. However, based on the characterisation of parasites isolated from patients in Opon, and on previous studies of natural infections in *Lu. trapidoi*, it is most likely that the parasites detected in *Lu. trapidoi* were *L. panamensis*.

### Endophagic activity

A total of 585 sandflies, comprising 19 *Lutzomyia* species, were collected inside houses. These included eight anthropophilic species. *Lu. trapidoi* was the most abundant species (geometric mean: 0.48 /trap-night) followed by *Lu. gomezi* (0.38 /trap-night), *Lu. ovallesi* (0.19 /trap-night) and *Lu. hartmanni* (0.14 /trap-night). The sex ratio for all 19 species was highly

female biased, with the percentage of females within the total catch ranging from 74% for *Lu. gomezi* to 100% for seven of the rarer species. However, the sex ratio of each species never varied significantly from 81%, the overall mean ( $\chi^2 = 6.70$ ;  $p > 0.05$ ; D.F. = 11).

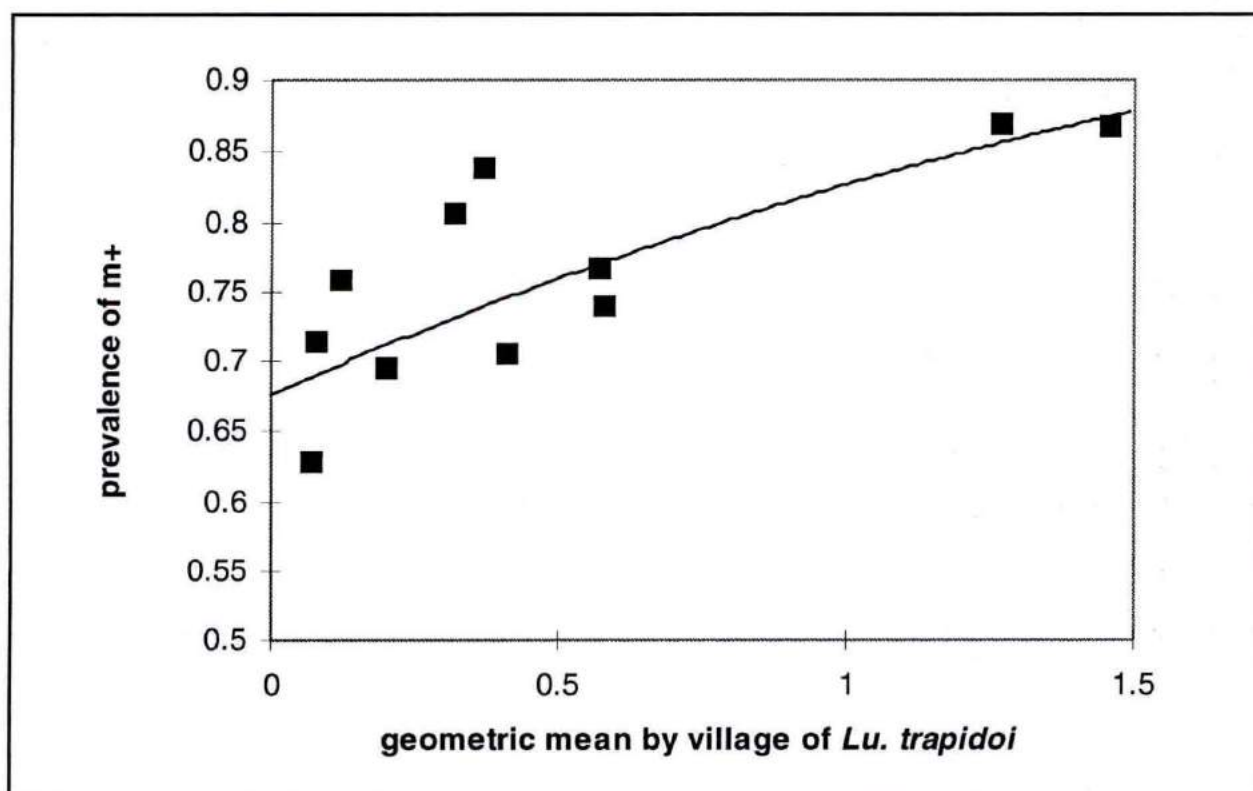
#### Clinical infection rate of human population

In the cross-sectional study (1995), MST was applied to 1,380 persons. The cumulative prevalence of infection amongst the whole study population (MST+) was 0.75 (1,044/1,380). In March 1997, 19 months after the first MST, 766 people were re-tested. Amongst the 226 MST- people who were re-tested, 52 converted to M+, resulting in an incidence rate of 0.19 (95% C.I. 0.16 - 0.21) conversions/person/year. The proportion of people with a positive skin test (MST+) varied in the cross sectional study per village from 0.63 to 0.87, but there was more variation in the inter-village incidence: rates varies from 0.31 (95% C.I. 0.06 - 0.55) cases/person/year to 0 cases/person/year.

The relationship between indoor sandfly abundance and transmission rate.

#### a) Prevalence

In the Minimal Adequate Model (MAM), the abundance of *Lu. trapidoi* was positively correlated with the prevalence of infection per village ( $\chi^2 = 30.83$ ;  $p < 0.0001$ ; D.F. = 1); the model predicts



The squares are observed data ; the line was fitted by regression analysis (assuming binomial errors) by the model :  $y = 0.736 + (0.828 * \text{sandfly abundance})$

**Figure 1.** The relationship between the mean village abundance of *Lu. trapidoi* and village prevalence (m+)



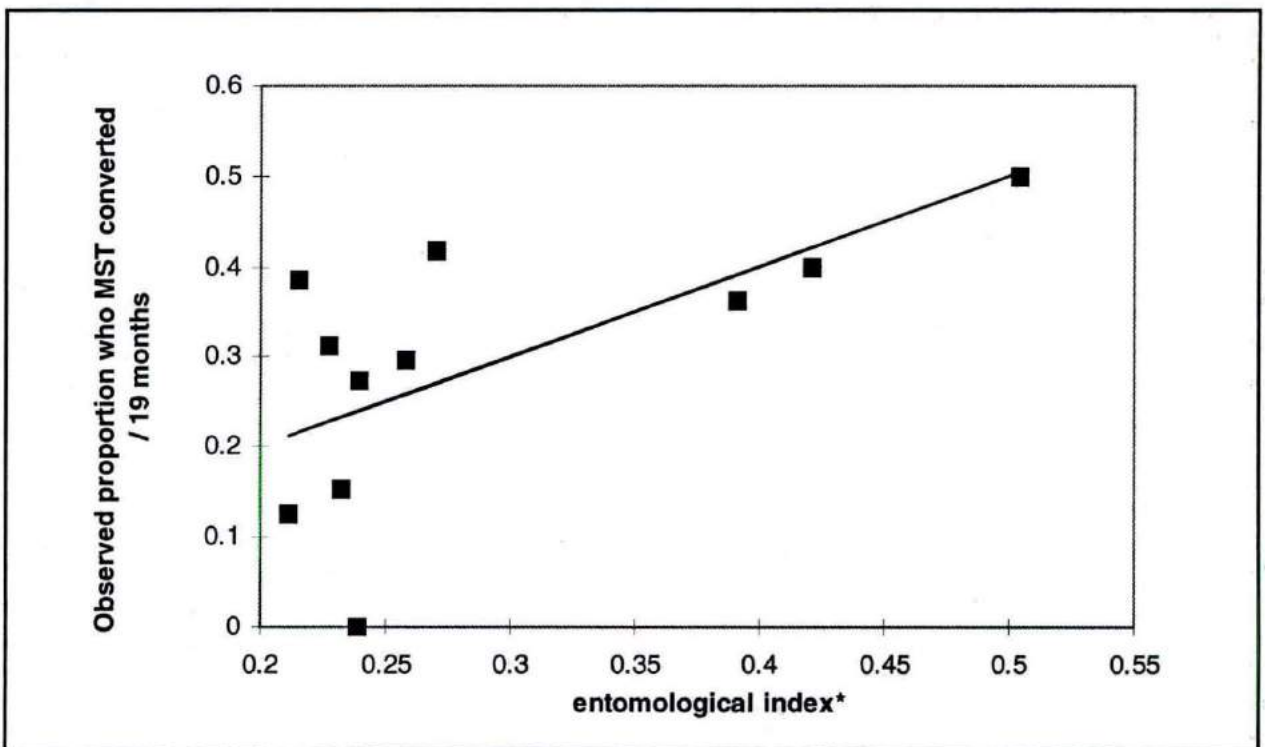
that an increase in 1 of female *Lu. trapidoi* /10 house/nights causes an increase of 8.6% in the odds of being infected. The association between *Lu. trapidoi* abundance and village prevalence rate was remarkably high:  $r^2 = 0.69$ , i.e. 69% of the variance in the village prevalence was explained by the variation in the geometric mean of *Lu. trapidoi* indoor abundance (Fig. 1).

### Incidence.

In the MAN the abundance of both *Lu. gomezi* ( $c^2 = 4.23$ ;  $p < 0.05$ ; D.F.= 1) and *Lu. trapidoi* ( $c^2 = 3.96$ ;  $p < 0.05$ ; D.F.= 1) were positively correlated with the incidence rate of infection per village. The model predicts that an increase in one female *Lu. gomezi* or one female *Lu. trapidoi* /10 house-nights, causes an increase of 11% and 5%, respectively, in the odds of getting infected (Fig. 2). The strength of the association was high:  $r^2 = 0.38$  i.e. 38% of the variance in the village incidence rate was explained by variation in the geometric mean of the indoor abundance of both *Lu. gomezi* and *Lu. trapidoi*.

### Discussion

Natural infections with flagellates were found in 1.2% of the dissected sandflies, but a relatively low proportion of the flagellates were typed as *Leishmania* parasites belonging to the *L. braziliensis* complex (2/21. i.e. 10%). In previously published studies of suspected vectors of



\*Entomological index incorporating the mean number of both, *Lu. trapidoi* and *Lu. gomezi*. Squares represent observed village incidence. Line was fitted by regression analysis by the model  $y = (-1.601) + (1.069 * \text{sandfly abundance})$

**Figure 2.** The relationship between an entomological index, incorporating the mean village abundance of both *Lu. trapidoi* and *Lu. gomezi* and the village incidence rate.

*L. panamensis*, the proportion of females naturally infected with flagellates ranged from 0 - 13.5% (Table 1). As in the Opon study, these percentages are significantly higher than those recorded for females found with typed *Leishmania* parasites (range: 0 - 2%). The usual explanation for this discrepancy is the logistic difficulties in the in vitro isolation of parasites from sandflies: the culture medium is frequently contaminated with bacteria, and isolation is often unsuccessful for slow growing parasites. However, the present studies in the Opon focus, in vitro isolation attempts were avoided, being replaced with PCR and inoculation in hamsters. Thus, the most likely explanation for the relatively high frequency of flagellates detected in wild caught sandflies is the presence of other trypanosomatids, morphologically indistinguishable from the *Leishmania* spp. responsible for human disease. Indeed, Christensen *et al.* (1983) in Panama found that the intra-erythrocytic flagellate *Endotrypanum schaudinni* establishes heavy infections in both *Lu. gomezi* and *Lu. trapidoi*. The reliability of PCR for the detection of natural infections has been proven in *L. braziliensis* foci; for example in a Venezuelan study (Feliciangeli *et al.* 1994), all parasites detected in microscopic examination were also detected and identified (*L. braziliensis*) by PCR. In spite of the perfect correlation between observed Vs. classified parasites, the infection rate still very low.

The parameter values which measure the relationship (i.e. the regression slope) between indoor sandfly abundance and leishmaniasis transmission rates (in the minimal adequate models) describe the relative roles of the two most likely vectors in the Opon focus. Indoor activity of *Lu. trapidoi* was related both with the village incidence rate of leishmaniasis at the time when this study was conducted, and also with the average transmission rate in previous years (which is crudely summarised by the cumulative prevalence of infection). By contrast, *Lu. gomezi* indoor activity was related only with incidence rate. This may be because *Lu. gomezi* has only recently developed a significant vectorial role in the Opon focus, possibly as a result of the change in habitat caused by the rapid deforestation in that area. Although the strongest association was between *Lu. trapidoi* abundance and village prevalence, both *Lu. trapidoi* and *Lu. gomezi* were retained in the MAM with incidence as the outcome variable; and in this MAM the slope for *Lu. gomezi* (1.069) was greater than that for *Lu. trapidoi* (0.531), suggesting that *Lu. gomezi* is at least as effective as a vector as is *Lu. trapidoi*. The conclusions drawn from the regression analyses are consistent with the conclusions drawn from previous studies of *L. panamensis* transmission as both *Lu. gomezi* and *Lu. trapidoi* have been incriminated as a vectors previously (see above). This appears to be only the second reported use of multiple regression analysis to evaluate the vectorial roles of New World sandflies. Previously, Davies *et al.* (1997) found that transmission rate of *L. peruviana* was significantly associated with the abundance of those sandflies species for which there was some independent biological incriminatory evidence

Although the natural infection of *Lu. quasitowsendi* with flagellates in the Opon area is the first registered record for this species, the significance of this finding will only be clarified when the flagellates are characterised. *Lu. quasitowsendi* belongs to the verrucarum series of the *Lu. verrucarum* group, in which at least three species are already suspected or confirmed vectors of leishmaniasis: *Lu. spinicrassa*, *Lu. youngi* and *Lu. townsendi* (Young *et al.* 1987b; Warburg *et al.* 1991; Rowton *et al.* 1991). Hence, *Lu. quasitowsendi* should be considered a target for future work on vector incrimination.

Complementary to this results, in the Opon focus there is strong epidemiological evidence that transmission of leishmaniasis to humans is largely domestic because: (1) the risk of infection was unrelated to gender or age, and (2) children are more likely than adults to have lesions or scars on their head (presumably as their head is exposed when bitten in bed). The entomological data provide further support for the potential for domestic transmission. In particular, (1) suspected vectors were collected both indoors and in the peridomestic environment, (2) the sex ratio of the anthropophilic species caught indoors (by light trap) was

highly female biased, indicating that the principal activity in the domestic habitat is blood-feeding activity, (3) the risk of infection was shown to be statistically correlated with the abundance of the suspected vectors inside houses. The majority of houses in Opon do not represent a physical barrier for sandflies because they are made of wood, with wide spaces between planks and with an open space between roof and walls, i.e. the houses have similar characteristics to those in a Costa Rica study, where a 1:1 relationship was obtained between *Lu. gomezi* collected inside and outside houses (Herrero *et al.* 1992).

## References

- Christensen H.A.; Fairchild G.B.; Herrer A.; Johnson C.M.; Young D.G.; Vazquez A.M. 1983. The ecology of cutaneous leishmaniasis in the republic of Panama. *J. Med. Entomol.* 20: 463-484
- CIPA group. 1993. A programme for computer aided identification of phlebotomine sandflies of the Americas (CIPA)- presentation and check-list of American species. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 88(2): 221-230
- Crawley M.J. 1993. *Methods in Ecology. GLIM FOR ECOLOGIST.* Blackwell Science
- Davies C.R.; Llanos-Cuentas E.A.; Campos P.; Monge J.; Villaseca P.; Dye C. 1997. Cutaneous leishmaniasis in the Peruvian Andes: risk factors identified from a Village cohort study. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 56(1): 85 - 95
- De Bruijn M.H.; Barker D.C. 1992. Diagnosis of New World leishmaniasis: Specific detection of species of the *Leishmania braziliensis* complex by amplification of kinetoplast DNA. *Acta Tropica.* 52: 45-48
- Dye C. 1992. The analysis of parasite transmission by blood-sucking insects. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 1-19
- Hashiguchi Y.; Gomez E.; De Coronel L.V.V.; Mimori T.; Kawabata M. 1985. Natural infections with promastigotes in man-biting species of sandflies in leishmaniasis-endemic areas of Ecuador. *Am J Trop Med Hyg.* 34(3): 440-446
- Herrero M.; Rojas J.C.; Jimenez A.E.; Zeledon R.; Pereira R.; Gutierrez H. (1992). Phlebotomine sandflies (Diptera : Psychodidae : Phlebotominae) associated to human houses in an endemic area for cutaneous leishmaniasis in Costa Rica. *Leishmaniasis control strategies. Proceedings of a workshop.* International Development Research Center. Canada
- Jaramillo C.; Travi B.L.; Montoya J. (1994). Vector competence of some Neotropical sandflies for the *Leishmania (Viannia) braziliensis* complex. *Med. Vet. Entomol.* 8:1-7
- Killick-Kendrick R. (1990). Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Med. Vet. Entomol.* 4: 1-24.
- Le Pont F.; Leon R.; Guerrini F.; Gantier J.C.; Mouchet J.; Echeverria R.; Guderian R.H. 1994. Leishmaniose en Equateur. 3 *Lutzomyia trapidoi*, vecteur de *Leishmania panamensis*. *Ann Soc belge Med trop.* 74: 23-28
- Lewis D.J.G.; Ward R.D. 1987. Transmission and vectors. *The leishmaniasis in biology and medicine.* Vol. 1 (ed. by W. Peters and R. Killick-Kendrick): 235-262. Academic Press. London

- Loyola G.; Alzate A.; Sanchez A.; Gonzalez A. 1988. Epidemiology of a natural focus of *Leishmania braziliensis* in the pacific lowlands of Colombia. IV. Observations on sandflies. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 82: 408
- Morales A.; Corredor A.; Caceres E.; Ibagos A.L.; Rodriguez C. 1981. Aislamiento de tres cepas de *Leishmania* a partir de *Lu. trapidoi* en Colombia. Biomedica. 1 (4): 198-207.
- Rowton E, de Mata M.; Rizzo N.; Navin T.; Porter C. 1991. Vectors of *Leishmania braziliensis* in the Peten, Guatemala. Parassitologia. Suppl 1: 501-504.
- Tesh R.B.; Chaniotis B.N.; Aronson M.D.; Johnson K.M. 1971. Natural host preferences of Panamanian Phlebotomine sandflies as determined by precipitin test. Am. J. Trop. Med. Hyg, 20 (1) :150-156
- Tesh R.B.; Chaniotis B.N.; Cabrera B.R.; Johnson K.M. 1972. Further studies on the natural host preferences of Panamanian Phlebotomine sandflies. Am. J. Epidemiol. 95(1): 88-93
- Thatcher V.E.; Hertig M. 1966. Field studies on the feeding habits and diurnal shelters of some *Phlebotomus* sandflies (Diptera: Psychodidae) in Panama. Ann. Entomol. Soc. Am. 59(1): 46-52
- Travi BL; Montoya J.; Solarte Y.; Lozano L.; Jaramillo C. 1988. Leishmaniasis in Colombia. I. Studies on the Phlebotomine fauna associates with endemic foci in the pacific coast region. Am J Trop Med Hyg. 39(3):261-266.
- Warburg A.; Montoya J.; Jaramillo C.; Cruz A.L.; Ostrovska K. 1991. Leishmaniasis vector potential of *Lutzomyia* spp. in Colombian coffee plantations. Med. Vet. Entomol.
- Young DG.; Morales A.; Kreutzer R.D.; Alexander J.B.; Corredor A.; Tesh B. 1987. Isolation of *L. braziliensis* from cryopreserved Colombian sandflies. J. Med. Entomol. 24(5):587-589.
- Young D.G., and Duncan M.A. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). Memoirs of the American Entomological Institute, Number 54.
- Zeledon R.; Murillo J.; Gutierrez H. 1985. Flebótomos antropófilos y leishmaniasis cutánea en Costa Rica. Bol. Of. Sanit. Panam. 99(2): 163-171



**SIMPOSIO**

**PLAGAS DE  
IMPORTANCIA EN EL  
ALTIPLANO  
CUNDIBOYACENSE**





## LA CHINCHE DE LOS PASTOS: PRINCIPAL PROBLEMA TECNOLÓGICO DE LA GANADERÍA DE LECHE

**Nancy Barreto Triana M. Sc.**

Programa Nacional de Epidemiología Vegetal.  
Corpoica C. I. Tibaitatá e.mail: nbarreto@corpoica.org.co

### Introducción

La Sabana de Bogotá y los Valles de Ubaté y Chiquinquirá, se ubican dentro de la zona agroecológica de Trópico de altura, cuyas características microclimáticas particulares favorecen la producción especializada de leche. Dedicada 300.000 hectáreas a la producción de pastos, conformadas en un 80% por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y en menor proporción "raygrass" (*Lolium* sp.), avena (*Avena sativa*), azul orchoro (*Dactylis glomerata*), falsa poa (*Holcus lanatus*), tréboles (*Trifolium* spp.) y alfalfa (*Medicago sativa*).

Este sistema de producción, desde hace una década es afectado por la presencia de la plaga conocida como Chinche de los pastos, considerada el principal y en algunos casos el único problema tecnológico de la ganadería de leche, ya que reduce la disponibilidad del forraje en un 25%, afecta directamente la producción de leche, disminuye considerablemente la capacidad de carga de las praderas; el uso generalizado de insecticidas para su control, desencadenó alteraciones reproductivas en los animales y por consiguiente incrementa los costos en las explotaciones lecheras.

Debido al desconocimiento sobre los aspectos básicos de la plaga como su biología y dinámica poblacional, inicialmente se hizo manejo utilizando plaguicidas de diferentes categorías toxicológicas, los cuales agravaron el problema en las explotaciones ya que por residuos en el pasto hubo muerte de animales, abortos, reabsorción de fetos, presencia de residuos en leche y sus derivados, creando un desbalance en el agroecosistema.

Con el propósito de propender por la sostenibilidad de la producción de leche, en 1994 el Ministerio de Agricultura convocó a diferentes Instituciones y Gremios para desarrollar proyectos de investigación, prevención y control de la chinche de los pastos, entre las que participaron activamente Corpoica, Ica, Universidad Nacional de Colombia, SENA, Analac, Fondo Nacional del Ganado y Colciencias.

### Antecedentes

Los primeros daños causados por la chinche de los pastos se presentaron en 1998 en el Occidente de la Sabana de Bogotá sobre praderas de pasto kikuyo, posteriormente, en 1993 con el incremento de su población y diseminación en la zona, ocasionó pérdidas considerables en varios municipios; el mismo año se conoció que la plaga era *C. columbiensis* Carvalho. (Zenner y Borrero, 1992; Zenner, 1993). A finales de 1994, inician los estudios sobre la plaga y debido a diferencias entre los ejemplares colectados en Antioquia y en la Sabana de Bogotá, se enviaron muestras de chinches para su clasificación taxonómica a la Universidad Federal de Viçosa (Brasil); el resultado indicó que pertenecen a la especie *C. scenica* Stal. (Barreto y Martínez, 1996)

El daño es ocasionado por los adultos e inmaduros de la plaga, al extraer el contenido celular del follaje; inicialmente se observan puntos blancos, los cuales se unen y forman manchas que al expandirse provocan amarillamiento del borde foliar. Luego, mueren los tejidos afectados y por último se entorcha el tercio superior de la hoja. En los potreros afectados se obser-



van focos o parches de pasto amarillo y quemado, similar al daño producido por las heladas (Barreto y Martínez, 1996).

Debido a la alta incidencia de la plaga, los productores utilizaron insecticidas de diferentes grupos químicos, tales como, organofosforados, piretroides y carbamatos, haciendo aplicaciones sin principios técnicos, derivando consecuencias en la salud de los animales y en la calidad de la leche (Acevedo y Quintero, 1994; Acevedo e Isaza, 1995; Barreto, 1996; Benavides y Téllez, 1995; , Duarte, *et al.*, 1998; Zenner, 1993).

Actualmente, existe un modelo para el manejo de la chinche que proporciona equilibrio en el agroecosistema ya que se sustenta en el conocimiento de la plaga y en la combinación de diferentes prácticas dirigidas a mantener bajas densidades del insecto, las cuales mejoran la producción de la pradera y minimizan la contaminación del medio ambiente (Martínez y Barreto, 1998).

### **Distribución geográfica y hospederos del género *Collaria***

El género *Collaria* Provancher (1872), pertenece al orden Hemiptera, familia Miridae, subfamilia Mirinae, tribu Stenodemini. Sus especies tienen amplia distribución geográfica en el continente americano y son consideradas plagas de importancia económica en algunas gramíneas especialmente en forrajes (Carvalho y Fontes, 1981).

Entre las especies de *Collaria* reportadas en América hasta 1990 están: *C. husseyi* Carvalho, en Brasil; *C. meilleurii* Provancher, en Canadá y Estados Unidos; *C. oculata* Reuter, en Estados Unidos y México; *C. oleosa* Distant, la de mayor distribución geográfica en Norte, Centro y Sur América; *C. scenica* Stal, en Argentina, Brasil y Uruguay; *C. capixaba* y *C. guaraniana* en Brasil, *C. columbiensis* Carvalho, en Colombia y *C. boliviana*, en Bolivia (Carvalho y Fontes, 1981; Carvalho, 1984; Carvalho, 1990).

De estas, se han registrado tres especies en Colombia: *C. oleosa* Distant, *C. columbiensis* Carvalho y *C. scenica* Stal. La primera, con distribución en Antioquia, Cundinamarca y Valle del Cauca. Existen ejemplares colectados en Río Frío (1925), Subia (1947) y Cali (1965), los cuales fueron utilizados para descripción por Carvalho y Fontes (1981). Como plaga fue reportada en 1953, en Bello (Ant) y presenta como hospederos el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pasto elefante (*P. purpureum*) (Posada, 1991; Zenner y Borrero, 1992).

*C. columbiensis*, se encuentra en Antioquia desde 1967, cuyos ejemplares sirvieron para la descripción hecha por Carvalho (1984) y en la Sabana de Bogotá desde 1988. Entre los pastos afectados se destacan el braquipará (*Brachiaria plantaginea*), azul orchoro (*Dactylis glomerata*), "raygrass" (*Lolium* spp.), falsa poa (*Holcus lanatus*), avena forrajera (*Avena strigosa*). (Acevedo e Isaza, 1995). Tiene mayor incidencia en praderas de kikuyo y en mezclas de kikuyo con "raygrass" (Benavides y Téllez, 1995; Benavides y Rodríguez, 1996).

*C. scenica*, reportada en 1996, predominante en la Sabana de Bogotá y Antioquia afectando diferentes gramíneas utilizadas para la explotación lechera de estas zonas (Barreto y Martínez, 1996). Según Benavides (1994), la plaga se desarrolla entre 2.000 y 3000 m de altitud; temperatura entre 15 y 25 °C y precipitación menor de 650 mm/año; características microclimáticas que posee la Sabana de Bogotá y favorecen su adaptación. Dentro de los hospederos se encuentran cultivos de importancia en Brasil como: arroz (*Oriza sativa*), trigo (*Triticum vulgare*), maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), y diferentes forrajes como pasto kikuyo (*P. clandestinum*), festuca (*Festuca arundinacea*), "raygrass" (*Lolium* spp.), falsa poa (*Holcus lanatus*), azul orchoro (*Dactylis glomerata*), "brachiaria" (*Brachiaria* spp). (Vargas y Pedroso, 1980; Kalvelage 1987; de Menezes, 1990).

En Colombia, además de afectar los mismos forrajes, se detectaron bajas poblaciones en Tolima sobre arroz y sorgo y sobre malezas como liendre de puerco (*Echinocloa colonum*), pata de gallina (*Eleusine indica*), guarda rocío (*Digitaria sanguinalis*) y pasto india (*Panicum maximun*). (Barreto y Jurado, 1996).

## Biología

La hembra oviposita dentro de la vaina de la hoja. El 75% del total de los huevos se encuentra en las macollas con altura entre 1 y 10 cm de la superficie del suelo. Por lo general, se observan grupos de 3 a 15 huevos por cada vaina, los cuales forman hileras que se disponen en forma longitudinal. Los huevos cambian de color a medida que maduran: recién ovipositados son brillantes y de un tono verde claro, luego, adquieren una coloración naranja-rojiza que conservan hasta la eclosión de las ninfas.

Se distinguen cinco estadios o instares ninfales. El cambio entre cada estadio se determina por la presencia de la muda o exuvia que dejan las ninfas sobre el pasto; también, por su tamaño y el desarrollo de las alas. Las ninfas recién eclosionadas tienen el cuerpo rojizo y sus patas y antenas son incoloras; pero al cabo de 3 minutos, aproximadamente, adquieren el mismo color del cuerpo.

El tamaño es la única diferencia entre ninfas de primero y segundo instar. A partir del tercero, se inicia el desarrollo de las alas. En el quinto, las alas cubren más de la mitad del cuerpo del insecto y se pueden diferenciar el macho y la hembra, en especial, por el tamaño del cuerpo y del abdomen.

Los adultos presentan dimorfismo sexual. La hembra es más grande, de color pardo claro, tiene el abdomen verde y visiblemente más voluminoso; su longitud varía entre 5.2 y 6.2 mm. Por su parte, el macho es más oscuro, de menor tamaño, su longitud varía entre 4.2 y 5 mm (Barreto, 1996).

Durante su estado adulto, una hembra oviposita entre 22 y 35 huevos, de los cuales, aproximadamente el 45%, los coloca en la primera postura y presentan un índice de eclosión del 82% (Gutiérrez, 1995).

La duración del ciclo de vida varía de acuerdo con las condiciones en que este se desarrolla y al sexo del estado adulto. Acevedo e Isaza (1995), en Antioquia, encontraron en condiciones de laboratorio que, la incubación fue de 12 a 13 días; el promedio de cada instar ninfal osciló entre 3 y 5 días y la fase adulta duró de 29 a 33 días. El período de preoviposición 5 a 6 días, la hembra oviposita hasta 75 huevos durante 20 días. Según Luengas, (1998), en la Sabana de Bogotá, la relación de sexos encontrada fue 1:0.81 (macho: hembra), la preoviposición duró 10.3 días, la oviposición 18.9 y la posoviposición 3.7. En la tabla 1, se consignan los resultados obtenidos por Luengas (1998) y Corpoica en diferentes localidades de la Sabana de Bogotá.

## Importancia Económica

### Daño en pasto kikuyo

Para determinar el daño ocasionado por la chinche, fue necesario elaborar una escala de daño, utilizada para cuantificar las pérdidas en producción. De acuerdo con la sintomatología observada en el pasto Kikuyo en campo, se estableció una escala que incluye cuatro niveles (Cuadro 1). El nivel cero corresponde al pasto sin daño; el nivel uno a daño leve, el cual se

**Tabla 1.** Duración de cada estado biológico de *Collaria scenica* en diferentes condiciones de estudio.

Laboratorio (días)	Laboratorio (días)		Campo (días)		Casa malla (días)
	CORPOICA <sup>(1)</sup>	LUENGAS	CORPOICA <sup>(2)</sup>	LUENGAS	CORPOICA <sup>(2)</sup>
HUEVO	15.5	15.4	30.5	30.71	28.5
NINFA	28.5	20.5	35.0	36.0	34.5
ADULTO	21.2	26.7	13.0	37.0	21.0
TOTAL	65.2	52.6	78.5	103.71	84.0

(1) Gutiérrez, 1995, (2) Zapata, 1996

caracteriza por la presencia de puntos blancos; el nivel dos presenta un daño moderado, caracterizado por el amarillamiento de los bordes y ápice de las hojas; el nivel tres representa un daño severo que incluye necrosis y entorchamiento del tercio apical. Esta escala fue la utilizada para hacer los análisis bromatológicos y disponibilidad de forraje, para determinar las pérdidas ocasionadas por el insecto. (Barreto, 1996).

En la Tabla 2, se presentan los valores correspondientes a la producción de materia seca para cada nivel de daño. Se encontró que hay una reducción en porcentaje de kilogramos de materia seca por hectárea, respecto al pasto sano: 19.2% para el nivel de daño 1, 21.4% para el nivel 2 y 24.5% para el nivel 3. Se observa una disminución drástica entre los niveles 0 y 1, la cual afecta en forma directa la capacidad de carga de las praderas y por consiguiente incrementa los costos para mantener una producción constante (Barreto, 1996).

**Tabla 2.** Producción de materia seca, disponibilidad de forraje y porcentaje de reducción para cada nivel de daño.

Nivel de daño	Kg materia seca	Kg materia seca disponible	% Reducción
0	12.402.8	9.302	-
1	10.018	7.513.5	19.2
2	9.746.4	7.309.8	21.4
3	9.361.6	7.021.2	24.5

**Cuadro 1.** Escala para evaluar daño causado por la chinche de los pastos en kikuyo.

Nivel	Daño	Descripción
0	Sin daño	Pasto sano
1	Leve	Presencia puntos blancos
2	Moderado	Amarillamiento bordes y ápice
3	Grave	Necrosis apical y entorchamiento

### Producción de materia seca y análisis bromatológicos

Achury y Cuevas (1997), reportan el mismo efecto en pasto de corte en Sopó, donde a medida que se incrementa el daño se reduce la disponibilidad de forraje. Benavides (1997), encontró una reducción en producción de forraje del 12.5%, correspondiente a daño leve y moderado. Duarte *et al.*, (1998), encontraron que la reducción en la carga animal para la Sabana de Bogotá, oscila entre 0,2 a 2 unidades animal/fanegada y para Ubaté y Chiquinquirá, la reducción está entre 0,2 a 1 unidad/animal/fanegada.

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos en los análisis bromatológicos de pasto con diferentes niveles de daño, en una pradera fertilizada y otra sin fertilizar. Se encontró que el porcentaje de digestibilidad (DIVAMS) para el nivel tres, se reduce entre el 5 y 10% respecto al pasto sano. Sin embargo, se considera que valores por encima de 55% poseen excelente digestibilidad. Las otras variables como proteína y fibra en detergente neutro, presentaron valores normales y en algunos casos fueron superiores a los valores de referencia para pasto kikuyo (Barreto, 1996). Sin embargo, Solla Notas (1995), reporta disminución en el contenido de proteína del 12.57% en pasto afectado por chinche. Duarte, *et al.*, (1998), argumentan que estos valores se alteran como consecuencia del ataque de la plaga, aunque no hubo consistencia, ya que en algunas muestras se incrementaron y en otras disminuyeron.

Aunque el contenido nutricional aparentemente no se altera por el daño de la plaga, se puede afirmar que el pasto de los potreros afectados que presenta el nivel de daño tres, no lo

**Tabla 3.** Calidad del pasto kikuyo con daño de *Collaria scenica* en una pradera fertilizada.

Nivel de daño	% ms	% pc	% divams	% fdn
0	17.13	17.85	83.74	58.76
1	17.41	19.12	83.40	59.63
2	17.13	18.19	81.22	55.08
3	16.96	19.97	78.38	55.09

MS = Materia seca. PC = Proteína cruda. DIVAMS = digestibilidad *in situ* de la materia seca por 48 horas. FDN = Fibra en detergente neutro.

**Tabla 4.** Calidad del pasto kikuyo con daño de *Collaria scenica* en una pradera sin fertilizar.

Nivel de daño	% ms	% pc	% divams
0	15.30	21.73	77.84
1	14.10	21.61	76.41
2	15.17	19.38	67.73
3	15.21	19.83	66.80

MS = Materia seca. PC = Proteína cruda. DIVAMS = digestibilidad *in situ* de la materia seca por 48 horas

NOTA: Los resultados son válidos para la muestra recibida en laboratorio y no son concluyentes para medir el valor nutricional ni el efecto sobre la producción animal de los mismos.

consumen los animales y, si lo hacen, hay reducción en la producción de leche. Esta observación coincide con los reportes de Bernal (1996), quien argumenta que vacas alimentadas con pasto afectado, disminuyeron la producción de leche en 2 lt.

Igualmente, Benavides (1997), reporta que las pérdidas en producción de leche para el primer semestre de 1997, fueron en promedio \$30.000 vaca/mes, asumiendo una reducción en producción de leche de 2.5 litros/vaca/día. Duarte, *et al.*, (1997), determinaron que la reducción en producción de leche va desde 0.5 a 5 litros/vaca/día hasta 27 litros/fanegada/día, para la Sabana de Bogotá y entre 1.3 a 3 litros/vaca/día hasta 8 litros/fanegada/día en Ubaté y Chiquinquirá. Además de estas pérdidas, el 25% de los ganaderos reportan la presencia de problemas reproductivos como abortos y reabsorción de fetos, asociados al mal uso de los insecticidas para el control de la plaga.

### Nivel de daño económico

Aunque existe relación entre daño y número de adultos, se presentó un coeficiente de determinación muy bajo, impidiendo establecer el umbral de daño. Biológicamente este resultado se expresa en el campo por la presencia de focos caracterizados por la población baja y alto nivel de daño, o viceversa. Por lo tanto, los resultados para el nivel de daño económico, se basan en la relación estrecha que existe entre el daño visual y las pérdidas en producción. El modelo de la regresión lineal con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.94$ ), indicó que el nivel de daño económico es (0.12), es decir, el daño mínimo permisible en la pradera es inferior al nivel de daño visual 1.

Los porcentajes de reducción de producción en pesos (\$), calculados según la disponibilidad de forraje para cada nivel de daño, respecto de la pradera sin daño fueron: 19.4%, para el nivel 1; 26.7%, para el nivel 2; y 34.4%, para el nivel tres (Barreto, 1996).

### Daños en otros pastos

García, (1998), evaluó la respuesta de los pastos Bisón, Aubade, Rust Master, Bestfor, Tetrelite, Dalita, Falsa Poa, Azul Orchoro y Kikuyo, al ataque de la chinche. En casa de malla, hubo diferencias significativas respecto al daño, siendo Kikuyo el más susceptible y el raygrass Bestfor el más tolerante; el ataque se diferenció por la cantidad de área foliar afectada. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos para la preferencia de oviposición; pero si, en altura de oviposición, ya que en Rust Master se presentaron posturas ubicadas en macollas a 17.6 cm. Kikuyo presentó el menor promedio de número de huevos por oviposición y mostró diferencias significativas frente a los demás pastos. Las parcelas experimentales en campo y los lotes comerciales, registraron bajos niveles poblacionales de la chinche y el mínimo daño, pero mostraron incrementos consistentes entre las semanas 3 y 4 después del pastoreo, al igual que sus enemigos naturales. Según estos resultados, los niveles de daño y la preferencia por parte de la chinche hacia los diferentes pastos evaluados, no presenta un patrón definido; por tanto, para el establecimiento de praderas, se recomienda utilizar mezclas de estos y conformar praderas mixtas con leguminosas (García, 1998).

### Dinámica Poblacional

#### Disposición Espacial, Tamaño de Muestra Experimental y Metodología de Muestreo

Se determinó que la población de inmaduros y adultos de la chinche tienen distribución "agregada o contagiosa". De acuerdo con esta distribución, mediante el modelo Iwao se estable-

ció que el tamaño de muestra fija con un nivel de precisión del 40%, debe ser de 39 muestras por hectárea. Por lo tanto, la metodología de muestreo corresponde a la toma de dicho número de muestras al azar, donde cada muestra la conforman los adultos e inmaduros de la plaga colectados en diez pases dobles de jama (Barreto, 1996).

Galindo, (1998), corroboró esta misma distribución espacial. Determinó que el tamaño de muestra según el nivel de precisión que se utilice, es variable y depende del estado de desarrollo del insecto. La población de inmaduros fue alta, lo cual indica que es conveniente dirigir el muestreo a este estado, para poder realizar medidas de control en el momento oportuno antes de que aparezca la nueva generación de adultos. De acuerdo con la media poblacional calculada para inmaduros según la Ley de Taylor, determinó que el tamaño de muestra para este estado, con un nivel de precisión del 30%, oscila entre 13 a 18 muestras por hectárea, tomadas en franjas diagonales.

### Fluctuación diaria

En Mosquera y Tocancipá se tomaron muestras de la población de la chinche para determinar la hora óptima de muestreo, mediante evaluaciones en diferentes potreros a las 9 y 11 de la mañana y a la 1 y 3 de la tarde. En los dos municipios, se obtuvo el mayor promedio de capturas de adultos a las tres de la tarde, mostrando diferencias significativas respecto a las 9 y 11 de la mañana y a la 1 de la tarde. En Mosquera, para la población de inmaduros, no hubo diferencias significativas entre potreros, días y horas de muestreo; mientras que en Tocancipá hubo diferencias significativas entre horas de muestreo. A la 1 de la tarde se registró el menor promedio de chinches y en contraste, a las 3 de la tarde, se determinaron las mas altas poblaciones. Estos resultados indican que esta última es la hora óptima para realizar muestreos, ya que se obtuvieron los mayores promedios de capturas de chinches en las dos localidades (Zapata, 1996).

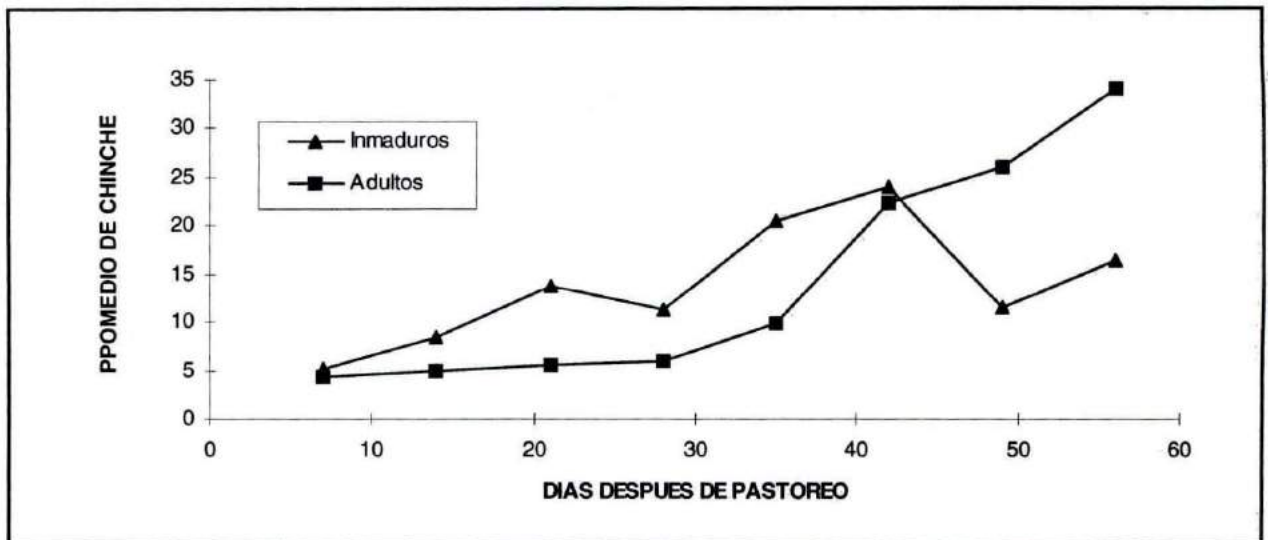
### Fluctuación temporal

Para conocer la época de mayor densidad de la plaga dentro del período de recuperación de las praderas y la aparición del daño, en pasto kikuyo, se hicieron muestreos en dos potreros de Tocancipá durante 10 meses consecutivos. La plaga presentó un comportamiento similar en los dos potreros ya que la aparición del daño fue a los 30 días y los incrementos de la población se presentaron entre los 30-40 ddp. (Barreto, 1996).

Al analizar estadísticamente los promedios de las capturas de la población de adultos y de inmaduros de Tenjo, Zipaquirá, Tocancipá y Mosquera, se elaboró una gráfica general que muestra la curva de captura en un período de 60 días, correspondiente a la recuperación de la pradera (Figura 1). Se observa que la población inicial de los dos estados fue muy baja y, hacia los 40 días, presentó la máxima población de inmaduros. Luego se inicia un descenso, el cual coincide con el incremento de la población de adultos. Teniendo en cuenta la duración del ciclo biológico, se observa una relación alta en las capturas a través del tiempo, lo cual indica que hay sincronización y gran adaptación de la plaga con el período de descanso de la pradera y que, por consiguiente, siempre se presentará daño en los pastos, así sus poblaciones sean bajas (Martínez y Barreto, 1998)

### Dinámica poblacional

Zenner, (1993), reportó que en marzo y abril de ese año, se presentaron altas poblaciones provenientes del verano, se esperaba que las lluvias afectaran la plaga y bajarán sus poblaciones; sin embargo en septiembre y octubre, aumentó el problema y las lluvias no tuvieron



**Figura 1.** Curva general de la captura de adultos e inmaduros de la chinche de los pastos en un periodo de recuperación de la pradera, en cuatro municipios. Corpoica, 1998.

efecto sobre la población. Cardoza, (1996), determinó que las mayores densidades de la plaga se encuentran a altitudes entre 2000 - 2400 m., disminuyendo su población a mayor altura. El balance hídrico y la capacidad de retención de humedad del suelo también influyen: zonas secas con balance hídrico normal a deficitario y suelos livianos con alta permeabilidad, presentan baja densidad de la plaga; en zonas húmedas o con precipitación abundante aumentan las poblaciones. La misma autora argumenta que el desplazamiento de la plaga es de sur a norte (Soacha a Ubaté) y de occidente a oriente (Facatativa a Guasca).

De los estudios sobre dinámica poblacional realizados durante dos años consecutivos en los municipios de Tenjo, Zipaquirá, Tocancipá, Sopó, Soacha y Mosquera; se deduce que se registran poblaciones altas de la plaga, tanto en época seca, como lluviosa. Sin embargo, el daño en época seca es mayor, porque a la presencia de la plaga, se suman otros factores físicos, como bajas temperaturas y sequía que afectan el desarrollo normal de los pastos. De igual forma, las diferentes prácticas de manejo de las praderas tienen efecto directo en la densidad de población y daño de la plaga. (Martínez y Barreto, 1998).

Aunque el promedio general de la densidad de la plaga a través del tiempo fue de 25 chinches por unidad de área, se presentaron aumentos en algunos muestreos. En Tenjo durante los meses de diciembre 1994 y enero 1995 se reportaron poblaciones altas a pesar de las heladas y el verano intenso, lo cual indica la gran capacidad de adaptación de la plaga al agroecosistema en el cual se desarrolla; esto corrobora lo anotado por Zenner (1993), Benavides (1994), Benavides y Mila (1994). De acuerdo con la interpretación de los datos meteorológicos, hubo déficit en la disponibilidad de agua, en estos dos meses, así como en septiembre de 1995 y enero de 1996; los demás meses, tuvieron condiciones normales de precipitación.

El 27 de julio de 1996 se registró, en el municipio de Tocancipá, la más alta población: se colectaron en promedio, 440 chinches por hectárea, en una pradera de "Raygrass" y Kikuyo. En este mes el comportamiento de lluvias fue normal y la disponibilidad hídrica para los pastos fue adecuada. En los otros municipios se manifestaron incrementos atípicos de las poblaciones de la plaga, en julio de 1995 y 1996; meses en los cuales el comportamiento de

las lluvias fue normal según los registros meteorológicos de las tres estaciones (Martínez y Barreto, 1998). Según Benavides (1997), los mayores índices de incidencia de la plaga en Zipaquirá y Tocancipá, en el año 1997, se registraron en Junio y Julio. Duarte, *et al.* (1998), reportan que la mayoría de ganaderos han observado el ataque de la chinche con igual intensidad durante todo el año; otros argumentan que es mayor el daño en las épocas de menor precipitación.

### Enemigos Naturales

Zenner y Borrero (1992), destacan el papel de las golondrinas, consumiendo altas densidades de chinches en la Sabana de Bogotá. En Antioquia, Acevedo e Isaza (1995), reportan un hemíptero de la familia Nabidae género *Nabis* sp., atacando ninfas y adultos de la chinche, cuya actividad fue comprobada en laboratorio. Según Lopera y Quirós (1994), los ganaderos han observado pájaros, grillos y otros animales ejerciendo control sobre la plaga.

En los estudios realizados por Corpoica, se detectaron tres predadores: *Eriopsis conexa conexa* (Coleoptera: Coccinellidae), una especie no identificada del orden Odonata, familia Coenagrionidae; y la araña *Alpaida* sp (Araneae: Araneidae), identificada por el Dr. Eduardo Flórez. Dpto. de Biología Universidad Nacional de Colombia. *E. conexa conexa*, presentó un consumo promedio diario de 0.77 individuos de la chinche. Las larvas de segundo y tercer instar fueron más voraces, con mayor preferencia por las ninfas de los primeros estados así: primer instar 52%, segundo instar 24% y tercer instar 22% (Varón, 1995).

El departamento de Biología de la Universidad Nacional, realizó estudios sobre la araña *Alpaida* sp. Se determinó que hay gran diversidad poblacional de arañas asociadas a pastos. Se clasificaron 5 familias; de estas, la Araneidae fue la de mayor número de morfoespecies y el género *Alpaida* sp, presentó la mayor densidad de individuos durante los diferentes muestreos realizados (Mora *et al.*, 1997). Se evaluó la preferencia de la araña hacia diferentes insectos; encontrando la mayor predilección por especies del orden Homoptera, seguido en importancia por el orden Hemiptera, con el género *Collaria*; luego Diptera y finalmente Coleoptera. Por lo tanto se corroboró que esta araña es un organismo útil para el manejo de poblaciones de la chinche y por su bajo apetito por los coleópteros, se pueden formar asociaciones con *E. conexa conexa*, mejorando la actividad reguladora de las poblaciones de la plaga (García, *et al.*, 1997)

En condiciones comerciales, se determinó la fluctuación poblacional de estos dos depredadores y se encontró que sus poblaciones son muy bajas respecto a la población de la plaga registrada en el mismo muestreo; sin embargo, no se descartan y se deben tener en cuenta para el manejo de la plaga; en especial la araña *Alpaida* sp, por ser abundante y resistente a los diferentes insecticidas que se aplican en las praderas (Martínez y Barreto, 1998).

Díaz (1997), realizó el reconocimiento de entomopatógenos, en chinches colectados en fincas donde no se había aplicado insecticidas biológicos. En laboratorio, se aislaron cuatro hongos, los cuales fueron clasificados por el Departamento de Biología de la Universidad de los Andes y por el Centralbureau de Holanda, como: *Beauveria bassiana*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium subglutinans* y *Acremonium strictum*.

Las pruebas de patogenicidad mostraron que *B. bassiana* causó mayor infección sobre la chinche y, por lo tanto se realizaron varios estudios con este hongo. En laboratorio, la mortalidad fue de 70% por aspersión y 80% por sumersión. Igualmente, la esporulación del hongo sobre los insectos inoculados fue menor (64.1%) con el primer método que con el segundo (82.1%), pero no hubo diferencias significativas.



Para conocer la persistencia del hongo sobre pasto Kikuyo y su capacidad de infección sobre la plaga, a través del tiempo, se aplicó el hongo sobre Kikuyo en materos, luego se liberaron chinches a diferentes tiempos: 0, 48, 96, 144 y 192 horas. La mortalidad causada por *B. bassiana* mostró un porcentaje de esporulación de 22% en insectos adultos y de 59% en ninfas. No obstante, tanto la mortalidad como la esporulación del hongo después de aplicado, tienen una caída lineal a través de las evaluaciones hechas durante 192 horas, lo cual indica la baja persistencia del inóculo sobre las plantas y la necesidad de hacer aplicaciones sucesivas o de desarrollar metodologías para la liberación gradual del patógeno. En condiciones comerciales, las pruebas de eficacia del hongo no mostraron diferencias significativas frente a las parcelas sin tratar.

### Prácticas utilizadas para el manejo de la plaga

En la Tabla 5, se consignan los datos colectados por Benavides y Téllez (1995), y Duarte, *et al.*, (1998), en encuestas realizadas en 1994 y 1997, durante el segundo semestre; para la caracterización de la problemática ocasionada por la chinche en la Sabana de Bogotá y en los Valles de Ubaté y Chiquinquirá. Se encuentra en ambos casos, que el control químico es la herramienta más común para el manejo de la plaga, siguiendo en importancia la implementación de prácticas culturales, aunque en menor proporción.

Cuando se presentaron los primeros ataques fuertes de la plaga, los Investigadores del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, impartieron recomendaciones para el manejo integrado de la plaga; sin embargo, 5 años después se encuentra que la gran mayoría de los ganaderos siguen utilizando el control químico como principal método de control. (Barreto y Martínez, 1996; Benavides y Téllez, 1995, Duarte, *et al.*, 1998).

**Tabla 5.** Resultados de dos estudios sobre la problemática de la chinche de los pastos en la Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté y Chiquinquirá, realizadas en 1994 y 1997.

VARIABLE	1994 <sup>(1)</sup>	1997 <sup>(2)</sup>	
	Sabana de Bogotá	S. Bogotá	Ubaté y Ch/quirá
PRESENCIA CHINCHE	77%	95%	72%
IDENTIFICAN INSECTO	25%	83%	60%
ÉPOCA APARICIÓN	1991-1992	1992	1996(b)
MANEJO Y CONTROL	33%	84%	59%
CONTROL CULTURAL	33%	4%	56%
Riego	33%		
Fertilización	57%		
Sobrecarga	33%	19%	14%
Guadaña	5%	12%	22%
Rastrillo		33%	64%
Renovador		9%	22%
CONTROL BIOLÓGICO	10%	1%	4%
CONTROL QUÍMICO	100%	39%	81%
Malathion	54%	50%	54%
Lorsban	14%	34%	36%
Otros sin aprobación	32%	15%	10%
CULTURAL + QUÍMICO		57%	

(1) Benavides y Téllez, 1995(2) Duarte, *et al.*, 1998

Debido a los reportes de intoxicación de animales y residuos de plaguicidas en la leche, Santacruz y Torrado (1996), evaluaron la eficacia y determinaron los niveles de residuos en pasto y leche, de los insecticidas más utilizados por los ganaderos para control de la chinche. Los resultados mostraron la mayor eficacia con Sumithion 50EC y Lorsban 4EC, seguidos por Malathion 57% e hidrolato de tabaco. Se detectaron residuos de los insecticidas organofosforados en muestras de pasto a los 15 y 30 días después de la aplicación. Sin embargo, al realizar los análisis en leche, no se encontraron residuos.

Otras prácticas utilizadas en menor escala son las culturales como mejoramiento de praderas, fertilización, riego, guadaña, arado, rastrillo con mínima traba, cincel, renovador de praderas, rotovator, pastoreo adecuado y aumento de carga animal (Barreto y Martínez, 1996; Benavides y Téllez, 1995; Bernal, 1996; Rodríguez, 1995; Duarte *et al.*, 1998). En Antioquia, se hacen aplicaciones de yeso para reducir las poblaciones de *Collaria* (Acevedo y Quintero, 1994).

Existen estudios sobre otras alternativas para el manejo de la chinche, como son el control microbiológico, aplicación de productos naturales y uso de insecticidas de bajo impacto; sin embargo, algunos requieren validación en condiciones comerciales para poder incluirlas dentro del paquete tecnológico para el manejo integrado de *Collaria*.

### **Recomendaciones para el manejo integrado de *Collaria scenica***

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes estudios, se definieron unas recomendaciones generales, las cuales ayudan a mantener bajas poblaciones de la plaga en los periodos de descanso de las praderas. Estas prácticas se deben utilizar en forma integrada, de acuerdo con el manejo de cada finca en particular, para obtener mejores resultados.

1. Acortar periodos de rotación de praderas, para romper el ciclo biológico de la chinche. Rotaciones entre 35 y 50 días.
2. Hacer fertilización adecuada, según los resultados del análisis de suelos.
3. Aplicar riego, teniendo en cuenta que 20 días después del pastoreo tiene efecto sobre las poblaciones inmaduras de la plaga, y se ayudan a mejorar el crecimiento del pasto y regular la densidad de ninfas.
4. Después del pastoreo, se pueden realizar prácticas para mejorar la pradera: rastrillar, renovar, guadañar, por lo menos dos veces al año.
5. Establecer praderas mixtas que incluyan leguminosas y gramíneas.
6. Manejar las áreas de pastos no utilizadas.
7. Conservación del exceso de forraje.
8. Cuando hay aumentos en la densidad de la población de la chinche, se puede aplicar control químico, teniendo en cuenta que se debe hacer entre 30 y 35 días después del pastoreo en praderas de pasto kikuyo; para rotaciones menores se puede aplicar entre 10 y 20 días; dejando en ambos casos, mínimo 15 días para ingresar el ganado y evitar problemas de intoxicación.
9. Cuando se apliquen insecticidas químicos, se recomienda hacerlo sobre los focos que caracterizan la presencia de la plaga, para evitar el uso generalizado de los mismos.

10. Los insecticidas aprobados por el ICA (1999) para el manejo de la chinche de los pastos son: Bulldock EC 025, Confidor SC 350, Fenothion 50 EC, Karate EC, Lorsban 4EC, Malathion 57%, Ofunac 40% y Trebon 10EC, los cuales tienen instrucciones precisas para su utilización en las explotaciones lecheras de la Sabana de Bogotá.
11. Evitar el uso exclusivo del control químico, ya que se pueden presentar problemas de residualidad, resistencia del insecto a los productos y va en detrimento de la fauna benéfica y el agroecosistema.

### Transferencia de Tecnología

El Comité para la Prevención y Control de la chinche de los pastos, coordinado por ANALAC, capacitó a los Ganaderos, Asistentes Técnicos de las UMATA y particulares; mediante eventos de Transferencia de Tecnología realizados en diferentes municipios de La Sabana de Bogotá, Valles de Ubaté y Chiquinquirá, Antioquia y Nariño. Igualmente, Corpoica asesoró permanentemente a los ganaderos y técnicos y realizó actividades para transferir los resultados de la investigación, tanto a nivel técnico como científico.

ANALAC y el Fondo Nacional del Ganado, realizaron 4 seminarios, 12 días de campo, 20 cursos; capacitando a 1986 productores y técnicos; en los cuales tuvo participación activa ANALAC, Corpoica y Universidad Nacional. Por su parte, Corpoica realizó 8 charlas técnicas, 4 demostraciones de método, 2 días de campo y 15 conferencias, para un cubrimiento aproximado de 1300 personas.

### Referencias

- Acevedo, A., y Quintero, B. 1994. Relación entre diferentes niveles de fertilización y varios problemas fitosanitarios del pasto Raygrass en el municipio de Santa Rosa de Osos (Ant.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. Colombia.
- Acevedo, D., e Izasa C. 1995. Evaluación de formulaciones a base de *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces sp.* en el control de tres insectos plagas en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín. Colombia.
- Barreto, N. 1996. Estudios básicos para el manejo de poblaciones de la chinche de los pastos *Collaria columbiensis* (Hemiptera : Miridae) en la Sabana de Bogotá. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Area Fitoprotección Integrada. Posgrado Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá. Colombia.
- Barreto, N. y Jurado, R. 1996. Incidencia de *Collaria* en otros cultivos. En: Carta Fitosanitaria. Programa Nacional Epidemiología Vegetal. Tibaitatá. CORPOICA. 2 (3) : 4 .
- Barreto, N. y Martínez, E. 1996. Nueva especie de *Collaria* en Colombia. En: Carta Fitosanitaria. Programa Nacional Epidemiología Vegetal. Tibaitatá. CORPOICA. 2 (2) : 1.
- \_\_\_\_\_. 1996. La chinche de los pastos *Collaria columbiensis* en la Sabana de Bogotá. Revista Carta Fedegan. 37 : 42 -49.
- Benavides, M. 1994. Alternativas para el control y prevención del control del chinche de los pastos. Revista Holstein. p. 16 - 17.

- Benavides, M. y Mila, A. 1994. Combata los chupadores de pastos en la Sabana de Bogotá. Carta Ganadera. p. 16 - 20.
- Benavides, M. y Tellez, J. 1995. Diagnóstico del chinche de los pastos *Collaria columbiensis* en la Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté-Chiquinquirá. Instituto Colombiano Agropecuario. Tibaitatá. 36pp.
- Benavides, M. y Rodríguez, D. 1996. Diagnóstico y vigilancia sanitaria de la chinche de los pastos *Collaria columbiensis* Carvalho, como estrategias básicas para su manejo En: XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena. Colombia. 17 - 19 de julio 1996. Socolen. p. 63.
- Benavides, M. 1997. Resultados proyecto Prevención y manejo del chinche de los pastos en la Sabana de Bogotá, ICA. Sanidad Vegetal. Tibaitatá. 6pp.
- Bernal, J. 1996. Anotaciones sobre el chinche chupador de los pastos *Collaria columbiensis* en la Sabana de Bogotá. Revista ANALAC. 100 : 41 - 42.
- \_\_\_\_\_. 1994. Pastos y forrajes Tropicales. Producción y manejo. Banco Ganadero. Tercera edición. Colombia.
- Cardoza, C. 1996. Mapa epidemiológico de la chinche de los pastos *C. columbiensis* en la Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté y Chiquinquirá. ANALAC. Santa fe de Bogotá.
- Carvalho, J. 1990. Mirídeos Neotropicais, CCCVII: Novas espécies da Argentina e Bolivia (Hemiptera). Revista Brasileira de Entomología. 34(2) 445 - 452.
- \_\_\_\_\_. 1984. Mirídeos Neotropicales, CCXLIII : Nuevas especies de la República de Colombia (Hemiptera). Revista Gallescenica 1( 4 ) : 11 - 20.
- Carvalho, J. y Fontes. A. 1981. Mirídeos Neotropicais CCXXV : Revisao do género *Collaria* Provancher no continente Americano (Hemiptera). Experimentiae 27 ( 2 ) : 11 - 46.
- De Menezes, M. 1990. *Collaria oleosa* (Distant, 1883) (Hemiptera : Miridae), nova praga de gramíneas forrageiras no sudeste da Bahia, Brasil. Agrotrópica. 2 (2) : 113 - 118.
- Díaz, G. 1997. Evaluación de entomopatógenos para el manejo de la chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal. en la Sabana de Bogotá. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia.
- Duarte, O., Castillo, S., Gómez, F., Rey, A., y Aragón, R. 1998. El chinche de los pastos. Boletín Técnico. Corpoica. C.I. Tibaitatá. 18pp.
- Galindo, R. 1998. Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la Sabana de Bogotá. Tesis Especialista en Estadística. Universidad Nacional de Colombia. Santa fe de Bogotá. Colombia.
- García, J., Uribe, N., León, A., y Rodríguez, J. 1997. Estudio de la biología y etología de *Alpaida* sp. con énfasis en su comportamiento predatorio sobre *Collaria columbiensis*. Trabajo especial curso Zoología de invertebrados. Departamento de Biología Universidad Nacional. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 6pp.
- García, I. 1998. Evaluación del comportamiento de nueve pastos al ataque de la chinche de los pastos *Collaria Scenica* Stal en la Sabana de Bogotá. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá. Colombia.

- Gutiérrez, J. 1995. Aspectos biológicos de la chinche de los pastos *Collaria columbiensis*. Informe Técnico. Programa Nacional Epidemiología Vegetal. Corpoica. C.I. Tibaitatá. 30pp.
- ICA. 1999. Base de Datos. División de Insumos Agrícolas. Instituto Colombiano Agropecuario. Mayo de 1999
- Kalvelage, H. 1987. *Collaria scenica* (STAL, 1859) (HEMIPTERA MIRIDAE): plaga de gramíneas forrageiras na Região do Planalto Catarinense, Brasil. Anais de Sociedade Entomologica do Brasil. 17(1): 221-222.
- Lopera, H., y Quiros, J. 1994. Incidencia de insectos plagas en los diferentes sistemas de producción de leche en el Altiplano Norte de Antioquia. Fundación de Fomento Agropecuario El Buen Pastor. Medellín. Colombia. 167pp.
- Luengas, N. 1998. Aspectos biológicos de la chinche de los pastos *Collaria* sp pos. *C. scenica* en la Sabana de Bogotá. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá. Colombia.
- Martínez, E., y Barreto, N. 1998. La chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal. en la Sabana de Bogotá. Boletín de Investigación. Corpoica, Tibaitatá. 66pp.
- Mora, J., Trujillo, L. y Benavides, L. 1997. Diversidad y estimativos poblacionales de las arañas asociadas a cultivos de pastos en el municipio de Mosquera Cundinamarca. Trabajo especial curso Zoología de invertebrados. Departamento de Biología Universidad Nacional. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 14pp.
- Posada, F. 1991. Problemas de renovación. Notas y Noticias Entomológicas. ICA. Enero - Febrero.
- Rodríguez, D. 1995. El chinche de los pastos. Documento de trabajo. Instituto Colombiano Agropecuario. C.I. Tibaitatá. 6pp.
- Santacruz, F., y Torrado, A. 1996. Evaluación de insecticidas para el control del chinche de los pastos (*Collaria columbiensis*) y determinación de residuos en pasto kikuyo y leche. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA, Santa Fe de Bogotá. 10pp.
- Solla Notas. 1995. Boletín. Medellín, Colombia. 2pp.
- Varón, E. 1995. Ciclo de vida de *Collaria columbiensis* y cría de *Eriopsis conexa conexa*. Informe de pasantía. Programa Nacional de Epidemiología Vegetal. Corpoica. C.I. Tibaitatá. 85pp.
- Vargas, J. y Pedroso, B. 1980. *Collaria scenica*: otro percevejo encontrado no arroz. Lavoura arrozaira. Marzo - Abril. p.3.
- Zapata, S. 1996. Ciclo de vida en casa malla, campo y fluctuación poblacional diaria de la chinche de los pastos. Informe de Pasantía. Programa Nacional de Epidemiología Vegetal. Corpoica. C.I. Tibaitatá. 55pp.
- Zenner, I. y Borrero, F. 1992. Confusión imperdonable. Incógnita. Enemigos naturales. Notas y Noticias Entomológicas. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Tibaitatá. Enero - Febrero. p.1 - 2.
- Zenner, I. 1993. Aumenta problema; Al fin se conoce;. Problema sin solucionar; Sigue atacando; No se congelaron. Notas y Noticias Entomológicas. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Tibaitatá. Marzo - Abril. p.14. Mayo - Junio. p. 23 - 24. Julio - Agosto. p. 36. Septiembre - Octubre. p. 48. Noviembre - Diciembre.

## PRINCIPALES ASPECTOS PARA EL NO CONTROL DE PLAGAS EN LA FLORICULTURA

**Ricardo Nelson Torres**  
Sanidad Vegetal MG Consultores

### Introducción

La siembra en sistema de monocultivo indiscutiblemente logra masificar la producción a niveles económicamente rentables. Sin embargo, también conlleva desventajas desde el punto de vista fitosanitario, ya que al tener amplias áreas de una especie vegetal facilita los ataques masivos y devastadores de plagas y enfermedades debido a la falta de especies vegetales diferentes que a la vez albergan controladores biológicos naturales de plagas y enfermedades.

Esos ataques masivos de plagas y enfermedades generaron durante varias décadas el empleo indiscriminado de pesticidas, considerado hasta hace unos años como la única herramienta de control. Este daba soluciones momentáneas pero graves problemas a mediano y largo plazo como altos costos en el control fitosanitario, contaminación ambiental, pérdida de controladores biológicos naturales; con el tiempo esto también generó resistencia por parte de las plagas y enfermedades a los ingredientes activos de los pesticidas.

Por ello, los productores agrícolas a nivel mundial se vieron obligados a buscar alternativas de solución. Es aquí donde muere el concepto de control de plagas y enfermedades con el uso exclusivo de químicos y nace el concepto de MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES (MIPE). Este programa se ha convertido en la única alternativa de manejo racional y efectivo de plagas y enfermedades. Basado en un conocimiento detallado de la biología de las plagas de las enfermedades y del cultivo el programa combina estrategias de control físico, estrategias de control cultural, estrategias de control biológico y estrategias de control químico para lograr los objetivos finales del sistema, que son:

- Control efectivo de las plagas y enfermedades de los cultivos. En este punto es importante aclarar que la filosofía no es desaparecer los problemas sino mantenerlos bajo unos umbrales o niveles de población que no generen pérdidas económicas al cultivo.
- Motivar un uso adecuado de pesticidas que basado en principios de efectividad y mecanismos de acción que evite la generación de resistencia de las plagas y enfermedades a los ingredientes activos de los químicos existentes.
- Contar con otras estrategias de control diferentes a las del control químico de manera que el programa reduzca al máximo el uso de pesticidas.
- Al lograr el objetivo anterior, se logra una reducción importante del ingrediente activo por hectárea, y de esta forma reducir la contaminación ambiental.
- El programa tiene como objetivo primordial la reducción y optimización de costos químicos para el control fitosanitario.
- El programa motiva el uso seguro de pesticidas desde la llegada al almacén hasta tiempo después de su aplicación.

En conclusión, El Programa MIPE busca combinar toda una serie de estrategias de características diferentes y complementarias a la química, de forma que se logre un control efectivo

de los problemas fitosanitarios, económico en su ejecución y lo principal, con mínimo impacto ambiental.

Todo lo anterior suena muy bien y fácilmente lográble, sin embargo la realidad es que no siempre se obtienen los resultados esperados; esta charla pretende resaltar los principales problemas de carácter técnico y cultural que se tienen y que originan situaciones fitosanitarias no deseadas.

### Principales plagas en cultivos ornamentales

En ornamentales la importancia de una plaga se establece por la combinación de una serie de aspectos tales como:

- Grado de incidencia
- Rapidez y severidad del ataque
- Frecuencia del problema
- Grado de conocimiento y sensibilidad ante la plaga
- Dificultad en el control por razones de la biología de la plaga
- Cultivo que afecta
- Cómo afecta la producción
- Grado de restricción en el exterior
- Costo de control.

Algunas plagas cuentan con dos o tres aspectos de los enumerados y otras con todos los aspectos.

A Continuación presento un cuadro resumen de algunos cultivos de ornamentales y sus principales plagas:

CULTIVO	PRINCIPALES PLAGAS POR ORDEN DE IMPORTANCIA
ROSAS	ACAROS ( <i>Tetranychus urticae</i> ) TRIPS ( <i>Frankiniella occidentalis</i> ) AFIDOS ( <i>Macrosiphum rosae</i> ) COGOLLERO ( <i>Spodoptera</i> sp.) MOSCA BLANCA ( <i>Trialeurodes vaporarium</i> ) CHISA ( <i>Ancognata scarabacoides</i> )
CLAVEL	ACAROS ( <i>Tetranychus cinnabarinus</i> ) TRIPS ( <i>Frankiniella occidentalis</i> ) AFIDOS ( <i>Myzus persicae</i> ) COGOLLERO ( <i>Spodoptera</i> sp.) BABOSA (Varias especies)
GYPSO	SINFILIDOS ( <i>Simphyliidos</i> sp.) MINADOR ( <i>Liriomyza trifolii</i> – <i>L. huidobrensis</i> ) TRIPS ( <i>Frankiniella occidentalis</i> ) AFIDOS
POMPON	MINADOR ( <i>Liriomyza trifolii</i> – <i>L. huidobrensis</i> ) TRIPS ( <i>Frankiniella occidentalis</i> ) AFIDOS VERDES Y NEGROS ( <i>Macrosiphum euphorbiace</i> )
LIMONIUM	TRIPS ( <i>Frankiniella occidentalis</i> ) ACAROS

En resumen las principales plagas en ornamentales son: Acaros, Trips, Minadores, Sinfilidos, Afidos, Mosca Blanca, Cogollero, Babosas y Chisas.

Cada una de las plagas es crítica, por un lado, por una serie de aspectos biológicos y técnicos propios del problema y por otro, por una serie de aspectos operativos, culturales y mentales; sin embargo, en conjunto forman un grupo de importancia económica como lo demuestran los siguientes cuadros de costos.

Cuadro general del costo de plaguicidas en el total de pesticidas por cultivo

CULTIVO	% DE PARTICIPACIÓN DE INSECTICIDAS EN EL COSTO TOTAL DE PESTICIDAS	% DE PARTICIPACIÓN DE ACARICIDAS EN EL COSTO TOTAL PESTICIDAS	% DE PARTICIPACIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL COSTO TOTAL PESTICIDAS
ROSAS	DE 10% AL 18%	DE 25% AL 30%	DE 35% AL 48%
CLAVEL	DE 15% AL 25%	DE 30% AL 40%	DE 45% AL 65%
GYPSO	DE 60% AL 70%		DE 60% AL 70%
POMPON	DE 30% AL 45%		DE 30% AL 45%
LIMONIUM	DE 10% AL 15%	DE 5% AL 10%	DE 15% AL 25%

Como se puede observar en la tabla, el porcentaje de participación de plaguicidas es muy significativo dentro del costo total de pesticidas; representando el 15% en el mejor de los casos y hasta el 70% en el peor.

Lo anterior sin detallar con números exactos aspectos como:

- Porcentaje de Flor Nacional
- Fitotoxicidad por recarga química
- Pérdida de área foliar fotosintéticamente activa
- Pérdida de follaje y tallos de producción por erradicaciones
- Transmisión de virus
- Fumigaciones en el exterior y pérdida de la flor ya exportada
- Costo de mano de obra involucrada en aspersiones, erradicaciones, selección en poscosecha, etc.
- Aumento en la cantidad de Ingrediente activo por hectárea
- Estrés generado en directivas, supervisores y operarios

### Principales aspectos para el no control

A continuación se presentan los aspectos más relevantes en el no control de plagas:

Biología de cada plaga y desconocimiento de algunos aspectos.

Para la mayoría de las plagas mencionadas la biología marca significativamente el no control ya que en condiciones de campo lo que se presenta es:



- Ciclos cortos
- Simultaneidad en los estados de desarrollo
- Diversas formas físicas, de estructura, metabólicas, de comportamiento que adquieren resistencia
- Preferencia por sitios específicos en la planta que son difíciles en acceso a la penetración de plaguicidas
- Alta movilidad y velocidad en desplazamiento

Falta de un programa MIPE = monitores, rotación, estrategias integradas, etc. y la no cultura de hechos y datos

La ausencia de un programa MIPE metodológicamente organizado y disciplinado que establezca estrategias de control integradas y/o oportunas que favorezcan el rápido control de las plagas y eviten ataques a áreas adyacentes.

Esto a su vez genera decisiones erradas por exceso (programas calendarios) con todas sus implicaciones ambientales de resistencia, pérdidas de producción, carga química y altos costos. Por otra parte, su defecto de igual forma genera pérdida de producción, ataques a mas áreas tanto internas como externas.

### Capacitación

Los pocos o muchos conocimientos que se tengan sobre la biología de una plaga, el síntoma que genera su daño y las estrategias de control no sirven de nada si estos conocimientos solo los tienen los profesionales y directivos del cultivo.

La clave fundamental de un programa MIPE radica en la capacitación de los operarios y operarias del cultivo, ya que es la única forma de generar conocimiento y a su vez ésta es la única forma de obtener compromiso.

Varios de los problemas no se controlan porque el conocimiento solo lo posee el directivo, pero este se limita a mandar sin haber explicado ni capacitado sobre el tema. Cuando esto sucede, cómo se pretende que un monitor o un operario detecte y reconozca un problema a tiempo o que un asperjador dirija bien la lanza todo el tiempo si no sabe lo que hace.

Lo que sí está claro, es que los problemas que se aumentan y salen de control por falta de conocimiento es responsabilidad del profesional encargado y no de las plagas ni de los operarios.

### Aseguramiento de los procesos

Con conocer y capacitar no basta, aún estamos en una cultura mental de policía donde se hace necesario el aseguramiento de los procesos, aseguramiento que no solo debe garantizar la oportunidad de la acción sino la calidad de la labor.

Esto es crítico para cada uno de los procesos que se definen en un programa de sanidad vegetal, esto quiere decir que si usted define un subproceso como monitoreo, aplicaciones, erradicaciones, etc., se debe definir de inmediato una forma de asegurar la oportunidad y la calidad; siempre piense, calcule y presupueste el proceso y su aseguramiento.

Si los procesos no cuentan con aseguramiento, es mejor no realizarlos. Por ejemplo, si usted no asegura el monitoreo, la información que genera esto puede ser errada y de esta forma se empieza a definir y ejecutar estrategias que dependiendo de la situación pueden ser insuficientes o en otros casos excesivas, y todo esto es riesgo, costo y pérdida.

En aspersiones, una mala aplicación puede generar situaciones críticas de no control, pérdidas de producción, fitotoxicidad, etc. Y una erradicación mal realizada lo que puede ocurrir es que se disemine más el problema, se dañen las plantas en su estructura, perder tallos y flores que se podían recuperar, etc.

El aseguramiento, nos permite evitar comentarios sueltos, que afectan el proceso tales como:

- "el monitor no me reportó"
- "el monitor reporta más de lo que hay"
- "no se aplicó o se aplicó mal"
- "el producto ya no funciona"
- "la plaga ya tiene resistencia"

Lo anterior son solo unos ejemplos de lo que primero e irresponsablemente se afirma, el aseguramiento en si valida o desmiente estas posibilidades.

### Varios problemas simultáneos

El definir parámetros para cada blanco biológico como lo son frecuencias de aplicación, volúmenes, técnica de aplicación, etc., es fácil al hablar de cada uno pero el combinar y ejecutar las definiciones para varios problemas simultáneos, que es lo normal, no es fácil y de hecho es casi imposible.

La realidad del campo es:

- Dar prioridad al más problemático o de más alto riesgo, omitiendo otro u otros, los cuales en las semanas siguientes se convierten en problema
- Otra alternativa es mezclar los productos de las aplicaciones de diferentes blancos biológicos que tengan técnicas de aplicación similar; pero se corre el riesgo de fitotoxicidades y no está totalmente claro el tipo de sinergia que se pueda presentar entre los ingredientes de la mezcla.
- Se presentan las situaciones que por definiciones técnicas de todos los problemas, debería aplicar todos los días pero entonces quemamos el cultivo, y a que horas se realizarían las labores de cultivo y como se haría para el cumplimiento de tiempos de reingreso.

### Presión económica y falsas expectativas

La presión generada por la optimización de costos se puede convertir en una escuela de magia donde el profesional debe controlar con el mínimo de recursos de todo tipo.

La optimización de costos se tiene y debe dar pero bajo un esquema de análisis y optimización de procesos. Esto quiere decir que debe existir la evaluación metodológica de una serie de alternativas de control efectivas y más económicas.

Falta de interrelación entre diferentes áreas de trabajo (área mipe, área riego y fertilización, mantenimiento, poscosecha, contabilidad, producción, etc.)

La flor, que es el producto final en un florero de una dama extranjera, no tiene una segmentación en su tallo que diferencia por partes el grado de esfuerzo o trabajo que realizó cada una de las áreas de la finca en la producción de esa flor. Ella compra y paga por un producto final de calidad.

El control de plagas, así como el resto de los aspectos técnicos y administrativos no son solo responsabilidad del jefe del área sino es responsabilidad de todo el personal de la finca. Por ello, se debe buscar cada vez un mayor entendimiento y coordinación entre todas las áreas de trabajo ya sea técnica o administrativas. Sin lo uno, no existe lo otro.

El manejo de la sanidad tiene que ver en mayor o menor medida con cada área, no es mundo aislado cuyos resultados dependan exclusivamente del equipo de trabajo de esta área, veamos algunos ejemplos:

La nutrición ideal y equilibrada de la planta es fundamental para la defensa natural, y para poder aplicar una serie de estrategias de control que no golpeen demasiado los tejidos

El control de la humedad ideal, excesos o defectos pueden favorecer el grado de ataque de una plaga (baja humedad = favorece los ácaros, lavados los controla, pero cuidado = hongos)

El adecuado estado de plásticos y cortinas para su manejo puede permitir en algún momento un manejo adecuado para evitar entrada de migraciones de áreas contiguas y contaminadas. La adecuada manipulación, control y registro por parte de la poscosecha permite al igual que un monitoreo detectar problemas de plagas en campo y el sitio de donde procede la flor.

Con las áreas administrativas es fundamental la interrelación, porque recordemos que un aspecto fundamental del control exitoso es la oportunidad, al entender y trabajar en equipo; el área técnica solicita de la forma definida y en el tiempo definido para que el área administrativa facilite los materiales necesarios, pero como trabajamos con seres vivos, el área administrativa debe de igual forma entender que hay situaciones puntuales no controlables que origina una respuesta rápida fuera de un cronograma.

### Apoyo a la investigación y Transferencia de tecnología no adecuada

La falta de un apoyo fuerte por parte del gobierno a la investigación, los pocos recursos destinados por la parte oficial y privada a este tema generan muy poca velocidad de reacción ante las plagas.

No invertir en investigación no permite buscar nuevas alternativas de control adecuadas a nuestras condiciones, genera el seguir aplicando los pocos conceptos básicos establecidos por muchos años con efectividades y costos cada vez más reevaluados.

No tener esta investigación hace que el técnico investigue nuevas formas de control en el exterior y así realizar una transferencia de tecnología, pero esta transferencia de tecnología sin una evaluación estricta en nuestras condiciones no es garantía de éxito y si puede generar altos riesgos de todo tipo. La transferencia es importante en el desarrollo de cualquier empresa pero sería más exitoso buscar alternativas propias dadas por nuestras condiciones ambientales, técnicas y culturales.

## La exigencia del mercado

La exigencia de total sanidad está encausada por dos razones:

1. La calidad y estética de la flor y
2. Evitar el ingreso de plagas no presentes en el país de destino

Esto es lo que obliga a los productores de flores a ser tan estrictos con el control de plagas, adicionalmente esta cultura y exigencia legales generan una gran inquietud con respecto al control biológico que se pueda implementar con ciertos tipos de predadores que van a estar sobre las plantas y en algunos casos se pueden ir rompiendo las dos exigencias principales del mercado.

## No interrelación entre fincas de la misma zona y el apoyo mutuo

Un aspecto que puede generar problemas es la no interrelación ni comunicación entre fincas vecinas en una misma área. No todas las fincas en un área definida están en el mismo nivel técnico de desarrollo en cuanto a las estrategias de control, ocasionado lo que se puede llamar fincas focos aquellas que no tienen éxito en el control, recuerde las plagas no conocen de propiedades o fronteras.

La existencia de comités de zona facilitaría la comunicación y el aprendizaje de estrategias exitosas, de igual forma posibilitaría el generar acciones de control conjuntas buscando el control y beneficio mutuo con mayor velocidad y menor costo.

## Falta de apoyo técnico por parte de las casas productoras

Un aspecto que también a marcado el no control de plagas es la falta de acompañamiento por parte de las casa productoras. El limitarse a vender y ganar generó graves situaciones ambientales, técnicas y de costos.

Esta situación favoreció el mal uso de los productos, provocando toxicidades, pérdida de producción y lo más graves son altos costos y resistencia por parte de las plagas a los ingredientes activos.

Es necesidad y obligación de un productor acompañar su producto para garantizar su buen uso y manejo.

## Poca calidad en productos biorracionales y dificultad de consecución

Es clara e indiscutible la importancia de potencializar el uso de productos denominados biorracionales que contemplan control biológico, extractos de plantas, hongos o bacterias, etc. Pero hasta ahora empresas que trabajan sobre este tema están empezando a buscar la forma de cumplir con otros parámetros importantes a parte del fundamental que es controlar la plaga. Estos dos aspectos son:

- Calidad permanente = aseguramiento de la misma cantidad de ingrediente activo siempre
- Facilidad de consecución para poder contemplarlo dentro de una rotación

Aquellas empresas que cumplan con los tres parámetros fundamentales mencionados, serán exitosas y millonarias.

## Cultura de choque

Uno de los aspectos más críticos para lograr el control de plagas con productos biológicos es la llamada cultura de choque tan arraigada en sector floricultor. Es decir, el estar acostumbrados a aplicar un producto químico que le controlaba de una sola vez la plaga no facilita la introducción de productos biorracionales que normalmente no son de choque y que deben tener el espacio de actuar además están enmarcados dentro de un manejo integrado para que realmente sirvan.

Afortunadamente la poca efectividad de los productos químicos, las restricciones ambientales nacionales y la exigencia de sellos verdes por los compradores han hecho que esa cultura de choque cambie a la fuerza; es decir, que de un tiempo para acá ha sido más fácil hablar y evaluar el tema.

Otros aspectos (no menos importantes) que marcan o interfieren en el control de plagas son:

- Personal administrativo con poco o ningún conocimiento de los comportamientos y aspectos biológicos tanto de la plaga como del huésped
- Falta de tiempo para el análisis de datos
- Reacción reactiva y no proactiva en la mayoría de los casos por parte de las organizaciones gremiales
- Falta de alternativas de control tanto químicas como físicas y culturales
- Mayor investigación en técnicas de aplicación (boquillas, lanzas, volúmenes, técnicas, etc.)
- Nuevos sistemas de manejos de plantas que favorecen los ataques
- Generación de estrategias de control pero costosas
- Estrategias de control que favorecen el control de una plaga pero favorece el desarrollo de otra plaga o enfermedad.

El objetivo de esta reflexión ha sido generar conciencia sobre la importancia que tiene la cultura en un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades. Es importante concluir diciendo que el éxito o el fracaso en el control de plagas, está determinado por dos aspectos esenciales, que son: las definiciones técnicas adecuadas y la cultura y disciplina que se tenga en los procesos.

## EL COMPLEJO CHISA EN COLOMBIA Y PERSPECTIVAS PARA SU MANEJO

**Martha E. Londoño Z.**

CORPOICA. A. A. 100, Rionegro (Ant.). 1998.

### Introducción

El desarrollo de las ciencias naturales y agronómicas ha hecho aportes decisivos para producir alimentos a los 6.000 millones de habitantes de la tierra; sin embargo, la agricultura está dominada actualmente por la necesidad de producir con economía y con el menor deterioro del medio ambiente. El desarrollo ordenado y adecuado de los programas de control integrado exige un buen fundamento científico, así como, la generación de información en diferentes aspectos como: biología general, comportamiento, fenología y distribución de las principales plagas; niveles de población de plagas que puedan ser toleradas sin pérdidas importantes; los principales factores de mortalidad natural que regulan la abundancia y dinámica de la población de las plagas; tiempo y lugar de ocurrencia y la significación de los principales predadores, parásitos y patógenos. De igual manera, el impacto de los procedimientos de control sobre las plagas, así como, sobre los factores de mortalidad natural y sobre el ecosistema en general (Londoño, 1996).

La tendencia mundial hacia una agricultura orgánica y sostenible tiene como herramienta precisa el manejo integrado de plagas y, dentro de éste, el control biológico. Gracias a esto el control biológico de insectos ha tomado un rumbo más práctico. Es así como varios países de América y Europa se destacan por sus trabajos usando este tipo de control y por la producción masiva de organismos que se consiguen hoy relativamente fácil en el mercado internacional. El manejo integrado es entonces la herramienta moderna para reducir los daños de los insectos. Las plagas del suelo no son la excepción y en ese sentido hay que trabajar para lograr una combinación exitosa de estrategias en su control (Londoño, 1996). Los programas de control integrado de plagas se desarrollan con lentitud, generalmente con base en un proceso escalonado; la complejidad del programa surge lentamente. En muchos casos, una simple innovación basada en una buena observación puede producir resultados espectaculares (Londoño, 1996).

Desde mediados de la década de los 80' se vienen presentando problemas en la agricultura colombiana por la presencia de larvas o adultos de insectos de la familia Melolonthidae en los cultivos de clima frío y cálido (Ruiz y Posada, 1985; Jiménez y Lobatón, 1986; Londoño, 1993; Pardo y Franco, 1997; Vallejo, Morón y Orduz, 1997). Durante los últimos seis años se han venido desarrollando trabajos de investigación tendientes a resolver este importante problema fitosanitario, encaminando muchos de los esfuerzos hacia la evaluación de prácticas culturales y el uso de agentes de control biológico nativos.

### Importancia de las chisas

Las "chisas", "Gallinas ciegas", "mojojeyes", "cudzos", "morrongos" o "white grubs", han venido siendo plagas de importancia en el mundo, especialmente en cultivos de gramíneas. La *Popillia japonica* Newman, una especie nativa del Japón y una de las chisas que más trabajos de investigación y publicaciones ha generado, fue detectada en el sur de New Jersey (U.S.) en 1916; para 1985 estaba presente en 19 estados de dicho país y en diferentes áreas aisladas. Tanto los adultos como las larvas causan daño a alrededor de 300 especies de plantas. Los adultos se encuentran más frecuentemente en cultivos hortícolas, frutales pequeños, jardines ornamentales y árboles; las larvas en pastos y en plántulas recién transplantadas, haciendo daño a las raíces (Singh y Moor, 1985). Otras chisas importantes

en el mundo son *Cyclocephala hirta* en la zona Este de los Estados Unidos, *Costelytra zealandica* (White) en Nueva Zelanda, *Anisoplia austriaca* Hbst. y *Melolontha melolontha* L. en Europa ; sobre todas ellas se han desarrollado importantes trabajos de investigación, dando origen al conocimiento sobre los agentes de control microbial (Jackson, 1993).

De acuerdo con los muestreos de larvas en el suelo, las llamadas chizas o mojojeyes, han venido constituyéndose en un problema para los cultivos del Oriente Antioqueño (Londoño y Ríos, 1997). Los muestreos de larvas en el suelo realizados por funcionarios de las unidades CRECED-Oriente Antioqueño de CORPOICA, han indicado que los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Ancognatha*, *Symmela* y *Anomala* son plagas de importancia económica en cultivos de clima frío moderado. Las mayores poblaciones corresponden a la especie *Phyllophaga obsoleta*, la cual es notoriamente predominante tanto en los muestreos de larvas en el suelo, como en las capturas de adultos en trampas de luz (Arias, 1996 y 1997; Londoño y Ríos, 1997). Las chizas en Antioquia hacen daño en potreros, gramas, hortalizas, frijol, maíz, papa, flores y frutales, causando pérdidas entre 10-80% (Londoño, 1992, 1994).

Ruiz y Pumalpa (1989), en el Departamento de Nariño, han encontrado cinco especies de chizas: *Ancognatha scarabaeoides* Burmeister, *A. nigriventris* Otoyá, *A. vulgaris* Arrow, *Astaena* sp. y *Phyllophaga* sp. Sin embargo, las más abundantes son: *Ancognatha scarabaeoides* y *Astaena* sp. Sánchez y Vasquez (1996), en Cajamarca, Tolima, reportan ocho géneros de importancia agrícola: *Cyclocephala*, *Ancognatha*, *Phyllophaga*, *Serica*, *Macrodactylus*, *Anomala*, *Plectris* e *Isonychus*, en cultivos de arracacha; siendo los de mayor importancia poblacional *Cyclocephala* y *Phyllophaga*. En cultivos de espárrago en el Departamento del Cauca, se ha venido detectando la presencia de larvas de chisa haciendo daño a los turiones emergentes; los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Plectris* y *Symmela*, se han visto asociados a los daños, existiendo un aparente predominio de los géneros *Phyllophaga* y *Cyclocephala* (Londoño y Ríos, 1997 ; Londoño, 1998) ; el género *Phyllophaga* está representado por la especie *Phyllophaga menetriesi* la cual hace un daño considerable en la base de los turiones, causando la subsecuente deformación y rechazo para la comercialización del espárrago. En los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá se ha reportado la presencia de *Ancognatha scarabaeoides* en papa y pastos y de *Clavipalpus* sp. *pos ursinus* Blanchard en cultivos de rosas; se considera que la especie *C. pos ursinus* es la de mayor prevalencia en la Sabana de Bogotá y que afecta además los cultivos de fresa, cebada y otros cereales (Alvarez, Posada y Martínez citados por Pardo, 1994 ; Rodríguez, Rincón y Martínez, 1996). En las zonas cálidas de Colombia se ha detectado la presencia de *Euethola bidentata*, principalmente, así como en los Llanos Orientales, la Costa Atlántica y la región de Urabá (Jiménez, 1986 ; Jiménez y Lobaton, 1986 ; Londoño, 1989).

### Características de los géneros de mayor abundancia en el clima frío y frío moderado

Los adultos de chisa, comúnmente denominados cucarrones, marceños o cuaresmeros, tienen tamaños y coloraciones diferentes. Las características taxonómicas más importantes para la identificación de géneros son la presencia o no de mesoepímeros, escotaduras en el clipeo en frente del canthus ocular, borde lateral de los élitros, escutelo visible u oculto, la visualización o no de las mandíbulas bajo los borde del clipeo, así como, la forma, longitud y grosor de las uñas tarsales, entre otras (Morón, 1995). Los adultos de *Ancognatha scarabaeoides* miden de 2-2.5 cm de longitud y son de color negro brillante ; los machos y las hembras se diferencian en los tarsos de las patas delanteras, los cuales en los machos terminan en unas uñas gruesas, mientras que en las hembras son delgados. Los adultos de *A. humeralis* y *A. vulgaris* son de color amarillo con puntos negros. Los adultos de *Cyclocephala* son más pequeños que los de *Ancognatha*, de color amarillo con o sin manchas negras ; como en la mayoría de los Dinastinos se diferencia el sexo en los tarsos de las patas delanteras. El género *Astaena* se caracteriza por tener una coloración marrón y mide

sólo un cm de longitud ; sus patas son delgadas y las espinas de las tibias poco prominentes. Los adultos de *Phyllophaga obsoleta* son de color amarillo quemado con el pronoto marrón ; miden en promedio 1.8 cm de largo ; Las hembras son notoriamente mas grandes que los machos, con la margen posterior del segmento anterior al pigidium transversa, mientras que en el macho tiene forma de v. Los adultos de *Phyllophaga* sp. son de color café oscuro (chocolate) y miden en promedio 2.1 cm. En la especie *sp pos ursinus* los adultos son de color café rojizo y miden 1.3-1.5 cm de longitud ; las hembras tiene el abdomen mas abultado en la parte caudal y los élitros no alcanzan a cubrirlo, mientras que en los machos esto si ocurre. El género *Symmela* se caracteriza por cucarrones de color café y miden 0.7 cm de longitud (Ruiz y Pumalpa, 1989 ; Londoño, 1996 y 1998 ; Vallejo, 1995 y 1997).

Las larvas de chisa presentan características en la parte caudal del cuerpo que permiten la separación de algunos de los géneros. De los muestreos de larvas procedentes del suelo de cultivos afectados, se realizó una separación teniendo en cuenta la forma del raster y de la abertura anal, así como la coloración de la cabeza. De este modo se separaron mas de 10.000 con características homogéneas. A dichas larvas también se les realizó estudio taxonómico utilizando la Clave de larvas propuesta por Morón (1995). Se elaboró una Clave Pictórica de utilidad regional, con características macroscópicas, fácilmente reconocibles. Adicional a todo esto, se espero la emergencia de los adultos y se verificó con la colección de referencia la identificación a nivel de género. De este modo se tienen caracterizados siete géneros en estado larval *Anomala*, *Symmela*, *Plectris*, *Ancognatha*, *Cyclocephala*, *Phyllophaga* y *Clavipalpus*, tal como se muestra en la Figura 1 (Londoño, Ríos y Restrepo, 1997).

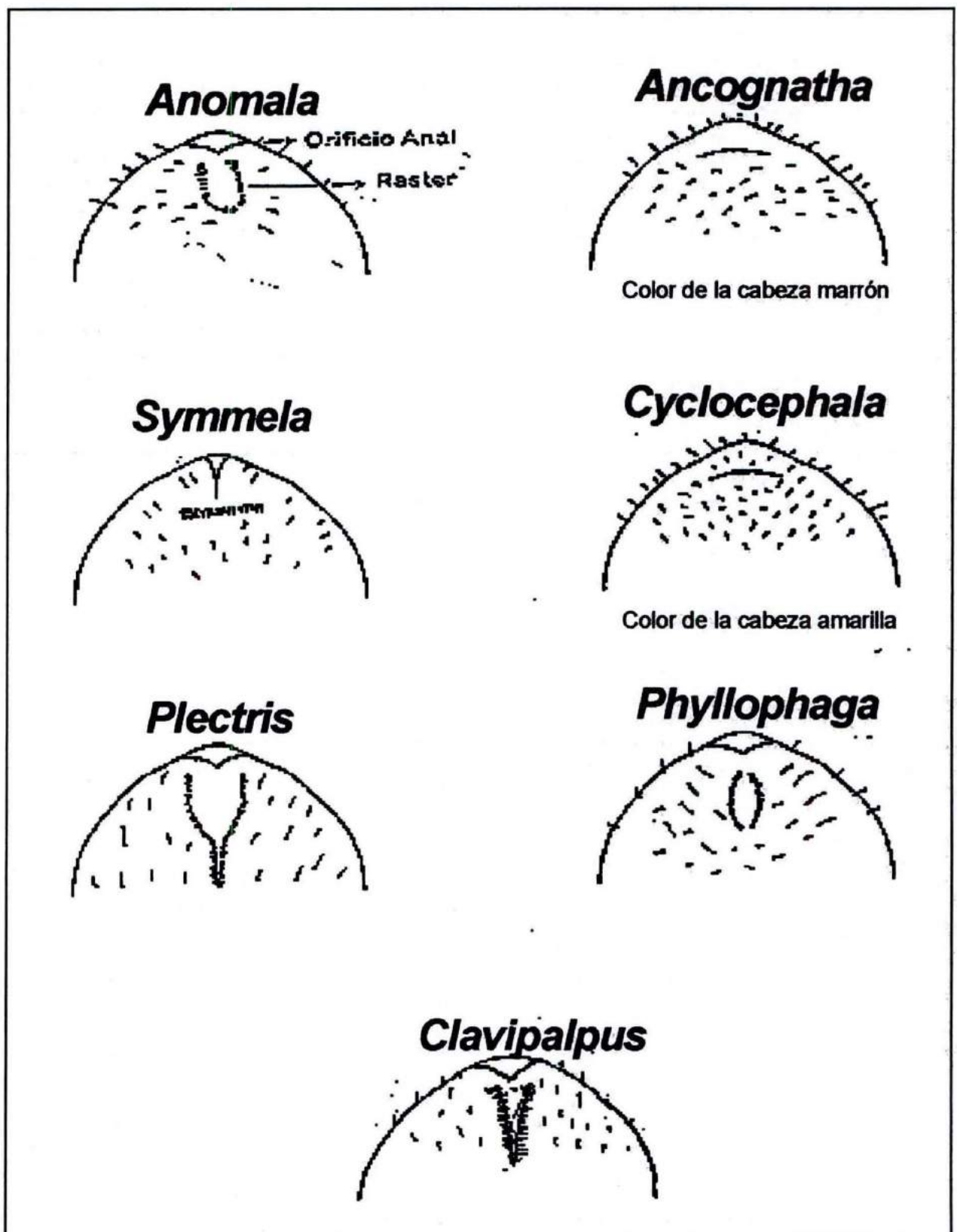
#### Ubicación taxonómica de las chisas de mayor ocurrencia en el territorio colombiano

La ubicación taxonómica de las diferentes chisas es una ayuda para su reconocimiento e identificación. La familia Melolonthidae posee cuatro subfamilias: Cetoniinae, Melolonthinae, Dynastinae y Rutelinae. Aunque los registros revisados por Pardo (1994), en aproximadamente 400 citas de escarabajos, de mas de 20 años, incluyen 24 géneros y 50 especies de interés agrícola, en este documento se citan solamente los de importancia mas relevante y de mayor ocurrencia en Colombia. Se ubican por subfamilia en la Tabla 1 (editado con base en Morón, 1995):

**Tabla 1.** Ubicación taxonómica de las chisas de mayor ocurrencia en Colombia.

MELOLONTHIDAE			
CETONIINAE	MELOLONTHINAE	DYNASTINAE	RUTELINAE
Gymnetris	Phyllophaga Serica Astaena Symmela Isonychus Macroductylus Plectris Clavipalpus	Ancognatha Dyscinetus Cyclocephala Euetheola Strategus Podischnus	Anomala Strigoderma





**Figura 1.** Características del raster y de la abertura anal útiles en la identificación de géneros en larvas de chiza en el campo. Preparado por: Martha E. Londoño Z; Ana María Ríos L.; Clara restrepo. Enero de 1995

## Estrategias para el manejo integrado de las chisas

Para afrontar el problema de la chisa en Antioquia, la Fundación Buen Pastor lideró un grupo de trabajo constituido por entidades del sector agropecuario y educativo que se comprometieron a desarrollar trabajos de investigación tendientes a resolver el problema. En el desarrollo de las actividades han participado las siguientes instituciones, corporaciones y centros de investigación: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Fundación Buen Pastor, Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare, CORNARE, Corporación de Investigaciones Biológicas, CIP, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Universidad Católica de Oriente, Sede Rionegro, Corporación Universitaria Lasallista, Colegio Mayor de Antioquia, Sede Medellín, Universidad de Antioquia y las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA de 13 municipios del Oriente Antioqueño. En este momento se cuenta además, con la participación del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA y del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, PRONATTA, con cuyo recurso se pretende continuar en la búsqueda de soluciones a este sentido problema fitosanitario (Londoño, 1998).

De acuerdo con los criterios del grupo participante, se establecieron 11 pasos a seguir para afrontar el problema de la chisa en Antioquia, los cuales son:

- Reconocimiento de especies de chisa
- Estudios de ciclo de vida
- Reconocimiento de enemigos naturales
- Cuantificación de pérdidas
- Eficacia de las medidas de control disponibles
- Establecimiento de niveles de daño
- Medidas alternativas de control
- Comparación de la mejor alternativa de control Vs la del agricultor
- Formulación de estrategias MIP con énfasis en control cultural y biológico
- Validación del paso anterior
- Validación con investigación participativa y campañas divulgativas

De los 11 pasos establecidos para la solución del problema de chisa, se han adelantado estudios de reconocimiento de especies, ciclo de vida y hábitos de la especie predominante, *Phyllophaga obsoleta*, reconocimiento de enemigos naturales, cuantificaciones parciales de pérdidas, eficacia de las medidas de control disponibles y evaluación de medidas alternativas de control (Londoño, 1993; CIB, 1995; Londoño y Pérez, 1994; Jaramillo, Arévalo y Arias, 1996).

Para el reconocimiento de especies se utilizó inicialmente la trampa de luz negra, del espectro del ultravioleta (Black-light-blue, BL<sub>b</sub>). Estos trabajos adelantados mediante convenio CORNARE-CIP-CORPOICA-FUNDACION BUEN PASTOR, permitieron verificar la presencia de un complejo de más de 50 especies, agrupadas en 21 géneros, con un notable predominio de la especie *P. obsoleta*. De 60.000 adultos de chisa (aproximadamente) recolectados en 16 trampas de luz, el 50% correspondió a la especie mencionada; en las zonas más frías (2.500 m en adelante) predominó *Ancognatha scarabaeoides*, seguida por varias especies del género *Cyclocephala* y por *Symmela sp* (Nanclares y Ramírez, 1992; Londoño, 1993; Montoya, Madrigal y Ramírez, 1994; CIB, 1995; Londoño y Ríos, 1997). Los muestreos de larvas en el suelo indican un predominio del 73% del género *Phyllophaga* (Arias, 1996, 1997).

Se han observado esfuerzos por difundir el uso de la trampa de luz por parte de algunas unidades municipales de asistencia técnica, como las UMATA de La Ceja y Rionegro, quienes publicaron hojas volantes y afiches alusivos al diseño a la trampa y a su uso. De todas maneras es importante aclarar que la trampa de luz debe ser considerada como un elemento de detección y no como un método de control para este tipo de insectos (Arias, 1997).

El esquema poblacional de *P. obsoleta* se puede resumir de la siguiente manera (Figura 2): los adultos aparecen con la llegada de las lluvias y pueden estar entre los meses de marzo, abril y mayo; se han hecho observaciones de campo, verificándose su cópula pocos días después de la emergencia de los adultos. La hembra copulada se mete al suelo y allí deja sus huevos a pocos centímetros de profundidad.

Los huevos entonces, se podrán encontrar en abril y mayo, los cuales son inicialmente elongados pero posteriormente se vuelven esféricos (Londoño, 1995). Las larvas atraviesan por tres estadios cuyo tamaño varía con la edad; se ubican principalmente en el área de raíces de la planta donde permanecen de seis a siete meses (mayo-noviembre). Las pupas que son exaratas o descubiertas, están protegidas con una cámara pupal elaborada con tierra y excretas, construidas mediante la compactación que la larva hace con movimientos circulares. Se forman a partir de diciembre y se localizan a profundidades ente 70 cm y un metro, donde permanecen hasta la llegada de las lluvias, es decir, un período de cuatro meses (Londoño, 1994). Observaciones de laboratorio indican que el estado pupal dura entre 40 - 60 días y si hay humedad suficiente en el suelo el adulto abandona la cámara pupal, atraviesa el perfil del suelo y sale a volar. Si no hay humedad suficiente los adultos permanecen en la cámara pupal hasta la llegada de las lluvias; comunmente en el siguiente año (Londoño, 1992 y 1994).

No se conocen los niveles de daño económico ni los umbrales de acción para los cultivos atacados por chisa; sin embargo, en muestreos realizados en papa en el municipio de El Santuario se han encontrado poblaciones de chisa en el suelo de 5.3 larvas por m<sup>2</sup>; datos similares se han encontrado en frijol y maíz en otros municipios. Cuando se mira el daño causado por chisa, evaluado al momento de la cosecha, se ha podido detectar daño de este insecto en el 50% de los tubérculos observados (incidencia), con deterioros entre 26-100% del tubérculo (severidad). Estos datos dan una idea sobre la importancia económica de la chisa en la producción de papa, ya que tubérculos con severidades menores al 25% pueden ser "camuflados" por el agricultor en los costales en donde se comercializa el producto, intercalándolos con tubérculos buenos. Pero tubérculos con severidades superiores al 25% son difíciles de "camuflar" y por lo tanto los pierde o los comercializa a muy bajo precio (Arias, 1996, 1997). En un estudio del daño de chisa en cultivos de papa en el departamento de Antioquia realizado por el ICA, se encontró una incidencia del 11% para 1995 y del 13.8%

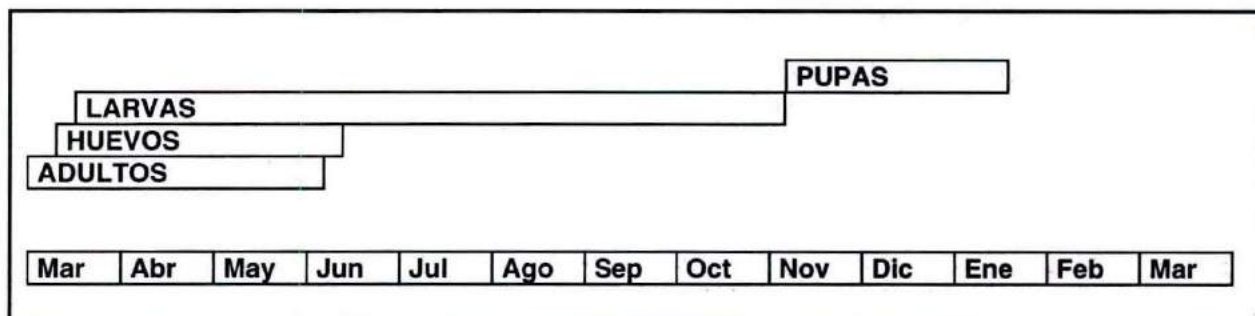


Figura 2. Esquema poblacional de la chisa vs Meses del año.

para el año 1996, a lo cual se estimó una pérdida de 10 mil millones de pesos (Jaramillo, Arévalo y Arias, 1996).

Posada y Rivera, citados por Posada (1991) evaluaron la eficiencia de varios productos de uso común en el Oriente Antioqueño y encontraron que para el cultivo de frijol en relevo las mayores incidencias se lograron con Carbofuran, pero no superaron el 70% ; en condiciones de monocultivo la eficiencia con este producto ascendía al 80%. Sin embargo, productos de alta utilización por parte de agricultores como el Clorpirifos, no alcanzaron eficiencias del 70% (Tabla 2).

La preparación de los suelos previa a la siembra, ha demostrado ser de gran utilidad en el manejo de este insecto en cultivos de frijol ; esta práctica permite exponer las larvas a la acción del aire y del sol, factores del clima que les causan deshidratación y muerte, así como a la predación por aves de distintas especies (Rendón, 1996). Se ha insinuado el uso de algunos extractos de plantas para el control de chisa ; el principal efecto observado de éstos sobre la chisa es una irritación que obliga a las larvas a moverse hacia la superficie del suelo sometiéndolas a la posibilidad de ser predadas por pájaros o deshidratadas por el efecto del clima (Higueta, 1993). Sin embargo, observaciones hechas sobre *Clavipalpus sp* indican que los extractos pueden potenciar la acción de organismos entomopatógenos y aumentar la mortalidad sobre larvas de chisa en un 20% más que el entomopatógeno solo (Londoño, 1996).

Algunos de los enemigos naturales de la chisa encontrados en el Oriente Antioqueño, han demostrado ser útiles en su control, no sólo por su incidencia en condiciones naturales, sino porque al ser multiplicados e inoculados al suelo causan mortalidades interesantes. Dentro de estos microorganismos se encuentran *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. brogniartii* y *Bacillus popilliae* los cuales en ambientes controlados han causado mortalidades por encima del 50%. En condiciones de insectario, CORPOICA, evaluó 36 aislamientos de microorganismos entomopatógenos sobre los diferentes estados y estadios de desarrollo de *P. obsoleto* y encontró que el aislamiento Ma-25 de *M. anisopliae* causó mortalidades del 60% en adultos, 50% en larvas de tercer instar ( $L_3$ ) y de 40% en pupas ; sin embargo, la mortalidad intrínseca en huevos y  $L_1$  no pudo apreciarse. Con el aislamiento Bb-15 de *B. bassiana* se consiguieron mortalidades del 50% en adultos, del 20% en  $L_1$ , del 50% en  $L_3$  y del 40% en pupa (Tabla 3). *Bacillus popilliae* se destacó con el aislamiento Bp-Ph el cual causó mortalidades del 10% en  $L_1$ , 20% en  $L_2$  y 90% en  $L_3$ . El nemátodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* causó mortalidades del 90% y *Heterorhabditis sp* del 70% en  $L_3$ . No obstante, la mortalidad total acumulada causada por todos los microorganismos probados es alta, llegando en muchos casos al 100% (Londoño y Ríos, 1998).

**Tabla 2.** Efecto de varios insecticidas en el control de larvas de chisa en frijol en el Oriente Antioqueño.

Tratamiento	Promedio de chizas M <sup>2</sup>	Rendimiento en % del testigo	
		Relevo	Monocultivo
Carbofuran	1.2	181.90*	173.67
Lindano	2.58	149.53	127.35
Clorpirifos	3.84	79.65*	163.14
Diazinon	5.47	131.13	173.59
Hoscation	6.10	125.15	172.96
Testigo	8.31	100.0	100.0

Las mezclas de microorganismos tienen un gran potencial en el manejo de poblaciones de chisa. Sin embargo, debe conocerse bien la eficacia de cada mezcla propuesta. Para el caso *P. obsoleta* una mezcla de los microorganismos Ma-25, Bb-15 y Bp-Ph es muy útil ya que la mortalidad del 50% de la población se presenta en sólo seis semanas, mientras con cada uno de los microorganismos mencionados se requiere en promedio 11 semanas. Es interesante anotar que bajo condiciones controladas, la mencionada mezcla de microorganismos causa el 100% de mortalidad a las nueve semanas de haber sido inoculado el suelo. Al mirar las causas de mortalidad incidentes después de tratar el suelo se comprobó que todos los microorganismos pudieron expresar la mortalidad siendo más importantes las mortalidades causadas por Ma-25 y Bp-Ph. Lo anterior nos está indicando la gran utilidad de estos dos aislamientos habilitándolos para ser incluidos dentro de la estrategia biológica para el manejo de la chisa (Londoño y Ríos, 1998).

### Estrategias de manejo por género

Aunque las chizas son parecidas entre sí, tienen grandes diferencias biológicas y bioquímicas que las hacen susceptibles de manera diferencial a los agentes de control microbial. Hernández y Rodríguez (1992) fueron los primeros en mencionar que las chizas en Antioquia presentaban susceptibilidad diferencial a *M. anisopliae* y que el aislamiento que causaba mortalidad a *A. scarabaeoides* era completamente inocuo a *Phyllophaga sp* y *Plectris sp*.

Para la especie *Ancognatha scarabaeoides* puede usarse el aislamiento Ma-4 (entregado a la Industria Colombiana de Biológicos en 1997), con el cual se consiguen mortalidades de 73% en L<sub>3</sub> a los 30 días de inoculado al suelo (Gil y Londoño, 1994).

Cuando se trate de *P. obsoleta*, una buena preparación del suelo ayuda a controlar parte de la población (Rendón, 1996); así como el recojo a mano, una práctica muy generalizada entre los cultivadores de hortalizas en el Oriente antioqueño y que trae como consecuencia una baja poblacional de larvas. Esta práctica cultural es utilizada al momento de la preparación del suelo con azadón, a la siembra y al aporque. En cultivos de flores bajo invernadero también es común el recojo de larvas en las camas antes de la siembra; esta labor se volvió tan común como limpiar las malezas en la preparación del suelo. Dada la sincronía en el ciclo biológico, las siembras del primer semestre del año (marzo-abril) tienen menos posibilidades de daño, ya que la población de chisa en el suelo está en los primeros estadios de desarrollo larval, los cuales son menos voraces. A estas dos prácticas se recomienda añadir al suelo los microorganismos Ma-25 de *M. anisopliae* y BpPh de *B. popilliae* (Londoño y Ríos, 1998).

Para el caso de *Cyclocephala amazona signata* y *C. lunulata*, las chizas que afectan la zona esparraguera del Cauca se recomienda aplicar al suelo y evaluar la eficacia bajo las condiciones propias del lugar, los aislamientos Ma-4, Ma-37 y Ma-25 y Bb-17, (que tiene CORPOICA en su colección local del Centro de Investigación "La Selva") los mismos que mostraron ser promisorios bajo condiciones de insectario, alcanzando mortalidades del 53% (Londoño y Arango, 1998). Cuando se trate de *Phyllophaga menetriesi* la chisa con mayor capacidad de daño en la zona esparraguera y yuquera del Cauca, se recomienda realizar estudios a la mayor brevedad que permitan establecer una cuantificación de pérdidas y una detección de los agentes de control microbial efectivos para dicha especie; mientras tanto el método de control debe ser químico, aunque su eficiencia no sea muy alta. De acuerdo con los resultados obtenidos con *P. obsoleta* el producto recomendado para este caso sería Carbofuran.

Alvarez, Posada y Martínez, citados por Pardo (1994), observaron que *Clavipalpus sp pos ursinus* tenían varios enemigos naturales en la Sabana de Bogotá: además de ser depredados por pájaros, también eran atacados por los microorganismos *Bacillus popilliae*, *Metarhizium anisopliae* y por nemátodos entomopatógenos. En rosas bajo invernadero atacadas por *C.*

**Tabla 3.** Aislamientos de entomopatógenos considerados promisorios para el manejo de *Phyllophaga obsoleta*.

AISLAMIENTO	MORTALIDAD	MORTALIDAD EN PORCENTAJE					
		A	H	L1	L2	L3	PUPA
Ma-25*	Intrínseca	60	-	-	-	50	40
	Total	100	100	100	0	100	100
Ma-39	Intrínseca	50	-	-	-	40	50
	Total	100	100	100	-	100	100
Bb-15*	Intrínseca	50	-	20	-	50	40
	Total	100	100	30	-	50	100
Bb-19	Intrínseca	50	-	10	-	40	40
	Total	100	100	100	-	60	100
Bp- Ph*	Intrínseca	-	-	10	20	90	-
	Total	-	-	100	90	100	-
Bp-Anc	Intrínseca	-	-	10	20	50	-
	Total	-	-	100	100	90	-
Heterorhab*	Intrínseca	-	-	-	-	70	-
	Total	-	-	-	-	90	-
Steinernema*	Intrínseca	-	-	-	-	90	-
	Total	-	-	-	-	100	-

\* Aislamientos promisorios. A : Adulto ; H : Huevos ; L1 : Larva primer instar ; L2 : Larva segundo instar ; L3. Larva tercer instar.

*sp pos ursinus* Rodríguez, Rincón y Martínez, (1996), reiteraron que en el control de esta especie de chisa pueden ser útiles el aislamiento nativo de *M. anisopliae* forma *major* (Jhonsthon), la bacteria *B. popilliae* y *B. bassiana*, con cuya combinación se consiguen reducciones poblacionales del 90%. En esta recomendación debe tenerse la precaución de usar cepas nativas de *M. anisopliae*, ya que en un estudio en el que se evaluaron varios aislamientos nativos de *M. anisopliae*, no se consiguieron mortalidades interesantes con ninguno de ellos ; entre los aislamientos estaba incluido uno de *M. anisopliae* var. *major* procedente de Antioquia, denominado en la Colección local como Ma-4, siendo inocuo a *Clavipalpus sp pos ursinus* en L3, procedentes de la Sabana de Bogotá (Londoño, 1996).

## Referencia

- Arias, J. H. 1996. Segundo informe de avance. Evaluación y transferencia de los resultados del efecto de la trampa de luz y de hongos entomopatógenos en el control de chizas en el Oriente Antioqueño, Octubre de 1995-Junio de 1996. Rionegro. CORPOICA, Fundación Buen Pastor, 1997. 23p.
- Arias, J. H. 1997. Tercer informe de avance. Evaluación y transferencia de los resultados del efecto de la trampa de luz y de hongos entomopatógenos en el control de chizas en el Oriente Antioqueño. Febrero-Agosto de 1997. Rionegro. CORPOICA, Fundación Buen Pastor, 1997. 23p.

- CIB. 1995. Aproximación al conocimiento biológico de los insectos coleópteros de la familia Scarabaeidae que se encuentran asociados a los ecosistemas agrícolas del Oriente Antioqueño. p. 15.
- Higueta, A. 1993. Efecto de extractos naturales sobre chisa. Tesis de Grado, Tecnólogo Agropecuario. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, 39p.
- Jackson, T. A. 1993. Developing microbial controls for scarab pests. En: Diversidad y manejo de Plagas Subterráneas. Sociedad Mexicana de Entomología. A.C. e Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. p. 183 - 192.
- Jaramillo P., J. A. ; E. Arevalo P. Y J. H. Arias R. 1996. Impacto económico de tres plagas del tubérculo de la papa en el departamento de Antioquia. En: XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena de Indias. Julio 17, 18 y 19. 56p.
- Jimenez, M. N. C. Y V. Lobaton. 1986. Eficacia de algunos insecticidas aplicados para el control de *Euethela bidentata* en maíz. Resúmenes XIII Congreso SOCOLEN. Cali, Julio 16 - 18. p. 30.
- Jimenez, O. 1986. El cucarro y su manejo. Villavicencio. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. 8p.
- Londoño Z., M. E. Y J. D. Arango Lopera. 1998. Informe final de la prueba de varios agentes de control biológico sobre larvas de *Cyclocephala* sp. para la compañía de ESPARRAGOS AGROPALACE. 8p.
- Londoño, M. E. 1992. Informe Anual de Progreso. ICA. Disciplina de Entomología. Programa de Leguminosas. 42p.
- Londoño, M. E. 1993. Posibilidades del control biológico en el manejo de la chisa (Col : Scarabaeidae) para el departamento de Antioquia. Miscelánea Sociedad Colombiana de Entomología (Colombia) No. 28, p. 85 - 100.
- Londoño, M. E. 1996. Manejo integrado de plagas del suelo con énfasis en control biológico. En: I Simposio de la Caña de Azúcar: Plagas y Enfermedades. Guatemala. Agosto 29-30 de 1996. 324p.
- Londoño, M. E. 1989. Informe de muestreo de "cucarro" *Euethela bidentata* en cinco municipios de la zona de Urabá. ICA, Documento de Trabajo Sección Entomología. Centro Regional de Investigaciones de Tulenapa. 2p.
- Londoño, M. E. 1994. Informe Avance de Investigación desarrollada en chisa en el Oriente Antioqueño. Convenio CORPOICA-CIB-CORNARE. Centro de Investigación "La Selva", Rionegro (Antioquia). 13p.
- Londoño, M. E. 1998. La chisa o mojoy, un modelo de investigación entomológica. En: Cuarto Seminario Técnico. CORPOICA, Regional 7, Bucaramanga. 4(4) :47-55.
- Londoño, M. E. Y A. M. Ríos L. 1997. Efecto de diferentes agentes de control biológico sobre *Phyllophaga obsoleta* y *Anomala undulata* (COL : MELOLONTHIDAE). En: Aconteceres Entomológicos. Para comprender los insectos : estudiarlos. GEUN, SOCOLEN, U NAL Secc. Medellín. P 35-42.
- Londoño, M. E. ; A. M. Ríos Y C. Restrepo. 1997. Características del raster y de la abertura anal útiles en la identificación de géneros en larvas de chisa. p.1.

- Londoño, M.E. 1996. Potencialidad de diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Pos Clavipalpus*. Rionegro (ant) : Informe de Investigación. 4p.
- Montoya, G. C. ; A. Madrigal C. Y C. A. Ramirez. 1994. Evaluación de trampas de luz para el control de adultos de Scarabaidae (Coleoptera) en cultivos de papa en La Unión (Antioquia). Revista Colombiana de Entomología. Vol. 20 No. 2. Abril-Junio. p. 130-136.
- Moor. R.F. 1985. Handbook of insect rearing. Elsevier, Ansterdoun. 488p.
- Moron, M.A. 1995. Clave para la identificación de los principales géneros con larvas edafícolas de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae-Pleurosticti) de Colombia. Adultos. En II Curso Nacional sobre Plagas Rizófagas. CORPOICA-COLCIENCIAS-SOCOLEN. p.7-14.
- Nanclares G. O. A. Y E. De J. Ramirez. 1992. Reconocimiento de chizas (Coleoptera : Scarabaeidae) en cuatro municipios del Oriente Antioqueño. Tesis (Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 89p.
- Pardo L., L.C. 1994. Escarabajos (Coleoptera :Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia. Memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Medellín, Julio 27-28 y 29. P 159-176.
- Pardo Locarno, L. C. Y M. P. Franco. 1997. Avances en el monitoreo de chizas rizófagas (Coleoptera : Melolonthidae), sinopsis de dos años de muestreo en cultivos de yuca en San Antonio, Cauca, Colombia. P. 165 -180.
- Posada, F. 1991. Informe Anual. ICA. Entomología-Grupo Multidisciplinario Leguminosas. p. 15-17.
- Rendon C., F. 1996. Informe de avances sobre el efecto de la mecanización sola y con adición de agroquímicos o productos biológicos sobre el control de chiza. Proyecto MIP en frijol. Rionegro, (Antioquia). Convenio CORPOICA-CIAT. Secretaría de Agricultura de Antioquia. 1996. 8p.
- Rodriguez, D.A. ; C. Rincon Y D. Martinez. 1996. Manejo de la chizas en rosas. En: XIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena de Indias. Julio 17, 18, y 19. p.27.
- Ruiz, B. N. Y L. Posada. 1985. Aspectos biológicos de las chizas en la Sabana de Bogotá. Revista Colombiana de Entomología 11(1) : 21-26.
- Ruiz, N ; N, Pumalpa. 1989. Conozca la chiza y su control. ICA, Programa de choque tecnológico plegable divulgativo (217). 7p.
- Sanchez, G. Y N. C. Vasquez. 1996. Manejo de plagas en arracacha. Ibagué. p. 43.
- Vallejo, F. ; M. A. Moron Y S. Orduz. 1997. Primer y descripción de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera : Scarabaeoidea, Melolonthidae) una especie plaga del complejo chisa de Colombia. p. 1- 9.



## LOS TRIPS: PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA DE AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS

**Rodrigo A. Vergara Ruiz M. Sc.**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A. A. 1779. email: rvergara@perseus.unalmed.edu.co

### Introducción

Aunque en Colombia, el control de plagas, ha tenido en ocasiones, razones de tipo económico, no siempre ésta ha sido la determinante. La producción de cultivos se desarrolla dentro de sistemas variados, en los cuales imperan todo tipo de percepciones. Cada persona involucrada en el proceso productivo tiene sus propios valores y consideraciones en torno al significado de los problemas fitosanitarios. En muchas ocasiones la aversión al riesgo de agricultores o de los técnicos, los lleva a tomar decisiones apresuradas. En diversas oportunidades estas actividades implican costos sociales, ecológicos y económicos.

Los cultivos constituyen una inversión y esta tiene que ser rentable. La producción de alimentos, fibras, materias primas, etc., no debe entenderse como un entretenimiento. Los agricultores deben ser orientados a entender que sus cultivos son una empresa y a evitar que en lo relacionado con los organismos nocivos, pierdan sus esfuerzos y recursos. La fitosanidad de los agroecosistemas tiene que comprenderse desde lo económico, no solo desde lo bioecológico.

Los insectos han desarrollado con las plantas relaciones de herbivofagia, desde tiempos remotos. Estas se apoyan en interrelaciones complejas. En el caso de los cultivos se sabe que su ecofisiología está asociada a épocas de susceptibilidad al ataque de los insectos-plagas. Es factible que una especie insectil sea nociva en las primeras etapas del cultivo y que otra sea en las posteriores. Pero a su vez es aceptado que la planta tiene niveles de tolerancia a los daños de los insectos. Estos organismos pueden ocasionar deterioro visible de las plantas pero también pasar desapercibidos en su ataque y solo ser evidentes cuando este es grave.

En el orden Thysanoptera, se ubican especies fitófagas, a las cuales en Colombia, tan solo se les ha brindado atención cuando sus daños alcanzan niveles de intensidad críticos. En efecto, los trips han sido subvalorados en su capacidad nociva, quizás por su dificultad de evaluación, tamaño reducido, por la época o etapa en la cual inciden o quizás lo más grave por el desconocimiento que se tiene acerca de su biología, ecología y comportamiento.

Una especie insectil y en este caso de trips no puede ser considerada como plaga, a no ser que sus daños tengan efectos de tipo económico. La connotación de la palabra plaga está relacionada directamente con pérdidas cuantificables en términos económicos. En el caso de los trips sus daños, cuando una especie constituye una verdadera plaga, las pérdidas desbordan cualquier cálculo. En esta conferencia se hará referencia a algunas especies de Tisanópteros que inciden en cultivos hortícolas a saber *Frankliniella tuberosi* Moulton; *Frankliniella* spp.; *Thrips tabaci* Lindeman; *Thrips palmi* Karny y *Frankliniella occidentalis* Pergande.

Casi siempre se hace mención a estas especies como importantes en épocas secas y se desconocen así otros factores de típica intervención antrópica, que hacen de estos insectos, plagas de cuidado. Esta afirmación es hoy más que nunca acertada, debido a la presencia nociva de *T. palmi* en más de 10 departamentos del país. En los cultivos hortícolas los agricultores han recurrido al uso de insecticidas, con resultados erráticos. Al contrario la plaga se ha

incrementado y dispersado de modo acelerado. Es por ello que en esta conferencia se hará énfasis en aquellas características que hacen de los trips y con base en solo tres ejemplos plagas de importancia económica en agroecosistemas dedicados a las hortalizas.

### Nociones generales sobre los Trips

Estos insectos de acuerdo a la historia geológica del planeta, datan desde el Oligoceno (25 a 36 millones de años) y del Mioceno (13 a 25 millones de años). Los fósiles de trips hallados en ámbar, resinas y esquistos pizarrosos de estas épocas, así lo señalan. Los Thysanoptera son cosmopolitas. Todos los continentes son ricos en especies de estos insectos. El nombre común de trips es masculino, original de los estudios de Linnaeus y ha llegado a constituirse en el nombre genérico o común de los insectos del orden Thysanoptera (Zimmerman, 1948).

Los trips son fitófagos, micófagos o predadores de insectos. Se les encuentra en una gran diversidad de hábitats, pero en especial en las regiones tropicales, subtropicales y templadas (Ananthakrishnan, 1993). En Colombia se han encontrado especies en todos los pisos térmicos, siendo los climas medios y cálidos donde se encuentran más hospederos de este grupo insectil. En los agroecosistemas, como es el caso de las hortalizas, los trips fitófagos deben su éxito a diferentes factores. Tienen una propiedad inherente y además aprovechan cualquier condición favorable para su dispersión. El viento los dispersa a los cultivos desde plantas silvestres y al terminar los ciclos vegetativos ocurre un proceso contrario. En los cultivos tienen facilidad de invadir diferentes estructuras de las plantas y así logran definir nichos especiales.

En el orden Thysanoptera se diferencian dos subórdenes: Terebrantia y Tubulífera, con cuatro y una familia respectivamente, aunque algunos taxónomos amplían este número. Los trips son generalmente de hábito gregario, en ocasiones pueden hallarse colonias con numerosos individuos en las plantas hospederas. En estas colonias es factible diferenciar todos los estados de su ciclo de vida. Este es corto y por ello es fácil que bajo condiciones favorables se presentan en promedio dos o más generaciones por mes (Zimmerman, 1948). Los Trips explotan y aprovechan óptimamente los agroecosistemas. Una vez se define la relación con su hospedero, la especie fitófaga logra una dinámica poblacional impresionante. Desde que la especie nociva tenga alimento, refugio y condiciones ecoclimáticas favorables el impacto de sus daños tendrá repercusiones económicas.

El éxito de los trips fitófagos, lo condiciona entre otros factores, el tipo de hospedero. Si este es susceptible y además es preferido por el insecto, la población alcanzará su máxima expresión en muy corto tiempo. En esta relación, en su duración y continuidad influyen además los factores físicos del medio, en especial la temperatura. Los daños que resultan del proceso alimentario de los trips, pueden ser entonces de consideración.

### Origen o naturaleza de los trips como plaga

El número de especies de Tisanópteros se encuentra en discusión. Para Arnett (1993) existen cerca de 4000 especies, pero este número puede ser mayor. En la sola familia Thripidae, Mound (1996) incluye en 4 subfamilias, 1700 especies. En 1995, Mound y Teulon, señalaban que de unas 5.000 especies de Trips descritas, apenas si el 1% podrían ser reconocidas como plagas de los cultivos. Algunas especies tienen distribución geográfica amplia y otras restringidas, y como ejemplos respectivos pueden señalarse *Thrips palmi* Karny con numerosos hospederos y *Sciothrips cardamomi* Ramakrishna, en Costa Rica (Mound y Marullo, 1996). De todas maneras cualquier cálculo sobre el número de especies es discutible, pero es posible que sean más de 5.000.

Aunque existen diversas teorías que explican las causas del origen y naturaleza de los insectos como plagas, en el caso de los trips tienen que analizarse diversos aspectos. Las explosiones de poblaciones plagas, no constituyen un fenómeno aislado. Ellas impactan la producción de cultivos y los agricultores disminuyen sus ingresos. Cuando se enfrenta un problema de importancia en un agroecosistema, deben superarse obstáculos para lograr éxito en las tareas. Los técnicos y además los productores deben comprender que en explotaciones agrícolas las situaciones críticas con especies plagas, tan solo constituyen una parte del agroecosistema. Por esta razón tienen que aceptar que es necesario superar una serie de obstáculos para establecer un óptimo programa de manejo de plagas.

Las explicaciones acerca del fenómeno bioecológico que constituye una plaga, son para Clark, Geier, Hughes y Morris (1967), asociadas a propiedades inherentes (biología, dispersión, persistencia, etc.) ó por intervenciones humanas (transporte, comercio, legislación, etc.). Pero quizás debería considerarse una comprensión del por qué los trips se constituyen en plagas, desde un enfoque de las relaciones de ecología nutricional. Las interacciones entre los Thysanopteros y sus plantas hospederas dependen de un complejo de factores ambientales visuales, táctiles y químicos, que influyen en el comportamiento y fisiología de los insectos. Las modificaciones de cualquiera de estos factores podría eliminar la susceptibilidad del hospedero al trips (Ananthakrishnan, 1993).

Es bien conocido que muchos de los procesos ecológicos, fisiológicos y de comportamiento que tienen los insectos están asociados a su ecología nutricional. Este aspecto tiene que estudiarse teniendo en cuenta la bioquímica, fisiología y comportamiento de los insectos dentro de un contexto ecológico y evolucionario. En los trips su crecimiento, desarrollo y reproducción están directamente correlacionados con la cantidad y calidad del alimento que consume. La ingestión de los fluidos de las plantas depende de la posibilidad de hallar el hospedero preferido, de estar disponible, de ser aceptado, digerido, asimilado y apto para suministrarles los nutrientes necesarios para producción de energía y aumento de biomasa (Parra, 1991).

Entre los trips es posible hallar especies con relaciones de monofagia, oligofagia y polifagia. Aparentemente en especies plagas su polifagia es característica, pero en algunos casos los trips alternan hospederos en busca de suplir necesidades de agua, azúcar y otros compuestos para la sobrevivencia, más no para la reproducción. Aunque no es bien clara la relación se sabe que la concentración de nitrógeno amino, en el follaje de las plantas favorece el daño y la oviposición de los trips (Ananthakrishnan, 1993). Desde hace mucho tiempo se ha estudiado el papel que tienen los metabolitos secundarios en la selección del hospedero por parte del insecto, pero estudios específicos en el caso de los trips de las hortalizas son escasos.

Las defensas químicas de las plantas pueden dividirse en dos categorías, a saber: Toxinas o defensas cualitativas y los factores que reducen la digestibilidad o defensas cuantitativas. Las clases más conocidas de los compuestos implicados en las defensas son: compuestos nitrogenados (alcaloides, aminos, aminoácidos no proteicos, glicósidos cianogénicos y glucosinolatos); terpenoides (monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, saponinas, limonoides, cucurbitacinas, cardenoloideos, carotenoideos); compuestos fenólicos (fenoles simples, flavonoides y quinonas) y poliacetilenos (Harborne, 1977). El papel que cumple un metabolito en la planta o en las interacciones entre los organismos es complejo. En el caso de *Retithrips syriacus* Mayet Ananthakrishnan (1992) comenta que los compuestos fenólicos producidos por la planta en el proceso de recuperación de tejidos dañados por este insecto, aparentemente reducen el proceso alimentario y alteran la fecundidad y el desarrollo post-embrionario. Metabolitos primarios tales como azúcares y amino ácidos estimulan la alimentación de los trips y estos insectos requieren que en sus hospederos se encuentren niveles altos de proteína y nitrógeno.

En el caso particular de *Thrips palmi* Karny, una especie con alto grado de polifagia, se ha encontrado en Antioquia, asociada a diversidad de hospederos (Vergara, 1999), y en ellas se le ha observado haciendo daño en todo tipo de estructuras excepto raíces. Cuando se evalúan Tisanópteros en el campo, las personas realizan las búsquedas en las flores. Pero si bien es cierto que allí pueden encontrarse, los trips tienen comportamientos influenciados por el tipo de superficie de la estructura, la incidencia de la luz y otros aspectos. Es por ello, que *T. palmi*, puede ovipositar en flores o en hojas, pero se congrega en la haz o envés de las hojas sobre los tallos o frutos, dependiendo del hospedero.

Ananthakrishnan (1993) documenta que la tolerancia de *Ricinus comunis* a los daños de trips, está relacionado con la tasa respiratoria, la edad de la hoja y además el grado de infestación de la plaga. Pero el factor que está influyendo en esta tolerancia es la actividad de la enzima peroxidasa que se incrementa durante el desarrollo del follaje y disminuye con la senescencia de las hojas. En las hojas con mayor infestación la actividad de la peroxidasa es alta y menor en las no infestadas. En este proceso alimenticio es de interés el dilucidar el papel de los metabolitos. De todos modos cuando existen metabolitos primarios y secundarios en niveles altos y elevada actividad de enzimas, las infestaciones de trips son más altas. Entre las enzimas se destacan fenilalamina amonio liasa (FAL), tirosina amonio liasa (TAL), peroxidasa y polifenoloxidasas, que median en la movilización de los metabolitos, así como los ácidos fenólicos.

Las explicaciones sobre el por qué?, de los trips como plagas, también están relacionadas con la edad de la planta y en ella de la estructura afectada, así como con las condiciones climáticas. Los trips por su diminuto tamaño pueden pasar desapercibidos y aprovechan para sus movimientos migratorios las corrientes de aire. En cada especie conocida como plaga se reconocen como aspectos generales para que se comporten así, los siguientes: alta dinámica poblacional, hábitos gregarios, daños ocasionados por ninfas y adultos en la alimentación, daño por oviposición, capacidad de resistencia a los insecticidas, gran adaptación genética y además comportamiento criptobiótico parcial o total. Los trips pueden considerarse como plagas estratega tipo A. Estos insectos tienen especies que se catalogan como plagas cuarentenarias y además algunas transmiten enfermedades virales.

### Relaciones trips fitófagos y cultivos

Las especies de trips que se registran en diferentes plantas, se incluyen a veces como fitófagos y hospederos. Pueden existir entre los Tisanópteros y las plantas en los agroecosistemas relaciones frágiles o rigurosas. En ocasiones su definición tiene dificultades debido a la movilidad que presentan las formas adultas. Consideran Mound y Marullo (1996) que para poder entender este proceso es esencial distinguir o diferenciar entre lo que constituye el sitio de alimentación y lo que significa "planta-huésped" para una especie de trips. Estos dos conceptos se confunden. Existen casos, como el de *Frankliniella minuta* Moulton, que lo relacionan con muchos hospederos y de verdad tan solo se asocia con las flores de plantas de la familia Compositae.

Las especies de trips tienen una gran variabilidad con el grado de especificidad con los hospederos. Algunas especies muy pocas son estrictamente monófagas, las hay polifagas, pero ellas son más oligófagas. Mound y Marullo (1996), especifican que *Frankliniella stendleyana* Hood en Costa Rica se asocia a Melastomataceas y *F. pulchella* Hood a Bignoniaceae. En contraste, *Enneothrips gustaviae* Hood y *Scirtothrips manihoti* Bondar están estrictamente limitadas a un especie de planta huésped. Pero hay casos como *Frankliniella occidentalis* Pergande que es polífaga. En el caso de *E. gustaviae* se le ha hallado solo en el follaje de la planta *Gustavia superba* en Panamá y *S. manihoti* en yuca.

Los trips fitófagos que colonizan hospederos de manera fácil y se constituyen en plagas, tienen en esta habilidad la clave de su éxito. *Thrips palmi* es un ejemplo típico. La capacidad

para invadir y apropiarse de plantas como hospederos es un fenómeno dinámico y preocupante. Aunque se le asocia a las familias Cucurbitaceae y Leguminosaceae, se le ha encontrado en solanáceas (berenjena, fresa, papa, etc.) y otras plantas como crisantemo, orquídeas, brevo, manzano, cilantro, mora, clavel, dalia, aguacate, mango, cebolla, cidra, etc. (Vergara, 1999). Esta situación así planteada puede interpretarse como la propiedad que tienen los trips para apropiarse de hospederos diversos y no de una definida línea de afinidad botánica.

Para destacar las relaciones entre trips y plantas, Mound y Marullo (1996) se basan en el género *Echinothrips*. De este se han descrito siete especies. De ellas, *E. asperatus* y *E. pinnatus*, se obtuvieron en hojarasca en Brasil; *E. americanus* se alimenta en ocasiones en follaje de melocotón (Rosaceae) y es reconocida como plaga de ornamentales como *Poisentia*, se le halla además en el género *Impatiens* (Balsaminaceae); *E. subflavus* es específica de las agujas del árbol *Tsuga* (Pinaceae) en USA; *E. selaginellae* se ha colectado solo de *Selaginella eurynota* (Lycopsida); *E. caribbeanus* es polífaga y se ha encontrado en hojas de *Cissampelos*, *Cleome* y *Erythrina* y por último *E. mexicanus* es probablemente polífaga. En tan solo siete especies de este género se encuentran hospederos tan variados como arbustos, coníferas y diversas plantas cultivadas y silvestres. El único factor común en este caso es que cada una de las plantas mencionadas es abundante en su hábitat y parece ser que esta condición es el mayor determinante en la evolución de las relaciones trips - plantas hospederas.

La hipótesis más novedosa sobre este tema, la plantea Lewis (1991) que involucra los conceptos de espacio y tiempo y señala que durante el desarrollo de las relaciones entre trips y plantas hospederas se evidencia un evento contingente sobre la mutual co-construcción de caracteres evolutivos y ecológicos, entre estos organismos.

En Colombia los estudios sobre las relaciones entre especies de trips y plantas aún no se han desarrollado. Posada (1989) registra tan solo 22 especies de Thysanoptera en las familias Phlaeothripidae (Tubulifera) y Thripidae (Terebrantia). En total son 12 géneros, entre los cuales *Frankliniella* está representado por siete especies, en cambio *Caliothrips* tiene solo tres especies. En cuanto a los hospederos menciona este autor un total de 32 plantas. La especie *Selenothrips rubrocinctus* (Giard), es la más polífaga con ocho hospederos, en cambio apenas se registran con una sola planta: *Heliothrips* sp. (alfalfa), *Liothrips* sp. (guayaba); *Frankliniella tritici* (Fithc) (maíz), *F. tuberosi* Moulton (haba) y *Selenothrips inconsequens* (Uzel) (cítricos). Este inventario debe aceptarse como parcial data desde hace 10 años y no se ha incrementado con otros registros.

Para *Thrips palmi*, Duran, Mesa y Estrada (1998) encontraron en el Valle del Cauca 27 plantas hospedantes en 26 localidades. En general se detectó sobre cultivos y en la maleza *Amarantus dubius*. De las plantas cultivadas en cuanto áreas afectadas las más importantes fueron estropajo (*Luffa cylindrica*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*), zapallo (*Cucurbita maxima*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y aguacate (*Persea americana*). Este trips se encontró en localidades entre los 800 a 2500 m y en un rango de temperaturas entre los 12 a los 30°C, lo cual demuestra el amplio rango de adaptación de la plaga a diferentes pisos térmicos.

Como se ha planteado en otros párrafos, los trips tienen capacidad de dispersarse en la planta y ubicarse en determinadas estructuras. Echeverri, Loaiza y Cano (1998) hallaron que en aguacate la mayor población de trips se concentra en las estructuras florales, luego en hojas y después en frutos. *Frankliniella gardeniae* Moulton predomina en todas las partes atacadas sobre *Selenothrips rubrocinctus* Giard. Entre las plantas arvenses se hallaron por estos autores hospederos de las familias: Euphorbiaceae, Asclepiadaceae, Verbenaceae, Balsaminaceae, Leguminosae, Cucurbitaceae y Compositae. De estas familias, las espe-

cies de plantas con mayores registros de los trips se pueden destacar: *Bidens pilosa* (L.); *Emilia sonchifolia* (L.) D.C., *Ageratum conyzoides* (L.) (Compositae); *Momordica charantia* L. (Cucurbitaceae) y *Zornia diphylla* (L.) Pers. (Leguminosae). El mayor porcentaje de trips se capturó en plantas con flores de color amarillo. Pero es de discutir que el efecto de conjunto de arvenses con flores amarillas superó en cuanto a retención de población a plantas como *Emilia sonchifolia* (L.) D.C., de flores color escarlata que se ha constituido en un hospedero importante y quizás el contenido nutricional de néctares o carbohidratos de las flores como fuente alimenticia ayuda en la relación planta-insecto.

### **Los Agroecosistemas hortícolas: caracterización básica.**

Las hortalizas constituyen un renglón agrícola de importancia económica para los productores de todas las regiones del mundo. En Colombia las principales hortalizas sembradas presentan variaciones temporales en cuanto a las áreas dedicadas a su cultivo, los volúmenes de producción y el consumo por las personas. Las cifras con relación al tipo de especies sembradas también demuestran altibajos. Es factible que esta situación este relacionada entre otros factores como el rechazo de los consumidores por la contaminación de muchas de ellas, por las dificultades de los productores en cuanto a crédito, a asistencia técnica, a los bajos rendimientos, a la fluctuación de los precios y su negativa rentabilidad, a los posibles cambios en los hábitos de consumo por otras especies vegetales. De todos maneras, una disminución en el consumo por efectos del rechazo a productos contaminados con residuos de insecticidas y fungicidas especialmente, obliga a la búsqueda de alternativas para el manejo de los problemas fitosanitarios.

La producción de cultivos hortícolas presenta aspectos científicos y tecnológicos que los diferencian de los cultivos agrícolas. La horticultura comprende una gran variedad de plantas generalmente de ciclo vegetativo relativamente corto, con alta demanda de agua y con un caracterizado consumo directo de las partes aprovechables de estos cultivos. La explotación hortícola se hace de modo intensivo. Las siembras son múltiples o intercaladas, en áreas de tamaño reducido. Durante mucho tiempo los horticultores han trabajado en forma empírica y escasos fundamentos tecnológicos y científicos. Quizás por los altos costos de producción y la ausencia de estándares de calidad, las hortalizas no han sido un renglón que genere divisas al país y casi siempre la producción se ha dedicado al consumo interno.

La necesidad de ampliar la frontera agrícola dentro de los programas de la apertura y búsqueda de nuevos mercados ha impulsado la vinculación de áreas tradicionales y otras nuevas a la producción de hortalizas. El paulatino incremento del consumo interno -tanto frescas como industrializadas- impone a los agricultores mayores exigencias de calidad. Pero quizás este aspecto debe ser bien analizado, ya que podría ser más contraproducente que beneficioso para los cultivadores y consumidores. Los requisitos de mercadeo han impulsado criterios de imposición del «efecto cosmético» en los vegetales. Es decir, lograr la presentación de productos hortícolas sin la presencia de insectos y una ausencia total de síntomas de daño de las especies fitófagas. No tiene ninguna ventaja competitiva incrementar los costos de producción, con el argumento de un control fitosanitario total. Esto no puede lograrse, a no ser bajo condiciones ambientales totalmente controladas.

Buscando excelentes presentaciones de las hortalizas, quienes se dedican a esta actividad han enfatizado la solución de los problemas fitosanitarios en el empleo del unilateral método del control químico, lo cual ha repercutido en la conformación de mayores problemas que soluciones. En efecto los residuos de plaguicidas, especialmente los de insecticidas, no han demorado en ser detectados en los alimentos. La resistencia de las plagas a los insecticidas hace que los costos de producción de las hortalizas se incrementen, por cuanto cada día se utilizan dosis mayores para el control de las especies insectiles; se destruyen los enemigos

naturales de las plagas, se contaminan los ciclos ecológicos y de igual modo se registran intoxicaciones en humanos y animales domésticos.

Uno de los aspectos que diferencia a las hortalizas de otros productos de origen vegetal, es precisamente por el tipo de aprovechamiento que se hace de las hortalizas. Es en ellas, en las que mayores previsiones deben tenerse cuando se trata de controlar los insectos-plagas. Por esto sí puede decirse que la era moderna de la horticultura tiene que caracterizarse por establecer una muy sólida base científica para adelantar los diferentes procedimientos de control fitosanitario. Esta debe eliminar los problemas planteados por el control químico, que hoy se traduce en barreras de parte de los países y público, para su compra y consumo.

En el caso concreto de las hortalizas al no conformar un grupo botánico, sino de función, tal como lo aceptan botánicos y cultivadores, conllevan en su agroecosistema características físicas, químicas y biológicas que inciden en el crecimiento y desarrollo de ellas y las cuales no deben ser alteradas. Pueden ser afectadas por el uso indebido de plaguicidas, de recursos hídricos, de fertilizaciones orgánicas o por prácticas culturales inadecuadas. Los agroecosistemas hortícolas están constituidos por explotaciones con un alto grado de intensidad en lo agronómico. Generalmente están atendidos por agricultores de bajos ingresos (pequeños) y asociados a un proceso tradicional de control químico de plagas.

Las hortalizas que en la actualidad se siembran en los países americanos son en su mayoría introducidas. Los aborígenes sembraban y consumían cucurbitáceas (ahuyamas) y ají (*Capsicum* spp.), pero hoy predominan especies foráneas como: tomate, cebolla (de bulbo y de hoja), repollo, arveja, lechuga, remolacha, habichuela, zanahoria y habas. La anterior situación plantea que diversas plagas de importancia económica en las hortalizas no son originarias de América Latina y otras nativas no las tenían como sus hospederos principales. Además la permanente dependencia de semillas de Norteamérica, Europa y Asia, pueden ser un serio riesgo para la introducción de plagas y enfermedades.

Una característica de la producción hortícola en diferentes países es la de su diversidad de siembra. Se encuentran en las fincas en forma simultánea desde dos hasta ocho y diez especies sembradas, en sistemas de explotación intensiva. Esto se constituye en una ventaja para plagas con diferentes hospederos. En otros lugares se producen hortalizas a manera de monocultivo como ocurre con las grandes zonas en tomate, repollo y cebolla.

### Principales especies de trips en agroecosistemas hortícolas

Las hortalizas cultivadas en diferentes partes del mundo tienen registros de trips fitófagos. Zimmerman (1948) entrega varios ejemplos como: *Hercothrips fasciatus* (Pergande) sobre frijol, coliflor, tomate, lechuga, etc.; *Leucothrips piercei* (Morgan), sobre frijol y zanahoria; *Taeniothrips alliourum* Priesner, afectando cebolla; *Thrips tabaci* Lindeman, en varias plantas hortícolas. Palmer *et al.* (1992) mencionan como géneros que tienen especies que afectan hortalizas los siguientes: *Caliothrips*, *Sericothrips*, *Frankliniella*, *Megalurothrips*, *Odontothrips*, *Thrips* y *Scirtothrips*, entre otros.

Bernardo (1991) señala que en Filipinas, se han encontrado dañando diferentes hortalizas: *T. palmi*; *T. tabaci* y *Megalurothrips usitatus*. En Indonesia Sastrosiswojo (1991) destaca además de *T. tabaci*; *Thrips parvispinus* que daña el ají, lo mismo que *Scirtothrips signipennis* (Bagn) y *Frankliniella* spp. En Malasia, Fauziah y Saharan (1991) relacionan las especies *T. palmi* y *Megalurothrips usitatus* Bagnall. Las evaluaciones adelantadas por Bansiddhi y Poonchaisri (1991) en Tailandia (1991) han identificado para hortalizas como plagas; *Scirtothrips dorsalis*, *Thrips parvispinus*; *Thrips flavus* y *T. tabaci*.

La región centroamericana de acuerdo con King y Saunders (1984), incluyen como plagas de hortalizas: *Caliothrips phaseoli* (Hood); *Frankliniella insularis* (Franklin), *F. williamsi* (Hood); y *T. tabaci*. Para el llamado Nuevo Mundo, Nakahara (1994) menciona como plagas de hortalizas en el género Thrips: *T. nigropilosus* Uzel; *T. palmi* Karny y *T. tabaci*, entre otras especies. Aunque destaca como polífagas las siguientes: *T. atratus* Haliday; *T. australis* (Bagnall); *T. florum* Schmutz; *T. fuscipennis* Haliday; *T. hawaiiensis* (Morgan) y *T. nigropilosus* Uzel.

Los trips que afectan las hortalizas pueden considerarse como plagas estrategas "r". Las especies insectiles pueden constituirse en buenos colonizadores (estrategias r) y en buenos competidores (estrategias k). Las especies "r" colonizan con rapidez nuevos hábitats, presentan altas tasas de crecimiento de poblaciones epidémicas. En cambio las especies "k" que intentan establecerse en hábitats estables encuentran un gran número de enemigos naturales residentes, por lo cual tienen que invertir alta energía en su defensa y su crecimiento poblacional no es exagerado.

Weber (1989) ha sugerido una caracterización de los insecto fitófagos, de acuerdo con la estrategia ecológica. Pueden existir según este criterio dos tipos de plagas: los Estratega "k" y los Estratega "r". Cada uno tiene características diferentes, con relación a varios aspectos de su biología, fisiología, ecología y capacidad de adaptación al medio.

La estrategia "k" es de aquellas plagas cuya población permanece más bien constante, debido a la longevidad del insecto y su relativa baja fecundidad. Su nivel poblacional depende mucho de los factores tales como sitios de oviposición y microclimas adecuados para el desarrollo de sus estados inmaduros (Weber, 1989).

La estrategia "r" es la de plagas cuya población varía ampliamente como resultado de su respuesta a diferentes condiciones climáticas, la alta fecundidad y el corto ciclo del insecto, que permiten aumentos rápidos en la población bajo condiciones favorables. Por esto los insectos de tipo "r" varían mucho más en el tiempo en su densidad poblacional y tienen generalmente una capacidad de adaptación genética mayor por su rápido ciclo generacional (Weber, 1989). Por estas razones, la probabilidad de que surjan biotipos del insecto por resistencia a insecticidas o por variedades resistentes por antibiosis, son mayores en el grupo de insectos de la estrategia "r". Este fenómeno es recurrente en los trips de importancia económica (Tabla 1)

Para una mejor comprensión de las plagas del orden Thysanoptera, seleccionadas como las más representativas se hará el análisis mediante su caracterización por estrategias ecológicas.

### *Thrips palmi* Karny

Se le conoce con los nombres de trips amarillo, trips dorado, trips del melón y otras denominaciones. Tiene una amplia distribución en todos los continentes. Es polífaga y plaga de importancia económica en diversos cultivos. Nakahara (1994) señala como las sinonimias: *Chloethrips aureus* Ananthakrishnan and Jagadish (1967), *Thrips gracilis* A and J, 1968; *Thrips leucadophilus* Priesnes 1936, *Thrips clarus* Moulton, 1928. Sobre *T. palmi* este investigador afirma que es una de las plagas más severas del género Thrips, afectando diversas plantas de las familias Cucurbitaceae, Solanaceae, además de otras especies de familias botánicas. El análisis de sus principales características bioecológicas es como sigue:



Tabla 1. Estrategias ecológicas de los insectos fitófagos.

Característica	Tipo "r"	Tipo "k"
- Fecundidad	Alta	Baja
- Ciclo de vida	Corto	Largo
- Poder de multiplicación	Alto	Bajo
- Capacidad de adaptación genética	Alta	Mediana
- Dependencia de factores ambientales	Alta	Mediana
- Potencial de control natural	Alto	Mediano-bajo
- Estabilidad del control natural	Mediano-bajo	Alto-Mediano
- Riesgo de escape al control biológico	Alto	Mediano-bajo
- Fluctuación de Población	Alta	Baja

**FECUNDIDAD:** *Es alta.* Las hembras partenogenéticas tienen un período corto de oviposición. Existen registros que señalan una oviposición por hembra de 6 a 38 huevos y otros 15.6 huevos/hembra (Palacio, 1978); Calilung, 1990). En Colombia Durán y Mesa (1998) hallaron que en berenjena el promedio de huevos/hembra es de 22.8, en pepino 16.5; en pimentón 12.2 y zapallo 37.4.

El cálculo de una posible descendencia sería sencillo. En una planta de pimentón (hipotéticamente) con 40 hojas y un promedio de 10 hembras por folíolo, arrojaría un total de 6600 huevos/planta o sea 6600 nuevas (futuras) hembras, que en la  $F_2$  serían 108.900 nuevas hembras.

**CICLO DE VIDA:** *es corto.* De acuerdo con la zona es variable, en especial por la influencia de los parámetros climáticos. A 25°C, el ciclo es de 17.5 días de duración. Palacio (1978) en Filipinas dice que dura 13 días logrando los adultos vivir de 2 a 58 días. En cambio Calilung (1990) comenta que el ciclo es de 11.2 a 17.4 días. Seal (1997) presenta un período de preoviposición de 1 a 5 días; una incubación de huevos de 3 a 5 días. En estado ninfal pueden durar de 8 a 14 días; la pupa dura de 2 a 4 días. Explica el autor que el tiempo de duración de las formas inmaduras es en total de 10 a 12 días. El ciclo desde huevo hasta adulto es de unos 15 días (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de duración del ciclo de Thrips palmi (según Durán y Mesa 1998)

Estados	Berenjena	Pepino	Pimentón	Zapallo
Huevo	4.0	3.6	2.0	2.3
I ínstar	3.5	2.3	2.0	2.3
II ínstar	3.5	2.8	2.0	2.9
Prepupa	3.0	2.8	3.5	2.9
Pupa	1.2	1.3	1.3	1.3
Total	14.8	13.0	11.4	11.4
(H:M)	89:1	8:1	21:1	14.2:1

En condiciones de Rionegro (Antioquia) Vasco y Guarín (1999) han determinado que los tiempos de duración de las fases son: huevo (2-3 días), ninfas I y II (5-13 días), prepupa (1-5 días) y pupa (3-6 días). En promedio estos autores señalan que dura de 11 a 27 días.

**PODER DE MULTIPLICACIÓN:** *Es alto.* Ante la ausencia de enemigos naturales, con poder controlador o regulador, la plaga alcanza densidades de población incalculables. Puede mantener densidades altas bajo condiciones favorables. Sólo se reducen cuando la presión de población destruye los tejidos de las plantas y las plantas mueren.

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN GENÉTICA.** *Es alta.* En un análisis del tipo de plantas hospederas, puede decirse que se alimenta de más de 100 especies. Prefiere plantas de las familias Solanaceae, Cucurbitaceae y leguminosas. Pero también en otras familias se le ha registrado. En el listado a continuación se presentan estas plantas:

- Cucurbitaceae: Melón (agrio y dulce, 3 clases); pepino; calabaza (3 clases); sandía.
- Leguminosaeae: Habichuela; haba; frijol cowpea; frijol común; soya; trébol blanco.
- Solanaceae: Berenjena; fresa; ají; papa; tabaco.
- Otras plantas: Espinaca; crisantemo; algodón; artanica (cyclamen); dalia; dondiegodedia; ajonjolí; batata.
- También en: Manzana; aguacate; clavel; cidra; cilantro; mora; mostaza; cebolla; naranja; orquídeas (varias clases); durazno; té; tomate y muchas otras plantas.

**DEPENDENCIA DE FACTORES AMBIENTALES.** *Es alta.* El efecto de la temperatura y la planta hospedera es de gran importancia. Cuando la temperatura se reduce, se disminuye la oviposición y por ende la población. Pero temperaturas altas por encima de 28°C no le son favorables. *T. palmi* es poikilotérmico, pero se han hallado rangos óptimos entre 26°C y 32°C. Es de resaltar que estas características climáticas influyen también el desarrollo de las plantas.

**POTENCIAL DE CONTROL NATURAL.** *Alto.* Es la calificación que puede asignarse. Seal (1997) menciona parasitoides de los géneros *Ceranisus*, *Goetheana*, *Thripobius* y *Entedonastichus*. De los predadores, los más importantes son: *Orius*, *Anthocoris*, *Montandoniola*, *Xylocoris* y *Scolopscelis*. Entre los entomopatógenos se encuentran: *Entomophthora thripidium* y *Neozygites parvispora*. También pueden mencionarse: *Hirsutella*, *Verticillium* y *Beauveria* como géneros de hongos con potencial de control.

En este campo tienen que hacerse esfuerzos de recolección, identificación y de investigación de efectividad de controladores naturales. Tal es el trabajo que podría adelantarse con arañas y otros predadores.

**ESTABILIDAD DEL CONTROL NATURAL.** Esta característica puede calificarse de **Mediano-Bajo**. Es factible que sea **Bajo**. Las condiciones donde se encuentra *T. palmi* en los actuales momentos no representan ventaja para la fauna benéfica. Los agricultores utilizan dosis excesivas y mezclas no recomendables que reducen los enemigos naturales. Esto se ha evidenciado con relación a las arañas y los coleópteros depredadores.

**RIESGO DE ESCAPE AL CONTROL BIOLÓGICO.** Aunque no se han generado investigaciones, este riesgo existe y es Alto. Tan sólo en las experiencias con *Chrysoperla* bajo condiciones ideales, este riesgo se ha minimizado. Los productores de insumos biológicos deberían ofrecer especies de *Orius* y de *Amblyseius* para el control de *T. palmi*. El éxito en Antioquia de *Chrysoperla*, demuestra que los agricultores aceptan este método de control.

**FLUCTUACIÓN DE POBLACIÓN.** *Es alta.* Hay gran variación diaria de acuerdo con las condiciones de clima y la presencia de cultivos susceptibles y escalonados. Las poblaciones de *T. palmi* tienen no tendencia a estabilizarse, sino a fluctuar como toda plaga exótica.

### *Frankliniella* spp.

Este es un género que tiene un gran número de especies, cerca de 180. De ellas el 90% son de origen neotropical. En solo Costa Rica se mencionan 44 especies (Mound y Marullo, 1996). En Colombia Posada destacar *Frankliniella* (1989) incluye seis especies, pero pueden presentarse más. Afectando hortalizas se pueden encontrar a *F. tuberosi* Moulton. *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895, se le conoce con las sinonimias de *F. dianthi* Moulton 1948 y *F. syringae* Moulton 1948 (Mound y Marullo, 1996).

La información disponible permite adelantar la siguiente caracterización de las especie de este género:

**FECUNDIDAD:** Como en otros casos, de acuerdo a los estudios consultados y las condiciones bajo las cuales se han hecho, se tienen valores diferentes. Cárdenas y Corredor (1989) señalan que en *F. occidentalis* el número de huevos por hembra fecundada es de 3.19/día. De los huevos depositados en un grupo de 30 hembras se obtuvo una generación adulta de 87.5% de machos. Sarmiento (1993) señala que el número de huevos/día/hembra es de 3.9 y afirma que en la reproducción sexual el 87% son hembras y un 12.5% de machos. En cambio Palacios *et al.* (1994) hallaron que este promedio fue de 3.62 huevos/hembra cuando la reproducción es sexual y si es por partenogénesis es de 3.77 huevos/hembra/día, pudiendo vivir las hembras entre 2 a 86 días. Esto significa una fecundidad durante su vida de 317.13 (partenogénesis) y de 301.03 (sexual). Esta fecundidad es **alta**.

**CICLO DE VIDA:** Aunque realizado en otros hospederos, para *F. occidentalis*, diversos autores le señalan un ciclo **corto**. Cárdenas y Corredor (1993), hallaron que el huevo dura de 4-5 días, ninfa I (3-4), ninfa II (5-8), prepupa (4-6), pupa (3-5) y los adultos valores en días entre 60 a 121 días. Sobre crisantemo Palacios *et al.* (1994) presentan una relación de duración en días de las fases así: huevos (5), ninfa I (2-3), ninfa II (5-11), prepupa (1-4), pupa (2-7) y los adultos en hembras de 2-86 y machos de 0-35.

**PODER DE MULTIPLICACIÓN:** Está asociado a varios factores, entre ellos el tipo de planta hospedera y condiciones de clima. En cultivos de algodón, se incrementa en épocas de verano, coincidiendo con la floración y la terminación de los ciclos vegetativos de hospederos alternos (Alvarado *et al.*, 1996). Estos aspectos fueron observados en cultivos de Freson por Rebes y Coscolla (1992) quienes destacan que el fuerte incremento de la población de *F. occidentalis* se debe a las altas temperaturas y a la reducción de sus recursos nutricionales en la vegetación espontánea.

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN GENÉTICA:** El género *Frankliniella* es considerado como facultativo en cuanto a los hospederos. Parece que contiene especies monófagas, oligófagas y polífagas. *F. occidentalis* es polífaga (Palmer *et al.*, 1992). Un total de 28 plantas hospederas para *F. occidentalis*, hallaron Palacios *et al.* (1994) en las familias Compositae, Rubiaceae, Graminae, Lythraceae, Cyperaceae, Commelinaceae, Labiatae, Leguminosae, Convolvulaceae, Oxalidaceae, Solanaceae, Polygonaceae, Labiatae, y Cruciferae. Estos autores plantean que el trips prefiere aquellas plantas que florecen permanentemente, cuyas flores blancas de centro amarillo ofrecen una fuerte atracción a los adultos. Allí se alimentan del néctar floral y el polen.

En Colombia este género y diversas especies se han encontrado en las siguientes plantas rosas, cebolla, frijol, maní, alcaparro enano, avena, cebada, novio, trigo, cacaotero, plátano

y banano, yuca, maíz y haba, entre otras (Posada, 1989). Su capacidad de adaptación es alta.

*F. occidentalis* es una plaga seria en cultivos bajo invernadero y a campo abierto (Suárez, 1999). Además del daño físico se le considera el vector más eficiente del virus del manchado del tomate TSWV, que ataca entre 200 a 400 especies de 50 familias. El virus se partió en dos razas y luego en dos virus diferentes, TSWV y el virus manchado necrótico impatiens, INSP.

**DEPENDENCIA DE FACTORES AMBIENTALES:** Los Tisanópteros y en este caso *Frankliniella* spp, presenta una dinámica de sus población asociada a las condiciones físicas del medio. Tiene una alta dependencia de altas temperaturas, ausencia de lluvias y veranos prolongados. Además aprovechan las corrientes del viento para dispersarse y alcanzar grandes distancias.

**POTENCIAL DEL CONTROL NATURAL:** En cultivos de campo abierto este género tiene un alto potencial de control con enemigos naturales. Entre estos pueden destacarse el predador *Carayonocoris indicus* Mural (Hemiptera: Anthocoridae). Recientemente Echeverri *et al.* (1998) registran dos predadores del orden Thysanoptera, *Karnyothrips* sp y *Leptothrips* sp (Phleaeothripidae).

*Frankliniella occidentalis*, es considerada una de las especies plagas de mayor importancia económica en la producción de flores cortadas en California. Se le considera vector de los virus TSWV y INSV (impatiens necrotic spotvirus). Las aplicaciones de insecticidas con intervalos de 5 a 10 días, no han dado resultados de control. Es por esto que Murphy *et al.* (1998) señalan que los esfuerzos se deben orientar al control biológico. Han utilizado los ácaros *Amblyseius* y *Hypoaspis*, así como la chinche *Orius*. Los controles aún no son satisfactorios. Pero el empleo de formulaciones comerciales de *Beauveria bassiana*, ha reducido las poblaciones del trips entre un 50 al 97%. Los productos utilizados son Botanigard y Naturalis.

Es interesante destacar que, Figueroa (1999) ha verificado la actividad de *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith (Ascomycotina: Hyphomycetes) sobre *F. occidentalis* tanto en laboratorio como en campo. De las cepas utilizadas encontró que ocasionan menor mortalidad a concentraciones bajas, la cual se incrementa al tener una concentración de  $1 \times 10^9$  conidias/ml y una mortalidad del 95%.

**ESTABILIDAD DEL CONTROL NATURAL.** Establecer este parámetro es difícil, ya que depende de la afinidad en las relaciones plaga y enemigos naturales. Para el caso están influenciadas por la capacidad de carga del nicho, de las aplicaciones de insecticidas y desarrollo de los cultivos. Se sabe que en hortalizas el elevado uso de insecticidas elimina sus enemigos naturales. Esta característica puede calificarse de mediana a baja.

**RIESGO DE ESCAPE AL CONTROL BIOLÓGICO:** En Colombia no se han adelantado programas en tal sentido para el control biológico de especies *Frankliniella*. pero podría clasificarse que puede ser alto. Los horticultores tienen aversión al riesgo y emplean insecticidas en forma calendario, además no se han precisado épocas, frecuencias y niveles de liberación de agentes como *Chrysoperla* y *Amblyseius*. que podrían ser efectivos en los cultivos donde se presente el ataque de esta plaga.

**FLUCTUACIÓN POBLACIONAL:** En cultivos de campo, está relacionada con condiciones del ambiente, cultivo y la misma plaga. Ribes y Coscolla (1992) han concluido que en fresón, el segundo período de floración es el más seriamente afectado por un alto nivel poblacional. En el primer período existe una población que crece lentamente. Así mismo en algodónero,

Alvarado *et al.* (1996) resaltan que la fluctuación poblacional coincide con los períodos de floración y la terminación de ciclos de remolacha, alfalfa y malezas como malvas. Esto señala claramente la influencia de la disponibilidad de los hospederos en la dinámica poblacional.

### *Thrips tabaci* Lindeman

El principal factor de movimiento espacial de los trips es el viento y el factor de establecimiento de las poblaciones de trips es la preferencia a un determinado hospedante, que satisfaga los requerimientos nutricionales, de refugio o de oviposición de las poblaciones. A nivel de *invernaderos Frankliniella occidentalis* tiene una mayor o menor adaptabilidad dependiendo de su hospedante y su densidad depende de la exposición de los invernaderos a los trips. Para medir la adaptabilidad de los trips a un determinado hospedante se deben medir sus densidades poblacionales desde el punto de vista de adultos hembras y machos y estados ninfales (Florez y Corredor, 1999).

Conocido en el mundo como, el Trips de la cebolla, piojito de la cebolla, tripsido de la cebolla, "onion trips", "thunderflies" y otras denominaciones. Para Palmer *et al.* (1992) es quizás el trips más común de mayor dispersión y más alta polifagia de todas las especies de trips. Es originario de la parte oriental de la región mediterránea y desde allí se dispersó por todo el mundo, siguiendo la distribución geográfica de *Allium cepa* su principal hospedero (Mound, 1982). En la literatura se le mencionan como sinonimias: *Limothrips allii* Gillette 1893, *Thrips allii* Serrine y Lowe 1894, *Thrips bremnerii* Moulton 1907 y *Thrips dianthi* Moulton 1936 (Nakahara, 1994).

*T. tabaci* es una especie de distribución cosmopolita, lo mismo que *F. occidentalis* y se consideran vectores del TSWV. Su capacidad polífaga incrementa la dispersión del virus a través del amplio rango de hospederos. Como en los dos casos anteriores, se hace una caracterización de *T. tabaci*, de acuerdo a los componentes propuestos por Weber (1989).

*T. tabaci* se conoció como plaga en la década de los años 60 en cultivo de ajo, cebolla, papa y tabaco. Para Suárez (1999) esta plaga ha ampliado el número de hospederos y se le haya en cultivos bajo invernadero.

**FECUNDIDAD:** Las hembras de *T. tabaci* tienen comportamiento de oviposición, fecundidad y tiempo de postura, influenciados por las condiciones físicas del medio. En USA, Lall y Singh (1968) hallaron que el número de huevos por hembra es de 15.6; en cambio Lewis (1973) menciona una cifra de 50 huevos; y en Colombia Guzmán *et al.* (1996) encontraron un promedio de 40.65 huevos/hembra, con unos límites de 29 a 53. La fecundidad de *T. tabaci* estudiada por Jiménez y Roscandido (1996), permitió afirmar que las hembras reproductivas variables, produjeron mayor cantidad de huevos, con un máximo absoluto sobre las hojas de cebolla. A 26°C se cuantificaron 15.4 +/- 2.3 huevos y a 30°C, 10.1 +/- 3.7 huevos. En ajo a estas temperaturas fueron de 13.8 +/- 1.8 y 11.4 +/- 1.4, huevos.

Las hembras de *T. tabaci* pueden ovipositar debajo o encima de la superficie de las hojas (Ananthakrishnan, 1993). Establecen King y Saunders (1984) que los huevos son blanco-amarillentos, en forma de riñón y colocados en muescas cortadas en el envés de las hojas, en grupos de 50 a 100. La fecundidad de este insecto es alta.

**CICLO DE VIDA:** Igual que otras especies su ciclo transcurre por las fases de huevo, ninfas, prepupa, pupa y adulto. En USA, Lall y Singh (1968) trabajando a 15.8°C y 78.5% de HR, hallaron que dura un total de 21 días, este ciclo se reduce a 13.9 días, cuando la temperatura es de 30.8°C y la H.R del 46.78%. En cambio Lewis (1973) plantea que el ciclo a 25°C dura 16.1 días

y a 30°C un total de 11.2 días. Sin precisar factores físicos King y Saunders (1984) dicen que los huevos incuban entre 3 a 7 días; las ninfas duran de 8 a 11 días y las pupas de 2 a 3 días.

González (1989), no precisa el tiempo de incubación de los huevos, pero anota que la ninfa (I) dura 4 días y la ninfa (II) vive entre 5 a 6 días. Estima este autor que el ciclo en verano ocurre en unas dos semanas. En cambio Brewster (1994) dice que con temperaturas ambiente de 30°C, desde huevo a adulto, el ciclo solo dura 11 días. En investigaciones que adelantaron Van Riju *et al.* (1995) precisaron que a 25°C, el tiempo del ciclo es de 12.9 días, con los siguientes períodos de duración (días) por fases: huevos (3.9), ninfa I (2.1), ninfa II (3.2), prepupa (1.1) y pupa (2.4). Para estos autores el tiempo de oviposición es de 1.9 días o sea que de huevo a huevo el ciclo es de 14.8 días.

Para las condiciones de Cuba, Jiménez y Roscandino (1996) encontraron que el ciclo de *T. tabaci* variaba con las temperaturas. Cuando era de 15°C los valores fueron en días: huevos (7.5), ninfas I y II (20.4), prepupa (3.09), pupa (9) y a 30°C, estos fueron: huevos (3.2), ninfas I y II (5.5), prepupa (1.0) y pupa (1.8), esto para el caso de cebolla como hospedero. En ajo, los valores fueron a 15°C: huevos (8.5), ninfas I y II (21.4), prepupas (3.5) y pupas (7.4), en cambio estos valores en días cuando la temperatura era de 30°C fueron: huevos (2.9), ninfas I y II (5.1), prepupa (1.3) y pupas (1.5).

Guzmán *et al.* (1996), definieron el ciclo de *T. tabaci* en cebolla de bulbo a 23.48°C y 74.85% de H.R así: huevos (4.6), ninfa I (2.06); ninfa II (4.03), prepupa (1.2), pupa (2.3) y adulto (21.5), todos los valores en días. Desde huevo hasta adulto el ciclo dura 14.1 días, que es corto y típico de plagas "r".

**PODER DE MULTIPLICACIÓN:** Esta especie tiene una alta capacidad para incrementar sus poblaciones. Depende de factores como temperatura y humedad en lo abiótico y de la susceptibilidad de las plantas en lo biótico. Pero además la intervención humana, ayuda en este proceso cuando siembra hospederos de la plaga de modo asociado. Debe tenerse en cuenta que si una hembra puede ovipositar hasta 40 huevos o más y es partenogenética, sus incrementos serán cuantiosos.

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN GENÉTICA:** Es polífaga, y tal como lo explica Ananthakrishnan (1993) afecta tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas. Se le han inventariado más de 300 plantas hospederas, en las familias Compositae y Cruciferae (regiones templadas). Malvaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae y Liliaceae (regiones tropicales). En estas últimas también afecta plantas de las familias Compositae y Cruciferae. *Thrips tabaci*, es una especie polífaga, afecta algodón en la India, Sudán, Egipto y otros países, además cebolla en casi todos los países del mundo.

King y Saunders (1984) expresan que sus plantas huéspedes preferidas son cebolla, papa, crucíferas, solanáceas y compuestos (plantas cultivadas y silvestres). González (1989) dice que en Chile prefiere ajo, arveja, cebolla, durazno, gladiolo, lenteja, repollo y tomate, pero que como hospederos secundarios tiene crucifera, uva de mesa y kiwi. Posada (1989) la registra en Colombia en papa, ajo, cebolla y tabaco. En cambio Coto *et al.* (1995) para América Central, la destacan en las plantas cebolla, coliflor, nabo, ajo, melón, repollo, pepino, maní, ciruela, trigo, garbanzo, frijol, remolacha, espinaca, cítricos, papa, apio, tomate, berenjena, zanahoria y espinaca, entre algunas de las más comunes. Guzmán *et al.* (1996), solo hallaron *T. tabaci* en cebolla de rama, ajo y en la compuesta (*Emilia sonchifolia* (L.) D.C.).

**DEPENDENCIA DE FACTORES AMBIENTALES:** En Chile, González (1989) confirma que las épocas de verano acortan la duración del ciclo. Esto lo confirman Jiménez y Roscandino (1996) quienes afirman que el incremento de la temperatura de 15 a 30°C produce un aumento en la velocidad de desarrollo de todos los estadios de *T. tabaci*. Hallaron estos investiga-

dores que el umbral mínimo teórico de desarrollo de *T. tabaci* en cebolla es de 10.4°C y en ajo de 11.2°C y de acuerdo a estos valores la constante térmica en cebolla es de 256.4 y en ajo 250 unidades de calor. Con base en estas anotaciones puede decirse que *tabaci* tiene una alta dependencia de factores ambientales.

**POTENCIAL DEL CONTROL NATURAL:** Los enemigos naturales de *T. tabaci* que se han verificado en Centro América, son *Thripoctenus brui* Viullet (Hymenoptera: Chalcididae) que actúa como parasitoide de ninfas y el depredador *Ceratomegilla maculata* Deg (Coleoptera: Coccinellidae). Zimmerman (1948) incluye como enemigos naturales a *Thripoctenus russelli* (Crawford) (Hym.: Eulophidae (?)) y los predadores *Aeolothrips fasciatus* (Linnaeus) y *Scolothrips sexmaculatus* (Pergande). En este listado pueden incluirse entomopatógenos como los hongos *Verticillium lecanii* y del género *Entomophthora*, las especies *E. thripidium* y *E. parvispora*. Así inventariados se afirma que esta plaga tiene un potencial de ser controlado en forma natural: **alta**.

**ESTABILIDAD DEL CONTROL NATURAL:** Tal como lo expresan Rabinowich y Brewster (1990), que a pesar de tenerse un grupo numeroso y de calidad de posibles reguladores y controladores de *T. tabaci*, no existen programas exitosos en tal sentido. Quizás el hecho de ser una plaga polífaga y de gran capacidad de daño, hace que los agricultores se inclinen más por el control químico, que por el control con enemigos naturales. Esta estabilidad es **baja**.

**RIESGO DE ESCAPE AL CONTROL BIOLÓGICO:** Es alto, sino se define y precisa un programa con los organismos benéficos. En USA, Pundt (1994) ha utilizado en invernaderos con relativo éxito los ácaros predadores *Neoseiulus cucumeris* y *N. barkeri*. Se requieren dosis elevadas de los ácaros y precisar el momento de empleo. Hasta el momento en Colombia no se tienen programas de control biológico positivos para *T. tabaci*.

**FLUCTUACION POBLACIONAL:** Puede ser **alta**. Guzmán *et al.* (1996) precisaron que en lotes de cebolla con aplicaciones de insecticidas repetitivas cada 4 días, mantiene la población baja con valores de 1.0 y 3.4 trips/planta entre la 1ª y 8ª semana. Al suspender, aplicaciones se incrementa la población y se disminuye cerca a la cosecha. Si los controles son efectivos se reduce la población. Estos autores recomiendan solo dos aplicaciones de insecticidas, antes de la 8 semana y suspenderlas a partir de ésta. La razón es que la cebolla ya ha formado bulbo y puede soportar mayores poblaciones sin que se afecte la producción. Pero deben considerarse los costos. Aplicaciones de químicos de esta forma afectan los ingresos de los agricultores.

### Importancia económica de los trips en hortalizas

Los análisis que en ocasiones se hacen sobre la importancia económica de una plaga, se desarrollan para asignar recursos en la toma de decisiones. Estos determinantes a veces no están acordes con la realidad. Se basan en supuestos tales como: ¿el agricultor conoce la relación insecto-plaga y el daño?; ¿si se aplica este método? la plaga responde sí; ¿todas las estrategias pueden ser válidas?; ¿las condiciones de clima no alteran los resultados?; ¿el precio de la producción cubre el costo del control? etc. Aunque es factible que se conozca la plaga, no se ha dimensionado el tipo de daño, que de verdad realiza. También es muy típico de parte de los técnicos el creer que los agricultores toman decisiones aisladas fuera del contexto de lo que para ellos significa el control de plagas.

En el caso de las especies de trips pueden ser varios los componentes que inciden en la definición de su importancia económica. En el transcurso de este documento se han comentado estos aspectos. A continuación se desea resaltar cuales de ellos hacen de verdad que los trips sean plagas de importancia económica en agroecosistemas hortícolas.

## Polifagia

Las especies que se han documentado tienen esta característica en común. El número de plantas de las cuales toman alimento es sobresaliente. Puede decirse que a nivel mundial, tanto *T. palmi*; *T. tabaci* y *Frankliniella spp*, tienen más de 1000 hospederos. Estos se encuentran ubicados en cerca de 25 familias de plantas. En aquellas que son cultivadas se reproducen con facilidad y los hospederos silvestres colaboran en la persistencia de estas plagas.

## Dispersión

Estas especies de Tisanópteros se han distribuido desde sus lugares de origen por todo el mundo. Las rutas de desplazamiento están relacionadas con las de sus hospederos. *T. palmi* ha sido reportado en tabaco en todos los países que la registran. *T. tabaci* ha avanzado con la cebolla y el ajo por centenares de lugares y por último *Frankliniella spp*, asociada a cultivos de flores y hortalizas, es cosmopolita.

## Vectores de virus

Son plagas que en el mundo se les reconoce con tal, solo dos enfermedades virales importantes el TSWV y YSV, se cree que pueden ser transmitidas por trips. Pero se sabe que *T. palmi*, *T. tabaci* y del género *Frankliniella*, *F. Schultzei*, *F. Fusca* y *F. occidentalis*, son reconocidos vectores del TSWV. Esta situación amerita mayores consideraciones por cuanto se ha documentado que a partir de sitios de alimentación pueden penetrar problemas virales, como se afirma para *T. palmi* y el virus del tabaco "Tabacco streak virus". Es común encontrar en los documentos asociados a estas plagas enfermedades virales.

## Resistencia

Este fenómeno no es nuevo y se ha reportado para Thysanopteros desde 1946, en los casos de *Scirtothrips citri* (Moulton) y *Trips simplex* (Morison). En todos los países se hace importante evitar el desarrollo de la resistencia, para ello es recomendable reducir el uso de la misma molécula y hacer un control químico racional. Aún hoy en día, inclusive moléculas nuevas se le teme un desarrollo de resistencia. Esto a ocurrido con *T. palmi* Karny, en Antioquía y otras regiones del país.

## Control de costos

En ataques de estos trips los agricultores acuden al uso de productos insecticidas. Los convencionales no arrojan buenos resultados y se incrementan dosis y frecuencias de aplicación. Las nuevas moléculas tienen costos elevados para los usuarios, el incremento de los costos de producción es un factor desalentador para los agricultores y sería un beneficio común la búsqueda de productos biorracionales para mejorar esta situación.

## Costos sociales

Alrededor de los ataques de trips, se generan problemas sociales y de salud que incrementan la importancia de esta plaga. El uso indiscriminado de insecticidas, como ocurrió con *T. palmi* en Antioquía (1997-1998), no solo elimina enemigos naturales, sino incrementa los caos de intoxicación de los agricultores.



## Pérdidas económicas

Cuantificarlas es difícil, pero en Antioquia *T. palmi* afectó cultivos por 25 mil millones de pesos (1997-1998). Casi todos los productos hortícolas. En otras especies *T. tabaci* ocasiona pérdidas en rendimiento y calidad de la cebolla y ajo, en el mundo se estiman en un 20 % de la producción mundial las pérdidas. *Frankliniella* es un objetivo permanente de control de diversos hospederos.

En el anterior análisis no se ha incluido la importancia cuarentenaria, la disminución de áreas de siembra, la de gradación de los ecosistemas, la pérdida de la biodiversidad, etc. Estos elementos harían mucho más dramática una cuantificación de estos trips.

## Recomendaciones Finales

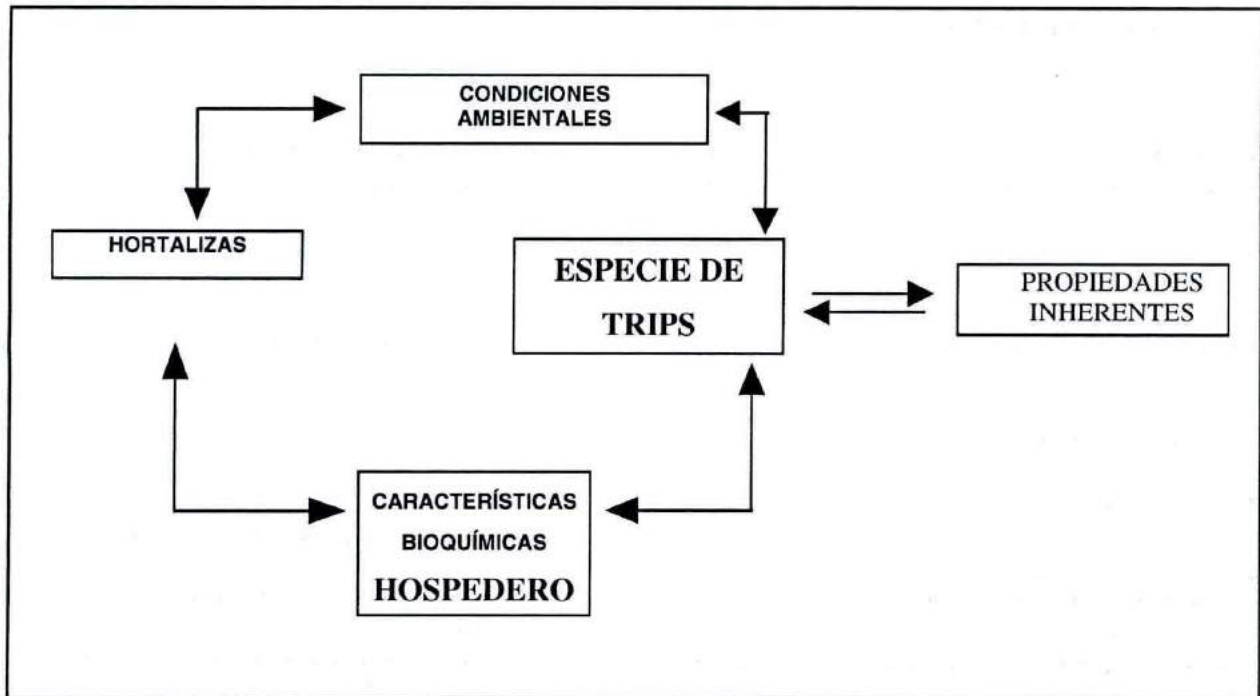
Cuando se trata in tema de tanta importancia como es el de los trips fitófagos y en especial de los que se constituyen plagas pueden olvidarse muchos elementos. Esto sucede con frecuencia, cuando no se tienen estudios que permitan acopiar la información. Las investigaciones sobre trips en Colombia tienen que hacer parte de la tarea cotidiana de los entomólogos. Hacia un futuro los trips serán un problema de distribución mundial. Pero existen otras plagas de importancia económica de diferentes agroecosistemas que pueden entrar a Colombia en los próximos años.

Es necesario abordar el estudio de los trips con seriedad. Realizar un programa que ayude a delucidar todos los aspectos de la biología, ecología y etología de las especies conocidas. Inventariar que otras especies se hallan en Colombia. Es importante recordar que los trips constituyen un grupo de permanente rechazo cuarentenario por otros países, lo cual afectaría las exportaciones de los productos nacionales.

La presencia de estas plagas ha coincidido en los cultivos con alta utilización de insecticidas por los agricultores. Sería bueno estudiar la forma de evaluar las poblaciones y pronosticar los cambios poblacionales. En los trips el establecimiento de los niveles de daño económico tienen serias dificultades. Las evaluaciones del daño son críticas. Es así como Nakano (1981) menciona aspectos preocupantes sobre la nocividad de *T. tabaci*, afirmando que 1 trips por planta ocasiona decrecimiento de 0.30 cm en las plantas de algodón afectadas, lo cual ocurre con un 8% y 9% de pérdida en la producción. Propone el autor que una población de 10 trips por planta es un buen nivel para controlar la plaga. Pero ocurre que cuando se presenta supera con facilidad estos valores.

En el estudio de la dinámica de poblaciones de los trips se hace necesario un análisis de cuales son los factores claves para que estos insectos seleccionen sus hospederos. Es importante dilucidar aspectos morfológicos, fisiológicos y genéticos que constituyen el establecimiento, de las relaciones en estas plagas que van desde olifagia a polofagia y muy particularmente el perfil del hospedero.

Los niveles de daño y los umbrales de control en los trips varía de modo irregular. Existen factores intrínsecos en ellos como una adaptabilidad metabólica y extrínsecos como la prevalencia de condiciones físicas del medio o la influencia de procesos fisiológicos en la planta, que las predisponen a su daño. Así mismo un complejo de factores determinan la resistencia de los trips a los insecticidas y esto influye en el establecimiento de niveles de control. Pero así mismo la dinámica poblacional tiene que estudiarse de acuerdo a las interrelaciones con sus hospederos alternos.



**Figura 1.** Elementos para el análisis de la dinámica poblacional

## Referencia

- Alvarado, M. 1996 Problemática de *Frankliniella occidentalis* Pergande, en el hospedero algodón del valle bajo de Guadalquivir: Unidad de muestra y dinámica poblacional. En : Boletín de Sanidad Vegetal Plagas. Vol. 22; p. 141-150
- Ananthakrishnan, T.N. 1993. Bionomics of thrips. En: Annual Review of Entomology. Vol. 38; p71-92.
- Arnett, R.M. 1993. American Insects: a handbook of the insects of America north of Mexico. Gainesville, USA: The Sandhill Crane Press, 850p.
- Bansiddhi, K. y Poonchaisri, S. 1991. Thrips of vegetables and other commercially important crops in Thailand. En: Thrips in Southeast Asia. Asia Vegetable Research Development Center. AVRDC publication. No 91-342, p.34-39
- Bernardo, E.N. 1991. Thrips on vegetable crops in the Philippines. En : Thrips of Southeast Asia. Asian vegetable Research Development Center. AVRDC Publication . No 91-342, p.5-11.
- Brewster, J.L. 1994. Onions and other vegetable alliums. Wallingford, U.K. Cab International, 234 p.
- Calilung, V.J. 1990. Management of thrips and mites attacking potato in the Lowland. Study 1 Identity, biology, host range and natural enemies of potato. Thrips. Terminal. Resear. Proj. Rep. 25p.

- Cardenas, E. y Corredor, D. 1989 Biología del Trips *Frankliniella occidentalis* (pergande) (Thysanoptera Tripidae) sobre crisantemo *Chrysanthemum morifolium* L. Bajo condiciones de laboratorio. En: Agronomía Colombiana. Vol. 6; p71-77.
- Coto, D. 1995. Plagas invertebrados de cultivos tropicales con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 203p (manual Técnico No 12).
- Duran, I:C y Mesa, N.C. 1998. Ciclo de vida de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera : Thripidae) y registro de hospederos en el Valle del Cauca. (Original no publicado). Palmira, 36p.
- Echeverry; F.F.;Loaiza M.; C.E. y Cano, M. 1998. Identificación y caracterización de trips (Insecta: Thysanoptera) asociados a tres cultivos comerciales de aguacate (*Persea* spp) en los departamentos de Caldas y Risaralda. Manizales. 77p. Tesis de grado (Ing, Agrónomo) Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Fauziah, I and Saharan , A.A. 1991. Research on trips in Malaysia. En: Thrips in Southeast Asia. Asia vegetable research development Center. ADRDC publication. No 91-342. p.209-33.
- Figuroa, L.M. 1999. Estudio de la efectividad de *Paecilomyces fumosoroseus* en el control de *Frankliniella occidentalis*. En: Experiencias en el manejo integrado de trips en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología, Comité Regional Cundinamarca P.30-53.
- Florez, E. Y Corredor, D. 1999. Algunos aspectos poblacionales de trips sobre varios cultivos de la Sabana de Bogotá .En: Experiencias en el manejo integrado de trips en Colombia. Sociedad Colombiana de Entomología .Comité Regional de Cundinamarca, p54-68.
- González, H.R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile –BASF. 310p.
- Guzmán ,S.P. 1996. Ciclo de vida, hábitos y comportamiento de *Thrips tabaci* Lindeman en cebolla de bulbo (*Allium cepa*). En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 22, No 1;p93-98.
- Jiménez, J.S.F. y Roscandido ,A.J. Ciclo de vida y reproducción de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera : Thripidae)en cebolla y ajo. En: Revista integrado de plagas en Costa Rica. No 39 (1996); p.25-29.
- King, A.B.S, y Saunders ,J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. London: Overseas Development Administration, 182p.
- Lewis, T. 1991. An introduccion to the Thysanoptera: a survey of the group. In: Towards Understanding Thysanoptera. Gen. Teach. Rep NE 147. Rndnor PA. USDA Forest Service, p3-20.
- \_\_\_\_\_. 1973. Thrips Their biology, ecology and economic importance. New York: Academic Press, 350p.
- Mund, L.A. and Marullo,R. 1996. The thrips of Central and South America: an Introduction (Insecta: Thysanoptera). En: Associated Publisher. Memoirs Ent. Int. Vol.6, p1-487.
- \_\_\_\_\_. 1982. Thysanoptera: *Thrips tabac*. P.295-298. En: Kranz,J; Schmutterer,H. And Koch,W. Enfermedades, plagas y malezas en cultivos tropicales.
- \_\_\_\_\_. 1993. Thysanoptera as phytophagous opportunities. En: Thrips biology and management. Proceeding of the international conference on thysanoptera towards understanding thrips management. Burligton,USA: Plenum publis. Cop., New York, p3-20.

- Nakahara, S. 1994. The genus *Thrips* Linnaeus (Thysanoptera: Thripidae) of the new world. En: US Department of Agriculture technical bulletin. No 1822; 183p.
- Palacio, P. 1978. Biological study of *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) on muskmelon and watermelon. Filipinas: Undergraduate Thesis Coll. Agric. Dep-Entomol. 82p.
- Parra, J.G. 1977. Introducción to ecological biochemistry. London: Academic Press, 487p.
- Posada, O.L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Tibaitatá- Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 662p. (Boletín técnico No 43)
- Pundt, L. 1994. Trips on thrips in tomatoes. American vegetables grower (AVG) . p. 37-39.
- Ribes, K.A. y Coscolla, R. R. 1992. Notas sobre seguimiento poblacional de *Frankliniella occidentalis* Perg. En el cultivo de fresón. En: Boletín de Sanidad Vegetal Plagas. Vol 18; p. 569-584.
- Sarmiento, C.J. 1993. Biología y comportamiento de trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) En: Manejo integrado de trips. Santafé de Bogotá: Seminarios Socolen, P.15-22.
- Sasstrosiwojo, S. 1991. Trips on vegetable in Indonesia. En: Thrips in Southeast Asia. Asian Vegetable Research Development Center. AVRDC publication. No 91-342, p.12-17.

## HACIA UN MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA GUATEMALTECA EN COLOMBIA

**Eduardo Espitia Malagón**

Programa de Manejo Integrado de Plagas Corpoica, C.I. Tibaitatá, km 14 vía Mosquera, A.A. 240142 Tel +57(1)3443145 Santafé de Bogotá eespitia@corpoica.org.co

### Introducción

Después de cinco años que la polilla guatemalteca invadió las principales áreas productoras de papa en el país, y 14 desde que llegó a Norte de Santander, el reto que la irrupción de esta plaga le planteó al país está aún vigente. Con diversas connotaciones la plaga ha pasado por ser la de mayor impacto en zonas claves como el altiplano cundiboyacense, o también luego de una aparición agresiva, a ubicarse en un segundo orden al cabo de dos años, como en el caso de Antioquia. Actualmente existe gran incertidumbre sobre la amenaza que se presenta si las condiciones de precipitación no son tan favorables como lo han sido en los últimos tres semestres (98A y B, 99A).

El impacto de los planes y programas emprendidos por su parte han tenido una incidencia diversa: Desde la gran adopción y conocimiento de aspectos importantes acerca de la plaga por parte de los agricultores en Antioquia; la convivencia con la plaga que se ha establecido en Norte de Santander; hasta las dificultades para la implementación de las llamadas prácticas MIP en algunas zonas del altiplano cundiboyacense.

Para el país, el gremio papero y los sectores que alrededor de él trabajamos, es importante revisar cómo se ha dado el proceso de implementación del programa para el manejo de esta plaga en las zonas productoras de papa en Colombia. Desde los proyectos a mediano plazo hasta los sencillos trabajos de grado realizados todos con miras a la solución del problema, todos los esfuerzos han sido encausados en un programa que en la mayoría de los casos sólo se ha formulado de una manera tácita.

Hacia dónde va este programa? Qué ha logrado? Hasta dónde deben darse los esfuerzos? Se deben examinar las metas propuestas y redefinir algunas de ellas?

Con la presente ponencia se quiere dar un aporte al entendimiento de cómo el proceso en que se ha enmarcado el país para el control de la polilla guatemalteca está aún en desarrollo y requiere de la participación coordinada de los actores en el cumplimiento de metas. Para este análisis se revisan los avances que ha tenido el país ante la aparición y expansión de la plaga; se da una prospección del impacto que se espera de los actuales trabajos desarrollados para el control de la plaga y se propone un plan de coordinación de los diversos trabajos.

### El avance de la polilla Guatemalteca en Colombia y su impacto

Desde su llegada al país la plaga ha tenido un fuerte impacto en el momento de su irrupción. Después de un tiempo ha tendido a estabilizarse en diferentes maneras, pero aún existe incertidumbre sobre el comportamiento en el inmediato futuro frente a las impredecibles variaciones climáticas que actualmente se presentan en el país.

#### Recorrido histórico

*La entrada al país.* A pesar del conocimiento que existía sobre la existencia de la polilla guatemalteca no se pudo detener la entrada de la plaga al país. La plaga entró al país en la

misma manera como entran la mayoría de plagas foráneas a un territorio no infestado. La entrada de la polilla a Colombia se dio por los canales de comercialización entre Colombia y Venezuela. La movilización de material cosechado y en comercialización fue la causa determinante para que apareciera en de 1985 en Norte de Santander, sólo dos años después de que había llegado al país vecino.

*La polilla guatemalteca en Norte de Santander.* Se reportó por primera vez en el municipio de Chitagá, Vereda Carbón, en una variedad mexicana de papa traída de Venezuela. La plaga invadió gran parte de las zonas paperas de este territorio las pérdidas ocasionadas en el campo y almacén superaron el 50%. Sin que se pudiese frenar su avance se dispersó por toda la zona papera en Norte de Santander que comprende los municipios de Pamplona, Chitagá, Cácuta, Silos, Mutiscua y Cerrito.

*La polilla guatemalteca en Boyacá y Cundinamarca.* De Norte de Santander pasó al municipio de Chiscas en Boyacá, en 1991, en 1994 se reporta oficialmente su presencia en el centro del departamento de Boyacá, en Ventaquemada, aunque los agricultores la tenían desde un año antes sin percatarse de que era una especie diferente a la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Esto permitió que la plaga se diseminara a otras zonas en Boyacá sin que se pudieran tomar medidas preventivas pertinentes. Las pérdidas iniciales en campo se calcularon entre 3 y 80%, en campo.

Aunque previamente su presencia pasó casi inadvertida fue la devastadora acción de la plaga especialmente en sitios de almacenamiento lo que llamó fuertemente la atención de los productores. Al llegar la polilla al departamento de Boyacá, el ICA, responsable de la Sanidad Vegetal, en coordinación con las UMATA, la Secretaría de Agricultura de Boyacá, Fedepapa, Estudiantes de la Facultad de Agronomía y el CIP, procedió a hacer monitoreo con el uso de trampas de agua, utilizando como atrayente al feromona sexual, en los diferentes municipios y de ellos en las principales veredas productoras de papa. Solamente en el municipio de Ventaquemada el reporte en la Vereda el Hato, indicó que la plaga arrasó con lotes en los cuales hasta el 90% de la papa para cosecha fue atacada. En ese momento inmediatamente se duplicaron las aplicaciones de insecticidas para el control y se recurrió al uso de toda suerte de sustancias consideradas letales por los agricultores ante la ineficacia de las aplicaciones de químicos para el control. Para 1996 se reporta que 540 toneladas de papa son consumidas directamente por la plaga, sólo en los sitios de almacenamiento. Y se calcula que unas 2000 lo son en los lotes de cultivo. Se disminuyó el área sembrada y se redujo la cantidad de papa en almacenamiento. La plaga rápidamente se instauró como una de las más importantes del cultivo en la región y junto con el gusano blanco son las plagas clave en la región. Para 1996 se reporta que en Boyacá las pérdidas por polillas serían del orden de \$6.720'000.000 de esa época. Para la zona del altiplano cundiboyacense se reporta en 1995 que esta plaga tiene un ambiente favorable para su desarrollo, pero que ante el desconocimiento de aspectos biológicos y de dinámica en campo no se cuenta con alternativas para su manejo. Se carece para entonces de sistemas de monitoreo eficientes. Igualmente no se cuenta con indicadores del nivel de daño. Ante la baja eficiencia del control químico se esperaba que el control biológico reportara avances considerables. Ya para 1996 se notaba una disminución importante en la incidencia de la plaga en el altiplano cundiboyacense que sin embargo para 1997 se estimó que llegó al 15% de la producción en esta región.

*La polilla guatemalteca en Antioquia.* Se detectó en 1994 mediante el empleo de trampas de agua cebadas con feromona sexual. Al final de este año se reporta que la polilla se encuentra en todos los municipios paperos del Oriente y Norte de Antioquia. Se presentaron las mayores capturas en campo comparadas con los sitios de almacenamiento. Los municipios menos afectados fueron los más distantes de las vías de acceso a otras zonas productoras. Y se presentó una disponibilidad de los agricultores al conocimiento de la plaga y de las medidas de control.

*La polilla guatemalteca en Nariño.* Se oficializó la presencia de la plaga en el mercado de Potrerillos en Nariño a finales de 1996, con importante incidencia en los municipios de Ipiales y Túquerres.

En agosto de 1996 el SESA (Servicio de Sanidad Agropecuaria) y el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) de la República del Ecuador, específicamente del Cantón Montúfar, Provincia del Carchi, toman muestras de larvas, pupas y adultos de la polilla, las cuales fueron identificadas en Pasto por el ICA y por el SESA como *Tecia solanivora*.

### **Programas emprendidos en las diversas regiones para el manejo de la polilla guatemalteca**

La acción emprendida desde la llegada de la plaga al país por parte de las instituciones se ha caracterizado por:

Las instituciones relacionadas con la sanidad, el control y la investigación han estado a la vanguardia de los trabajos desarrollados en el país tanto en el campo de la generación de tecnología como en la divulgación del conocimiento disponible.

En las diferentes regiones se han establecido programas de detección, los cuales operaron principalmente en el tiempo en que la plaga aún estaba diseminándose en las zonas productoras. Igualmente se han establecido puntos para monitoreo periódico.

Se ha planteado en todas las regiones la necesidad de reunir a los agricultores e instruirlos sobre aspectos fundamentales para la detección de la plaga como su reconocimiento y los cuidados con el material vegetal que se moviliza. A través de diferentes actividades se ha podido dar a conocer a los agricultores y técnicos los avances logrados en la experimentación.

Implementación de programas de manejo con base en tecnologías disponibles. Fue Antioquia el primer departamento en el cual se difundió la tecnología del MIP como paquete integral para el manejo de la polilla basado en el uso de baculovirus y almacenamiento bajo luz difusa, la recolección de residuos de cosecha y el empleo de trampas con feromona. El comité de emergencia que funcionó en este departamento permitió el establecimiento de una campaña basada en la divulgación a los agricultores sobre aspectos de biología y manejo de la plaga, con miras a que los agricultores conocieran la plaga y empezaran a manejarla en condiciones de campo.

Legislación y medidas policivas. Con base en el conocimiento de los hábitos de la polilla y la presencia de residuos de cosecha y tubérculos afectados como principal fuente de infestación, se estableció la medida de prohibir el abandono o mantenimiento de tubérculos en sitios cercanos a los lotes de cultivo no infestados. Esta medida aunque muy bien fundamentada careció del factor principal que es la concientización de la comunidad acerca de los beneficios de acatar una medida de tal magnitud.

Aún cuando se planteó la implantación de medidas cuarentenarias. Estas medidas estaban ya fuera del tiempo de probable éxito ya que la invasión de la plaga ya estaba dada. Su implementación en el tiempo en que se dieron los primeros reportes sobre la presencia de la plaga hubiera resultado en un impacto menor de la plaga especialmente en el periodo 1995-1997.

Ajuste de la tecnología generada en otros países, con base en el abanico de posibilidades de técnicas de manejo, lo que se conocía sobre la plaga en otros países y para especies similares constituyó el principal insumo de los programas de difusión a los agricultores sobre la

plaga. Experimentalmente se montaron parcelas y fincas piloto para el ajuste de las técnicas que se habían reportado exitosas en otros lugares. Un caso importante es el de Venta quemada donde se aplicaron los conocimientos disponibles y la implementación de las técnicas desarrolladas para el montaje de un plan de manejo de la polilla ajustado a las condiciones de la localidad. Como fruto de este trabajo se difundió con fuerza algunos de los componentes de manejo como el uso de la trampa cebada con feromona sexual.

En la evaluación de algunos de los componentes de manejo conocidos algunos de los resultados no coincidían con lo reportado en los trabajos que dieron origen a estas recomendaciones. Por esto surge la necesidad de proponer nuevos modelos de manejo y revisar algunos aspectos sobre la plaga que requerían investigación.

Investigación básica relacionada con aspectos biológicos y control biológico. Se validaron algunos aspectos relacionados con el ciclo biológico de la plaga y la respuesta a la implementación de medidas de control. En Antioquia, Boyacá y Cundinamarca se empezaron a generar conocimientos acerca de enemigos naturales, biología de la plaga en estas zonas y algunos aspectos antes no tocados como la evaluación de materiales varietales con tolerancia al ataque de la plaga.

Estrategias y proyectos aislados para enfrentar el problema. El ICA planteó inicialmente el plan de manejo de la polilla pero en los diferentes eventos que se han realizado las entidades han presentado separadamente los avances que han logrado en sus diversas investigaciones.

Esfuerzos por la integración interinstitucional. En estos diferentes encuentros se ha propendido por la unificación de los criterios para los trabajos futuros y la coordinación de los esfuerzos. Aunque se reconocen los esfuerzos hechos por la coordinación de los trabajos a través de diferentes convocatorias, (Socolen, junio 1997, U.N. e ICA mayo-julio 1998), el manejo integrado que tanto se ha promulgado ha tenido sin embargo una altísima debilidad en la falta de INTEGRACIÓN de los actores que en ella estamos.

### **La emergencia sanitaria**

En el año de 1994 cuando se reporta en Antioquia rápidamente se da la conformación del comité de emergencia que junto con medidas tomadas desde las autoridades redundan en medidas que conducen a que los productores, las instituciones rápidamente se apersonen de la situación e implementen las acciones necesarias para la solución del problema.

En 1998 a través de la declaratoria de emergencia por parte del Ministerio de Agricultura y la captación de recursos derivados de esta declaratoria. Se propusieron trabajos que tuvieron como estrategias claves la capacitación, mediante talleres, a los usuarios intermediarios (profesionales) de las UMATA y entidades públicas y privadas sobre las metodología y programas de ejecución para el manejo de la plaga y el establecimiento de fincas piloto con productores de papa para transferir los resultados de manejo de la polilla guatemalteca a los productores comercializadores e industriales de la papa como componentes de la cadena, producción de semilla de papa de calidad sanitaria y divulgación y producción de material técnico como apoyo al manejo integrado de la polilla guatemalteca.

### **La reglamentación de los productos para su aplicación**

Con base en la necesidad de contar con herramientas para el control se expidieron licencias de productos químicos para el control de la plaga. Ante esta alternativa que se mostró con inconsistentes resultados en campo, surgió la necesidad de unificar también los criterios



para la evaluación de este tipo de productos y también de generar los conocimientos básicos necesarios para establecer los parámetros mínimos de evaluación de cualquier componente de manejo de la plaga.

## **Principales avances en el manejo de la polilla en Colombia**

### **Monitoreo de la plaga**

Hasta el tiempo que en cada región se contó con presencia importante de la plaga se establecieron sistemas de monitoreo que permitieron medir las fluctuaciones en las poblaciones de la plaga en lotes de cultivo. Estos monitoreos que se venían empleando en Norte de Santander fueron especialmente implementados en Antioquia, Cundinamarca y Boyacá. Con base en este monitoreo se sabe que aunque la plaga llegó a la gran mayoría de las áreas productoras su incidencia ha bajado en los últimos dos años.

### **Conocimiento de la Biología**

Se han podido corroborar algunos aspectos conocidos en otras latitudes sobre la biología y comportamiento en campo de la polilla. Los principales aspectos desarrollados son los hábitos reproductivos de las polillas el manejo de crías para experimentación o para la producción de biológicos.

### **El manejo en condiciones de almacenamiento**

Este es el aspecto que está definitivamente más desarrollado para el manejo de la polilla en condiciones de almacenamiento de semilla en finca. Partiendo de la tecnología de almacenamiento bajo luz difusa, los silos rústicos y sus diferentes adaptaciones han tenido una amplia difusión y prometedora aceptación como sistema de almacenamiento. Este sistema acompañado del monitoreo de polillas mediante trampa cebada con feromona y la aplicación de insecticida químico o biológico a los tubérculos ha reportado tener un excelente control de la plaga.

### **Fundamentos de control biológico**

Los avances en el conocimiento de la biología de la plaga han permitido saber más sobre como emplear o explotar a los potenciales controladores biológicos dentro de los cuales en este momento sólo el baculovirus tiene una aplicación práctica comprobada y aceptada. Se dispone ya sin embargo de la existencia de otros organismos que han sido encontrados actuando en condiciones de campo que tienen un mayor potencial que los reportados inicialmente en la literatura pero que aún no muestran una importante actividad.

### **Plan de capacitación**

Las actividades y estrategias empleadas en el país para difundir el conocimiento sobre la polilla guatemalteca han sido diversas por cuanto han apuntado a diversos sectores del sistema de ciencia y tecnología agropecuaria de Colombia. Dentro de las principales empleadas con agricultores están las cartillas divulgativas, los plegables, las jornadas técnicas, seminarios taller y las demostraciones prácticas. A nivel de la opinión pública y comunidad técnica, los artículos de prensa, documentales televisados, seminarios y conferencias.

## Estudios de desarrollo y su impacto probable

El uso de las trampas en campo y aspectos epidemiológicos de la plaga.

A pesar de ser uno de los componentes más conocidos para el control de la plaga es también muy irregular el impacto que su uso tiene en los niveles de control logrados en lotes de cultivo. El establecimiento de los parámetros de funcionamiento de la trampa de feromona permitirá utilizar esta herramienta con la mayor eficiencia como componente MIP. Es necesario salir de la duda sobre el papel que esta ejerce en el control de poblaciones plaga.

## Biología de la plaga

Algunos de los trabajos propuestos están relacionados con hábitos de alimentación, refugio y patrones de dispersión de la polilla a partir de las fuentes de infestación. Estos conocimientos permitirán utilizar con mayor eficiencia las actividades de manejo cultural propuestas para su utilización en campo. Igualmente se ajustará el sistema de manejo de tubérculos en grandes bodegas.

## El control biológico

Está siendo realizado principalmente por Corpoica, Universidad Nacional, Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Dentro de los componentes a desarrollar dentro del manejo integrado le cabe al control biológico la potencialidad de éxito para el manejo de la plaga en campo. Debido a los hábitos complejos de la plaga las técnicas conocidas para su uso en campo hacen que en la mayoría de casos esos componentes no actúen en la mejor manera.

## Las prácticas de manejo integrado

El grupo de recomendaciones que se conocen y más se difunden se ha hecho alrededor del control cultural y Uso de extractos vegetales

**Fitomejoramiento.** Desde 1997 se ha planteado que habría importantes posibilidades en la búsqueda de variedades con cruces de las especies *Solanum berthaultii* y *S. polyadenium* proponiendo que se hagan varios cruces con especies comerciales para bajar el nivel de glicoalcaloides que poseen estos materiales. Se plantea que la inserción de genes encontrados a partir de *Bacillus thuringiensis* en plantas transgénicas también sería una alternativa importante.

El Proceso de la implementación del manejo integrado de la polilla guatemalteca (MIPG) en Colombia

Una de las primeras alternativas fue la de compilar gruesamente TODAS las técnicas reconocidas que afectaran a la polilla y favorecieran la semilla almacenada o la cosecha en desarrollo. Con este planteamiento se propusieron "paquetes" que como una prescripción se formularán para el cabal cumplimiento por parte de agricultores y técnicos.

## Avances y logros dentro del Manejo Integrado

Alto conocimiento de la plaga y las alternativas de control por parte de los agricultores, caso Antioquia.

Conformación de unidades piloto de manejo integrado. Casos que ilustran como Ventaquemada, Motavita, Chiquinquirá.

Incorporación del monitoreo como elemento indispensable para los planes de manejo.

### **Enfoque del Manejo Integrado de la polilla guatemalteca**

Desde la aparición de la polilla guatemalteca, el MIP ha sido planteado como la alternativa más racional para enfrentar el problema. Se han presentado las ventajas de sostenibilidad e inclusive competitividad del sistema de producción de papa. El impacto e inclusive el uso de esta alternativa es incipiente en el país, aunque en la comunidad técnica y científica es aceptada la premisa que ante esta plaga, más que con ninguna otra, el manejo integrado sería la solución. Desde 1995 se analizó y planteó que el MIP era la opción frente al problema. Se planteó que los principales componentes que tuviera este MIP fueran:

- Una evaluación del sistema de manejo por parte de los agricultores.
- Establecimiento de programas de monitoreo.
- Establecimiento de umbrales de daño.
- Evaluación de alternativas de control biológico: Bt, parasitoides.
- Evaluación de los métodos de control etológico.
- Evaluación de las prácticas culturales.

Validación de componentes dentro de un paquete.

Así como cada uno de los componentes MIP ha sido revaluado por no dar respuesta solitaria a la solución de un problema, también la mera unión de las prácticas tampoco dejaría un resultado satisfactorio sino ha sido sometida a los ajustes y enseñanzas que deja su implementación en campo. Es en este punto en que el manejo integrado de la concepción teórica para confrontar el problema directamente y sufrir como lo hace el agricultor y su cosecha los embates del ambiente del mercado y de la plaga. En este ajuste se debe pasar con rigurosidad del planteamiento teórico y rígido del control agregado que sumaría cada componente, a la interacción de esos componentes, su factibilidad y su aceptación.

La utilización de diferentes técnicas de manejo.

El desarrollo de los paquetes de manejo integrado se ha traducido en la recomendación del uso de prácticas que en el caso de Colombia se sintetizan así: prácticas de control cultural (rotación de cultivos, semilla sana, recolección de residuos, aporque adecuado, cosecha oportuna), control etológico (trampas) y el control químico.

### **Debilidades para la implementación del MIP**

Factores que se han visto afectando la consolidación del MIPG.

Desde el comienzo del proceso se reconocieron como factores negativos para la implementación el MIP: la tradición de los productores acostumbrados al efecto rápido de los insecticidas químicos; el desconocimiento de la metodología MIP especialmente por parte el agricultor.

Barreras culturales. La fuerte convicción cultural en los agricultores hacia el uso de plaguicidas químicos, es una de las características con que se enfrentan los transferidores de los progra-

mas de manejo integrado. De otro lado la baja disponibilidad de los nuevos insumos propuestos en el MIP ha sido uno de los inconvenientes más serios máxime cuando algunos de estos agentes de control tienen una gran aceptación como el caso del Baculovirus pero la disponibilidad de cantidades suficientes resulta menor que la demanda y las expectativas que se han generado en agricultores y técnicos. Se requiere del establecimiento de acuerdos y alianzas urgentes de responsabilidad y beneficio compartido con la empresa privada para la producción, distribución y promoción de estos insumos.

Prácticas poco "prácticas". Muy relacionadas con los aspectos culturales de los grupos sociales donde se encuentra la plaga se presenta el inconveniente de la poca aplicabilidad de algunas recomendaciones para el manejo cultural de la plaga.

El conocimiento que se tenía sobre la plaga era escaso en algunos aspectos como su biología en campo.

El conocimiento que tenían los agricultores sobre la plaga era muy bajo.

Igualmente se reconocieron como oportunidades para la implementación de esta estrategia: el interés de los profesionales en su implementación; el alto costo de los agroquímicos y su permanente incremento y la demanda del consumidor por un producto menos contaminado con residuos químicos.

### **La dinámica del MIPG**

Desde sus planteamientos el Manejo integrado de plagas ha sido propuesto como una alternativa que logrando las metas de una producción de bienes agropecuarios más limpia propendiera también por la reducción al mínimo posible del impacto de las plagas en los agroecosistemas. Este nuevo enfoque dio al MIP una connotación diferente de la que habían tenido anteriores planteamientos para el control de plagas.

Uno de las características del MIP es su interacción entre los componentes del cultivo (en el cual se reconocería al MIP como un componente del MIC-Manejo Integrado del Cultivo) y principalmente entre las personas que actúan en él. Esta interacción hace necesario el continuo flujo de información e intercambio.

Por lo anterior se reconoce que el Manejo Integrado es un proceso que está por lo menos en Colombia en una etapa de afianzamiento, que aún requiere sopesar la validez de la utilización de determinados componentes de manejo.

Igualmente es preciso reforzar el enfoque de beneficio competitivo que debe buscar todo programa de manejo integrado, ya que sólo una rentabilidad adecuada de la implementación de nuevas prácticas por parte de los agricultores. Sólo una demostración evidente frente al agricultor de que el MIP también le genera más ingresos, persuadiría a este difícil cliente tecnológico.

En el caso de la polilla guatemalteca, a pesar de que desde el comienzo se planteó ya al MIP como la solución. La construcción de ese modelo de manejo integrado no estaba muy cerca.

El empleo de insumos MIP debe además propender por la generación de insumos de excelente calidad que garanticen una efectividad alta en su objetivo de controlar de una manera segura y rentable las poblaciones plagas. Esto además frente a la alta calidad ofrecida por otros insumos para el control de plagas como lo son los plaguicidas químicos.

## El conocimiento de la plaga

Uno de los pilares fundamentales para la implementación del MIPG sigue siendo el conocimiento de la plaga. Aunque ya se ha generado el conocimiento básico indispensable para el MIPG, el conocimiento sobre la misma debe expandirse masiva y dinámicamente hacia los agricultores y debe profundizar. Y los aspectos sobre su dispersión la agresividad frente a las medidas de control y los factores ambientales prevalentes debe investigarse, discutirse y difundirse.

## Los grupos de agricultores a quienes va dirigido el proceso

A partir de los grupos ya establecidos en implementación del MIP, deben irradiarse las acciones preventivas para que la plaga no tome por sorpresa a los agricultores si las condiciones ambientales cambian. En cada zona del país se caracterizan de forma particular los agricultores y a partir de estos grupos se deben analizar los componentes del MIP que puedan tener mayor aceptación, disponibilidad y potencial de efectividad en esas regiones.

## Programas de capacitación - Taller MIP

Uno de los avances más significativos que ha dejado el proceso es la determinación de estrategias de trabajo participativo con los agricultores que permite mayor efectividad en las actividades de transferencia. En el país no sólo se han consolidado importantes grupos de trabajo con los agricultores, como las fincas piloto con las UMATA y Fedepapa, o los CIAL con Corpoica, sino que se ha concretado la metodología a partir de la cual se puede difundir la experiencia del trabajo participativo con los agricultores.

## El caso Colombiano para el manejo de la polilla guatemalteca

### Los componentes de manejo y su impacto en la solución del problema.

De los componentes que actualmente se conocen tal vez el que está actuando de manera más efectiva es el relacionado con el agua, mediante un control natural. Todo el sistema de manejo de tubérculos semilla en almacenamiento es ampliamente aceptado como efectivo. Las prácticas de recolección de residuos o semilla sana, más que ninguna otra no se deben considerar de manera aislada. En este caso se debe apuntar hacia las fuente de inóculo, desde donde quiera que procedan. Estos componentes por lo tanto han sido menospreciados, y mientras no se reconozca su verdadera dimensión la posibilidad de aceptación y sobre todo la de aplicación serán muy lejanas.

### La participación multi-institucional en el proceso.

La participación de las instituciones, todas, se ha dado en este proceso. Aunque los esfuerzos y avances son todos importantes. Aún persiste el aislamiento institucional entre las metas que se persiguen. Con la experiencia que ha existido, lo único que falta es que la actitud integradora sea formalizada y comprometa a las autoridades de cada institución y las dependencias relacionadas para que con base en un convenio de metas precisas unifique los cronogramas de trabajo

### Los aportes y los recursos asignados

Frente a las inmensas pérdidas causadas por la irrupción de la plaga. A{un todos los esfuerzos fiscales para financiar los programas de investigación y manejo de la plaga que estarían

alrededor de los 1400 millones de pesos son un recurso escaso, máxime si se ha debido trabajar sin una norte unificadora de esas actividades y recursos.

### La consolidación del MIPG

Entendido el proceso del MIP como una dinámica constante de desarrollo tecnológico y de beneficio para los agricultores. El caso del manejo integrado de la polilla guatemalteca se deberá mantener en desarrollo en los próximos años.

Solamente la educación de los agricultores sobre el problema y su manejo permitirá que gradualmente los demás componentes del MIPG se consoliden entre la comunidad de los papicultores colombianos.

Se espera que pronto el Control biológico entre con mucha fuerza a llenar el vacío que existe en el manejo del problema en campo cuando la plaga se establece.

La responsabilidad para el trabajo en equipo y coordinado recae en las instituciones pero siendo que dependen de las personas que trabajamos en ellas, también lo define nuestra actitud y disponibilidad.

La evaluación sobre el impacto que tiene la implementación del MIPG se deberá hacer teniendo en cuenta los mismos objetivos que se plantea, en cuanto a la rentabilidad de su aplicación, la obtención de un producto sano de bajo riesgo para el consumidor, el productor y el sistema de producción del cultivo de la papa.

### Referencias

- COMUNICACIONES Y ASOCIADOS LTDA. 1996 Papas Colombianas, Con el mejor entorno ambiental. Edición especial Serie Agroindustria 2010
- CORPOICA, 1999. La polilla guatemalteca de la papa, François Herrera Cartilla divulgativa.
- \_\_\_\_\_. 1997 Red Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología en los Sistemas de producción de papa, Informe anual 1996 Resumen. Regional Uno C.I. Tibaitatá
- \_\_\_\_\_. 1997 II Curso Taller Manejo Integrado de Plagas de la Papa, Memorias. Regional Uno.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO 1995 "Manejo Integrado de Plagas", Memorias Curso Internacional, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia 27 noviembre-1 diciembre 1995
- \_\_\_\_\_, MINISTERIO DE AGRICULTURA, PRONATTA 1999 "Polilla guatemalteca de la papa" (Convenio Interinstitucional 062/96) Informe anual de actividades realizadas por el Instituto Colombiano Agropecuario. Miguel Benavides, Carlos Morales.
- \_\_\_\_\_, CORPOICA 1995 Detección de la polilla de la papa. Fondo de Emergencia sanitaria
- \_\_\_\_\_, CORPOICA, Fedepapa, Ministerio de Agricultura y desarrollo rural 1997 Manejo Integrado de la Polilla guatemalteca de la papa. Cartilla divulgativa.

- Peñaloza, J. 1996 Estado de las dos principales plagas del cultivo de la papa en el departamento de Boyacá En I Curso Taller de Manejo integrado de plagas, Paipa, Boyacá Junio 1996 SENA, Boyacá, 1995 Polilla de la Papa en Boletín Caisa, No. 11 Julio 1995
- SOCOLEN, Comité Regional Cundinamarca., 1997 "Experiencias y avances en el manejo de la polilla guatemalteca de la papa. Memorias del Seminario efectuado el 11 de junio de 1997, ICN-UN, Santafé de Bogotá.
- Torres, F, 1998 Biología y Manejo Integrado de la Polilla Centroamericana de la Papa *Tecia solanivora* (Povolny) en Venezuela Convenio FONAIAP-UNET Venezuela
- Trillos, O. 1996 Relaciones interinstitucionales par la difusión del Manejo Integrado de plagas En I Curso Taller de Manejo integrado de plagas, Paipa, Boyacá Junio 1996.
- UPTC, Facultad de Ciencias Agrarias 1997 El Ensilaje de la papa: una novedosa forma para comercializar su cosecha. Plegable divulgativo

## ALGUNOS ASPECTOS PARA UNA MEJOR COMPRESIÓN DE *Tecia solanivora* (POLILLA GUATEMALTECA).

**Jaime E. Soriano A. M. Sc.**

PROFICOL S.A. A. A. 92126 Santafe de Bogotá

### Introducción

El vínculo a la problemática de *Tecia solanivora* en el altiplano Cundiboyacense, a través de trabajos de investigación en desarrollo de productos agroquímicos, me ha permitido conocer de cerca el problema y generar alguna información que considero importante comunicar para enriquecer la discusión y en lo posible favorecer la racionalidad en el manejo de esta limitante.

En tal sentido este trabajo busca aportar algunas ideas sobre el comportamiento del insecto *T. solanivora* en condiciones de cultivo.

### Distribución de la producción de papa en Colombia

A lo largo de toda la Región Andina Colombiana se cultiva papa, concentrándose la mayor área cultivada en altitudes comprendidas entre 2000 y 3500 m. Al rededor de las tres cuartas partes de los suelos paperos están localizados en áreas de topografía quebrada y ondulada,

En el país se destacan tres zonas principales como productoras de papa: Zona Central (Departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santanderes); Zona Sur (Departamentos de Nariño y Cauca) y Zona Occidental (Departamentos de Antioquía, Caldas y Tolima).

A nivel regional cerca del 60% de la superficie cosechada se presenta en el altiplano Cundiboyacense seguido por Nariño 20 % y Antioquía 10 % (Rondón 1997).

### Antecedentes

Con la aparición en 1994 de la polilla Guatemalteca en la región central Colombiana (Altiplano Cundiboyacense), en el municipio de Ventaquemada, vereda el Hato, se dio inicio a un evento que ha puesto en prueba la estructura de producción de papa en Colombia,

El ingreso de la plaga a esta zona tomo por sorpresa tanto a las instituciones encargadas como a los productores, situación que favoreció la dispersión rápida a otras zonas y pérdidas grandes en campo y almacenamiento.

Inicialmente los agricultores no creían la gravedad del problema, se confiaron y no tomaron la precaución mínima como era la de no traer semilla de zonas infestadas, esta actitud unida a la incapacidad institucional y de la comunidad, para regular el movimiento de semilla y actuar sobre tubérculos infestados abandonados y lotes infestados no cosechados, propiciaron la rápida dispersión del insecto.

Ante la agresividad del problema, los agricultores desorientados desarrollaron sus propias estrategias, basadas en el método de control mas familiar y accesible para ellos (Uso de insecticidas de síntesis), realizando mezclas y aplicaciones que iban de lo racional a lo irracional, en cuanto a productos utilizados, mezclas, dosis, épocas y modos de aplicación; en consecuencia los resultados de esta ofensiva contra la plaga, fueron erráticos pasando de casos exitosos a casos completamente ineficaces.



De otro lado las instituciones responsables ICA, FEDEPAPA, Secretarías de Agricultura, UMATAS, etc., en conjunto basaron su estrategia en la experiencia, desarrollada en los municipios paperos de Norte de Santander (Chitara), zona donde se presentó la plaga por primera vez (1985) en Colombia, esta estrategia incluía prácticas de manejo integrado.

Las primeras acciones institucionales fueron orientadas a la prevención en las áreas libres y al manejo en las áreas infestadas, mediante la capacitación de técnicos (usuarios intermedios) y algunos agricultores, sobre las características de la plaga y como combatirla (MIP desarrollado en Chitara). adicionalmente se desplegó una acción de monitoreo en las principales zonas productoras con el fin de identificar la distribución de la plaga tanto en el tiempo como en el espacio.

A su vez la Industria de agroquímicos frente a las posibilidades de un nuevo mercado, desarrollo sus estrategias orientadas a generar alternativas que complementaran el manejo integrado propuesto.

La situación que se dio al evolucionar la dispersión de la plaga en las zonas productoras, se caracterizó por que los resultados, en cuanto a control, tanto al interior de las zonas, como entre zonas productoras, independiente de las estrategias de manejo empleadas (manejo integrado y/o control químico), no fueron siempre consistentes, esta situación fue maximizada por la incidencia de la prolongada época seca (Casi todo el año 97 y principios del 98) como resultado del fenómeno del pacífico, lo que favoreció la agresividad del ataque de la plaga.

En general la situación descrita, denota cierta carencia de conocimiento sobre el comportamiento del insecto bajo las condiciones de producción, sin desconocer la incidencia en estos resultados de las condiciones típicas de manejo regionales.

## El Insecto

*Tecia solanivora* insecto conocido como polilla grande o guatemalteca, por sus hábitos y las características de su daño, representa hoy una de las plagas con mayor potencial de daño para el cultivo de papa en las zonas productoras infestadas.

El daño económico es causado por la larva la cual tan pronto emerge, se dirige al tubérculo raspa la epidermis y penetra en el perforándolo, forma galerías primero superficiales para luego barrenar más profundamente, a lo largo de las galerías la larva deja los excrementos, los cuales propician junto con patógenos secundarios la pudrición del tubérculo, este pierde por completo su valor comercial (Soriano 1996).

El insecto es de hábito monófago, ya que se alimenta en su estado larval exclusivamente del tubérculo de papa, esto hace que sus poblaciones estén sujetas a la presencia de tubérculos bien sea en campo o en almacenamiento.

Por las características de la producción, durante todo el año se tiene presencia de tubérculo bien sea en campo o en almacenamiento, condición que ha favorecido la prevalencia y diseminación de la plaga en las zonas donde se concentra la producción.

*Tecia solanivora*, es una plaga de la papa originaria de Centro América, traída a Sur América en una importación de semilla, hecha por Venezuela desde Costa Rica en 1983. Dicha semilla fue distribuida a agricultores de la zona papera del Táchira, de donde fue introducida a Colombia en 1985 (Araque 1993). Reportándose por primera vez en el municipio de Chitará Norte de Santander.

**Clasificación Taxonómica**

Orden:	Lepidoptera
Suborden:	Dytrisia
Superfamilia:	Tineoidea
Familia:	Gelechiidae
Tribu:	Gnorimoschemini
Genero:	<i>Tecia</i>
Especie:	<i>T. solanivora</i> (Povolny)

*Ciclo de vida.* El ciclo de vida está influenciado por la humedad relativa y por la temperatura: A temperaturas más altas el ciclo de vida se acorta. (Sotelo, 1995).

**Presentación y Discusión de Algunas Experiencias de Campo**

Como herramienta básica en el desarrollo de trabajos de campo, se cuenta siempre con el monitoreo de la población de *T. solanivora*, mediante el uso de trampas con feromona, en consecuencia esta información es un elemento importante en el análisis e interpretación de los resultados, aparte de que en las recomendaciones de MIP se plantea como un elemento de control etológico.

En tal sentido el análisis recurrente de esta variable (# de machos capturados por trampa), tanto en los resultados propios como en los bibliográficos, deja ver una clara relación entre incrementos de capturas y etapas de desarrollo del cultivo, siendo constante en todos los casos la relación entre un rápido incremento en el número de capturas y el inicio de tuberización del cultivo, e igualmente constante pero menos pronunciado el incremento en capturas, al iniciarse la madures fisiológica del cultivo ( 30 a 20 días antes de cosecha).

Con menor frecuencia se presentan incrementos en capturas coincidentes con la etapa de floración.

Como ejemplo de la relación descrita presentamos la Figura 1, resultado de un monitoreo realizado cada 3 días a lo largo del desarrollo del cultivo.

**Tabla 1.** Ciclo de vida de *Tecia solanivora* (Povolny) en condiciones de laboratorio

ESTADO	PAMPLONA	PUEBLO HONDO	TUNJA
	Nº de días	Nº de días	Nº de días
Huevo	8-10	15,2	13-15
Larva	22	29,12	26
Prepupa	4,2	4,75	4
Pupa	15-18	25,92	23
Adulto hembra	20	20,05	20-25
Adulto macho	20	18,3	20
CICLO	65-70	94,17	86-93
Temperatura	12-20 ° C	15,53 ° C	12-14 ° C
H.R.	78-83%	65,58%	44-58%

La hembra pone entre 180 y 235 huevos en un periodo promedio de 11 días, con un pico al 6º día (Torres 1998)

Buscando interpretar este comportamiento sin descontar el efecto de las aplicaciones de los insecticidas y teniendo presente el impacto que sobre las poblaciones de este insecto tienen las lluvias, se realizó una prueba de regresión entre las capturas y la precipitación, encontrándose en este estudio que no hay una relación directa entre estos dos parámetros, como lo muestran los resultados obtenidos:

	R <sup>2</sup>	Correlación	Pendiente	Intercepto
Precipitación	0.00	0.03	1.067 NS	120.71 NS

Con la anterior evidencia y la recurrencia del comportamiento de la población capturada en otros trabajos (Figura 2), se planteó la necesidad de verificar la relación entre la ocurrencia poblacional capturada y el desarrollo del cultivo, para lo cual se montó una prueba (en un lote de 6000 m<sup>2</sup> aproximadamente) en la granja del SENA Mosquera, donde se evaluó la ocurrencia de los machos capturados según esquema de control etológico recomendado por el ICA (16 trampas por ha.) Colocadas progresivamente, y el desarrollo del cultivo, obteniéndose los resultados que a continuación se presentan y discuten.

#### Relación ocurrencia de machos capturados versus etapas de desarrollo del cultivo

Como se aprecia en la Figura 3 con el inicio del incremento del peso total subterráneo (inicio de tuberización) se presenta un rápido incremento de la población capturada, para luego iniciar una caída.

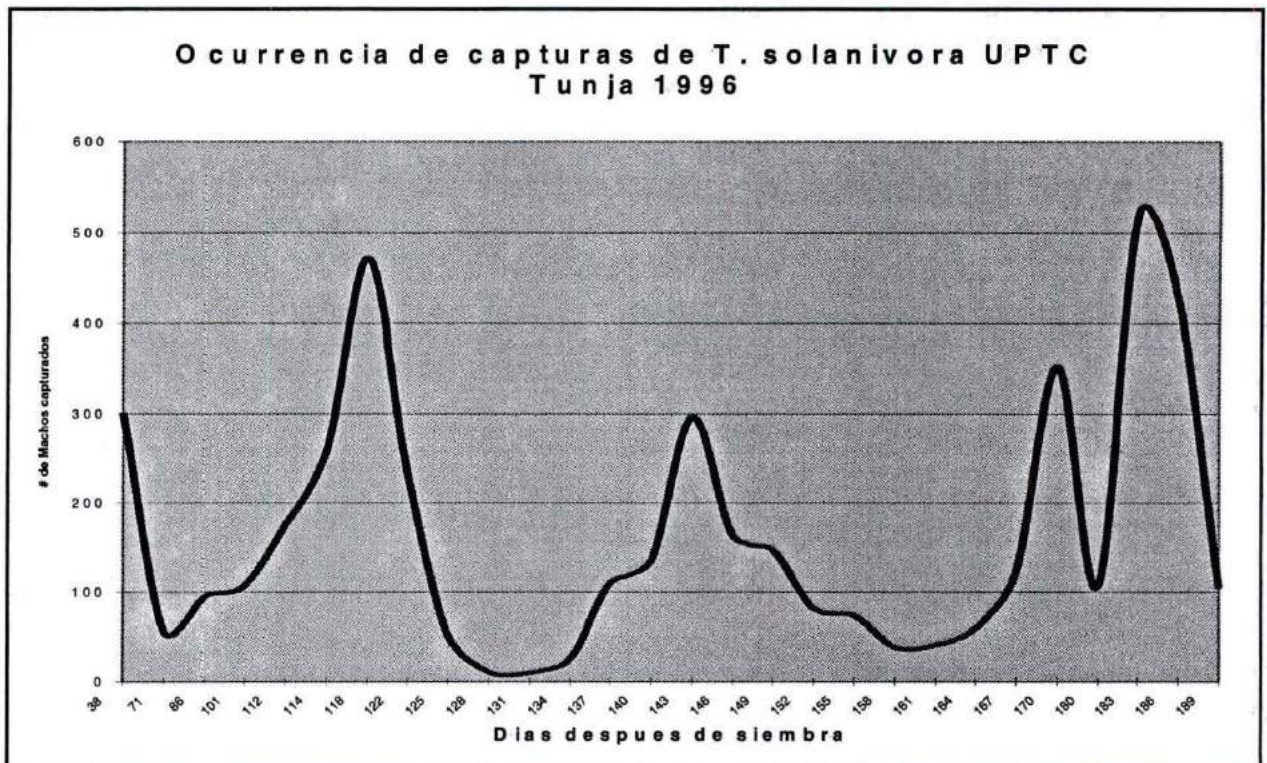


Figura 1. Tomado de Tejada y Soriano 1997

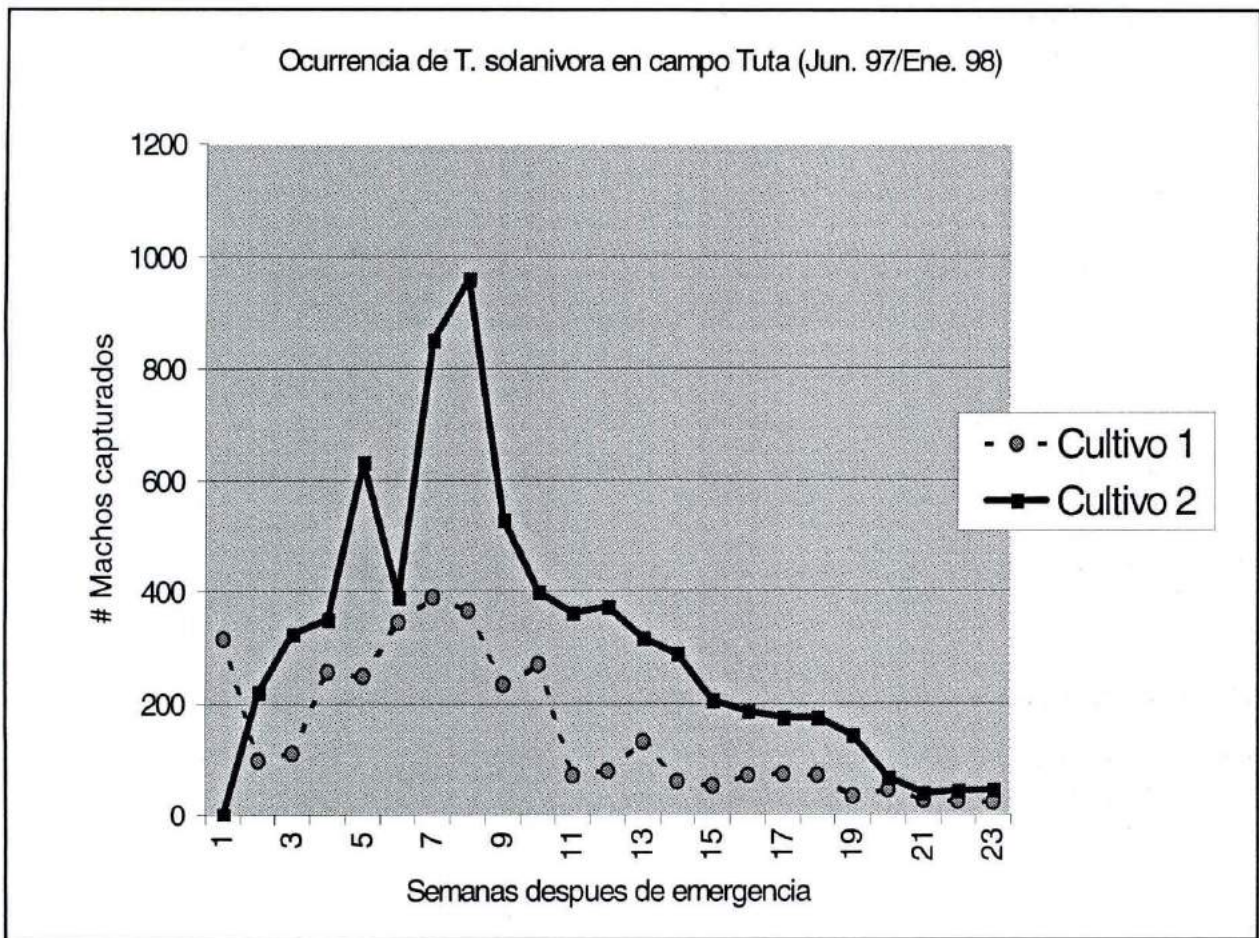


Figura 2. Tomado de Guío F. 1998

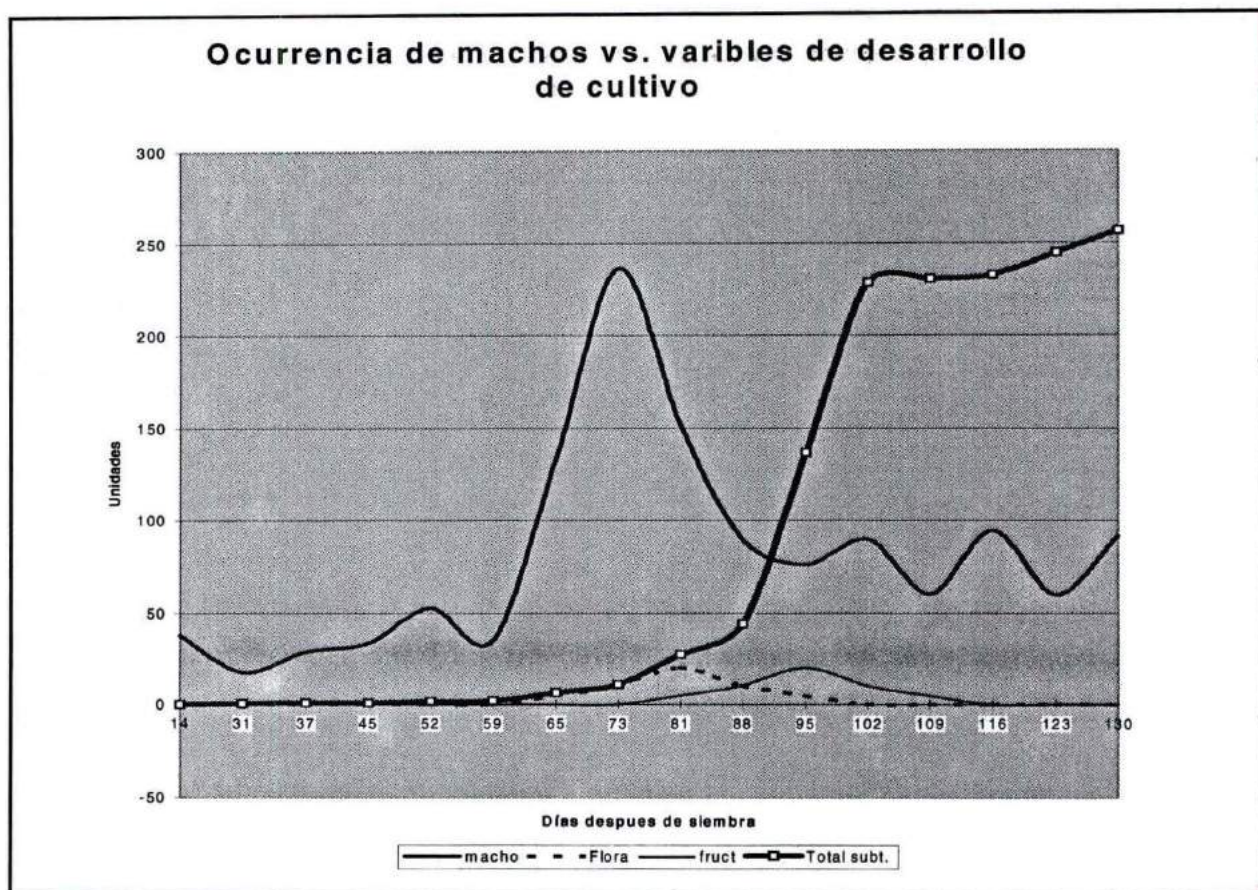
Este fuerte incremento con la caída posterior, registrado en la generalidad de trabajos conocidos, indica una respuesta en comportamiento del macho de *T. solanivora* frente a esta etapa de desarrollo del cultivo.

Se asume que hay una respuesta ya que si entendemos que las trampas con feromonas presentan una atracción constante tanto en el tiempo como en el espacio; ¿porque los incrementos y caídas repentinas de capturas?

Para dar respuesta a tal comportamiento tomamos algunos conceptos básico sobre las relaciones odoríferas de los insectos como son:

Los insectos en mayor medida que cualquier otro grupo de animales, se sirven del sentido del olfato en una amplia gama de pautas de comportamiento como la selección de plantas para alimentación, la elección de lugares apropiados para la oviposición, la localización de presas defensa y agresión, selección de la presa, cortejo, organización social compleja y muchos otros.

Aquellos compuestos químicos que emanan de un organismo y actúan en otro evocando una determinada respuesta, juegan un papel importante como reguladores del comportamiento (Shorey 1976). Los sistemas de comunicación odorífera de un organismo, pueden ser fácilmente captados por cualquier otro organismo que esté equipado con un sistema sensorial



**Figura 3**

apropiado para detectar estos mensajes. Los parásitos y los depredadores pueden beneficiarse si son capaces de responder a tal información.

Un depredador con habilidad para localizar la presa respondiendo a las feromonas de la misma, tendrá una ventaja selectiva sobre otros depredadores sin esta capacidad. Así pues, la selección natural puede favorecer la evolución de esta habilidad en los depredadores.

Los anteriores postulados nos dan argumentos para suponer que en algunos estados de desarrollo del cultivo este emite señales odoríficas que estimulan la mayor presencia de la especie, mas si se tiene presente que *T. solanivora* solo se alimenta de tubérculos de papa en consecuencia debe existir un mecanismo de relación entre las dos especies para que *T. solanivora* identifique su sustrato.

Este tipo de relación esta dada por las Kairomas, Termino propuesto por Bown (Citado por Luque 1996), para definir " aquellas sustancias producidas o adquiridas por un organismo, que al estar en contacto con otro individuo de diferente especie evoca en el organismo receptor una respuesta en comportamiento o fisiología adaptativamente beneficiosa para el receptor pero no para el emisor".

En términos prácticos diríamos que al iniciarse la tuberización y la madures fisiológica del cultivo, se genera una Kairomona que es captada por *T. solanivora* induciendo en esta un estímulo de movilidad hacia el sitio de emisión.

Siendo consistentes con los postulados, esta kairomona está informando al insecto que están las condiciones propicias para garantizar la supervivencia de su progenie, por lo tanto además de inducir un estímulo al desplazamiento puede estar generando en las hembras una respuesta en la actividad reproductiva, lo cual puede reflejarse en la liberación de feromona por parte de estas.

Buscando ser más específicos con el evento, podríamos interpretar que; la kairomona actúa sobre las hembras induciendo en estas la migración hacia el cultivo y la liberación de feromonas, incrementándose así la concentración de feromonas en el cultivo (con relación a la concentración presente de las trampas), aumentándose la atracción sobre los machos lo que resulta en una mayor captura de estos en las trampas. Esta propuesta de comportamiento encuentra un soporte en los siguientes casos citados por Birch (1990)

"Algunos insectos como los coleópteros escolítidos precisan de la presencia de la planta huésped para liberar la feromona. La polilla *Antheraea polyphemus*, cuya larva se alimenta únicamente de hojas de *Quercus* (Roble) solo llamara en presencia de Trans-2-hexenal, liberado por las hojas de estos árboles".

La Figura 2 muestra también, la presencia de una mayor captura (Población) a partir de la presencia de nuevos tubérculos en el campo, es decir que cuando solo se encontraba el tubérculo semilla, las poblaciones son menores.

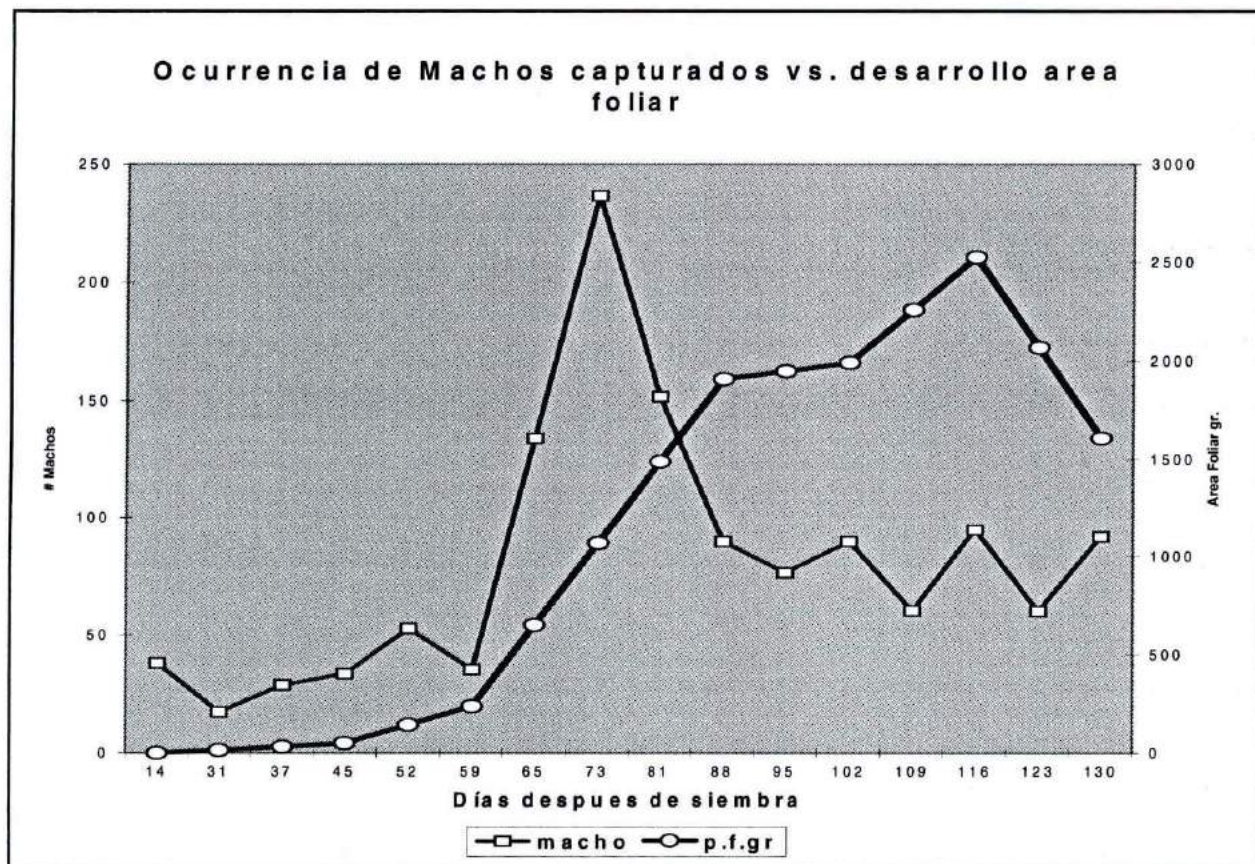


Figura 4.

### Relación ocurrencia de machos capturados versus desarrollo foliar del cultivo

Adicionalmente en este trabajo se llevó registro del desarrollo del área foliar del cultivo, información que se contrasta con la ocurrencia de las capturas, y se visualiza en la Gráfica 4, Este contraste nos permite observar una posible relación entre la caída de las capturas y el incremento del área foliar, es decir que este comportamiento podría indicar una menor eficacia de las trampas debida a una interferencia física del área foliar de las plantas, sobre la dispersión de la feromona sintética, reduciendo su área de influencia.

Esta Figura (4) también muestra una relación interesante entre el incremento de las capturas y el incremento del área foliar, insinuando que este evento puede estar colaborando en la atracción de la población de *T. Solanivora* al cultivo. Sin embargo esta apreciación no se cumple cuando se trabaja con variedades de ciclo largo como la parda pastusa, donde el incremento poblacional coincide mas con el inicio de tuberización que con el incremento del área foliar.

*Concluyendo se tiene que:*

De acuerdo con lo discutido con base en evidencias de campo y bibliográficas, *T. solanivora* presenta en su comportamiento poblacional una relación odorífera con las especies cultivadas de papa.

Una posible explicación al incremento registrado en las capturas de machos, esta en el incremento de feromona presente en el cultivo como resultado de la presencia masiva de hembras en el cultivo liberando feromona en respuesta a la presencia de una kairomona generada por tubérculos en formación y desarrollo.

El crecimiento del área foliar del cultivo a partir de cierta época puede constituirse en un factor de ineficacia en al capacidad de capturas de las trampas.

Esperamos que este análisis aporte ala mejor comprensión del comportamiento poblacional de *T. solanivora* en campo.

### Referencias

- Araque, C. T. 1993. El gusano guatemalteco de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) Lepidoptera Gelechiidae. Revista Papa No. 9 FEDEPAPA. Septiembre
- Birch, M.C. 1990. Feromonas de insectos. Barcelona España
- Guio, F. y Otros. 1998. Evaluación económica del manejo y el efecto de Acefato en *Tecia solanivora* (Povolny) En los municipios de Siachoque y Tuta en Boyacá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Tunja
- Luque, E. 1996. Los medidores químicos entre organismos. Agricultura tropical. Vol 33 No. 1
- Rondón, J. 1997. Informe de la consultoría técnica sobre diagnóstico de la situación ambiental del cultivo de papa en Colombia. Corporación Colombiana De investigación Agropecuaria CORPOICA. Santafe de Bogotá.
- Shorey, H. H. 1976. Animal communication by pheromones, Academic Press, Nueva York,

- Soriano, J. 1996. Evaluación de varios insecticidas en el manejo de la polilla Guatemalteca en papa almacenada para semilla. *Papas Colombianas*. Bogotá
- Sotelo, G. 1995. La polilla guatemalteca de la papa. *Memorias Curso de Polilla Guatemalteca. Curso Internacional sobre el manejo integrado de Plagas*. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, San Juan de Pasto.
- Torres, F. 1998. *Biología y Manejo Integrado de la Polilla Centroamericana de la Papa Tecia solanivora (Povolny) en Venezuela*.
- Tejada, C. y Soriano J. 1997. Evaluación de insecticidas en el manejo de *Tecia solanivora* (Povolny). Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tunja





# TALLERES DE COLECCIONES





*A continuación se presentan los documentos que se discutieron durante el Taller de Colecciones con miras a estructurar propuestas en la evaluación de colecciones y la normatividad para su constitución. Por esto, estas versiones tienen un carácter provisional*

**Comisión Académica**



## LA GESTIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE MUSEOS DE HISTORIA NATURAL

**Fernando Fernández C. M. Sc.**

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"  
A. A. 8693, Santafé de Bogotá D.C., Colombia.  
e-mail: [iavh@mailhost.impsat.net.co](mailto:iavh@mailhost.impsat.net.co)

### Introducción

Los museos de Historia Natural y las colecciones biológicas han tenido papeles cruciales para el desarrollo de la biología de la diversidad, y tendrán protagonismo para el reto actual de la estimación y preservación de la riqueza biológica. Especímenes de animales y plantas repartidos a lo largo de los museos del mundo constituyen puntas de lanza para las necesariamente cambiantes ideas y aplicaciones sobre la composición y nominación de la diversidad biológica. En algunos casos, los museos preservan ejemplares de especies o poblaciones ya extintas o al borde de la desaparición. Estos ejemplares son vitales para reconstrucción de genealogías, y además aportan datos genéticos gracias a las modernas técnicas en biología molecular. Las colecciones biológicas ofrecen información valiosa sobre cambios en la composición de especies de un lugar o variaciones en la distribución geográfica de una especie determinada.

A la gran crisis sobre la extinción de recursos biológicos y nuestra ignorancia sobre la biodiversidad ha de agregársele la crisis de los museos. Disminuyen los presupuestos para mantenimiento de las colecciones; los expertos curadores que se retiran de las instituciones no son reemplazados; las bibliotecas van cancelando progresivamente suscripciones y carecen de tecnologías de informática para el manejo de información. El Convenio de Diversidad Biológica, firmado en Río de Janeiro y ratificado por 169 naciones, ha identificado la taxonomía como fundamento para la implementación de sus estrategias, y a alertado sobre la crisis taxonómica, ante la carencia de taxónomos y las dificultades que atraviesan las colecciones biológicas a nivel global.

Algunas propuestas de acción pueden contribuir a disminuir estos problemas. Por ejemplo, los museos pueden especializarse en algunos grupos taxonómicos, optimizando especialistas y recursos para curatoría adecuada. Una red de información puede permitir canalizar recursos humanos y logísticos para fortalecer programas de inventario y evaluación de recursos en cada país, y entre países con biotas y problemas similares. Las modernas tecnologías electrónicas y de comunicación pueden agilizar el flujo de información y la toma de decisiones.

Sin embargo, estos procesos ágiles y dinámicos pueden chocar con un importante cuello de botella, como lo es el de la administración logística y científica de los museos. Muchas decisiones y estrategias dependen altamente de los resultados de inventarios que se obtienen a través de los procesos ordinarios de curatoría e identificación en los museos y colecciones locales. La escasez de especialistas y recursos pueden retardar considerablemente resultados esperados para tomas de decisiones no solo taxonómicas sino prácticas. Una gestión adecuada de los museos podría disminuir este cuello de botella y liberar más tiempo para otros tipos de actividades. Sin embargo, normalmente no han existido parámetros cualitativos ni metodología comparables para evaluar la gestión de los museos o colecciones de historia natural. Una evaluación sencilla de aplicar podría ser la herramienta deseable para poder estimar el progreso, estancamiento o deterioro en los museos. Biólogos, administradores y entidades donantes podrían optimizar recursos humanos y logísticos para sacarle el mejor provecho a los recursos y presupuestos existentes, en acuerdo con las circunstancias y necesidades locales.

Aquí se expone una propuesta para evaluación de colecciones originada en el Museo Nacional de Historia Natural de Washington, se dan algunos ejemplos con colecciones locales, se hacen algunas sugerencias para su extensión a varios grupos taxonómicos, y se exploran algunas perspectivas para el fortalecimiento de las gestiones de los museos en Colombia.

### **La propuesta del Museo de Historia Natural en Washington**

Dentro del Museo Nacional de Historia Natural en Washington se inició un enfoque nuevo en el diagnóstico del mantenimiento de las colecciones, conducido a crear estrategias que optimen recursos y personal para mejorar el cuidado y uso de la información de los museos. En 1992 se realizó un congreso sobre preservación y conservación de colecciones de Historia Natural en Madrid. Al siguiente año R. MacGinley resumió el enfoque del USNM con algunos resultados comparativos entre algunos museos. Presentamos un resumen de la propuesta de MacGinley (1993).

### **Hacia una planeación para el mejoramiento en cuidado, uso y crecimiento de las colecciones**

La crisis de las colecciones de la biodiversidad puede resumirse en tres premisas: Disminuyen los presupuestos de las colecciones (curatoría, apoyo logístico, bibliografía); aumentan las demandas de información contenida en los museos; aumenta el número de muestras y ejemplares en las colecciones. Esto significa que ha de ponerse mucho cuidado en el manejo de las colecciones, pues sobre estas recaen muchas expectativas para ayudar a resolver diferentes problemas.

El manejo de colecciones ha de tener puntos claves para estos retos, como: 1) Clarificación de metas, objetivos y prioridades; 2) Planeación estratégica asociada 3) Desarrollo de sistemas de monitoreo necesarios; y 4) liderazgo.

En muchas colecciones, los grupos bien curados son aquellos en los cuales hay especialistas de planta; ocasionalmente hay otros grupos bien mantenidos e identificados gracias a curadores asociados, especialistas invitados, estudiantes tesisistas. En algunas colecciones hay pocas relaciones entre los curadores y demás personal. Usualmente el estado de una colección se evalúa utilizando estadísticas simples, como número de gavetas, montajes y así.

### **El sistema de niveles de curación para evaluación de colecciones**

El USNM/Smithsonian ha desarrollado un nuevo enfoque para medir cualitativamente las colecciones y compararlas en el tiempo, así como para comparara colecciones de museos diferentes. Se ha diseñado un sistema de códigos numéricos que identifica el estado de curación de las unidades de almacenamiento usadas en colecciones de insectos (*Smithsonian Curation Standards and Profiling System*). Estas unidades de almacenamiento son los gabinetes, viales con alcohol y placas.

Los resultados se han categorizado en diez niveles (definidos por la Política de Manejo de Colecciones, Departamento de Entomología, USNM, Mayo 18 de 1992), divididos así:

- Nivel 1: Materiales de Conservación
- Niveles 2-4: Accesibilidad a Especímenes
- Niveles 5-6: Organización Física
- Niveles 7-9: Rescate de Información
- Nivel 10: Material Científico Depositado

Cada uno de estos niveles comprende, específicamente:

Nivel 1. Material deteriorado, esparcido, sin ninguna atención. Cada gaveta o frasco con material en este estado debe marcarse "Nivel 1" (¡Alarma!)

Nivel 2. Especímenes no identificados e inaccesibles. Estos pueden estar bien montados, pero no separados; es decir, varios taxones en una misma gaveta o frasco.

Nivel 3. Especímenes no identificados pero accesibles. Ejemplares bien montados, etiquetados y separados; es decir, listos para ser vistos por el especialista.

Nivel 4. Especímenes identificados pero no integrados a la colección. Por ejemplo, gavetas con material identificado, pero mezclado.

Nivel 5. Especímenes identificados pero con curación incompleta. Nombres que deben revisarse (p.e. sinonimias, traslados de géneros, arreglo de localidades). Este sería el nivel de "ajustes".

Nivel 6. Especímenes identificados y curados apropiadamente. Desde este nivel la información puede transferirse a medios electrónicos (digitalización), catálogos (Nivel 7), etc. En este nivel el Smithsonian está alimentando el CIF (*Collection Inventory File*).

Nivel 7. Rescate de información (Captura de datos). Inventario a nivel de especies, basado en listados por gavetas y frascos.

Nivel 8. Rescate de información de etiquetas de especímenes: Información geográfica, etológica, ecológica, coleccionistas, fechas, etc.

Nivel 9. Rescate de información para investigaciones. Toma de datos como mediciones, descripciones, fotos, dibujos para monografías y revisiones, estudios ecológicos y demás.

Nivel 10. Material científico depositado. Especímenes que han hecho parte de monografías, revisiones y estudios biogeográficos. Incluye holotipos, paratipos y otras asignaciones. (Desde el Nivel 7)

Existen algunos aspectos no contemplados en estos niveles pero que probablemente requieran atención en nuestras colecciones. Uno está en la disposición adecuada de material duplicado para envío a especialistas y para intercambios. En algunos casos existen grandes cantidades de ejemplares por cada especie, y solo se prepararían muestras pequeñas en montaje, indicando la existencia (y si es posible la magnitud) de duplicados almacenados aparte. Algunas veces material enviado a especialistas puede estar fuera del Museo por no menos de un año, a veces varios años (¡y a veces nunca regresan!). Para el nivel 8, rescate de información, debe tenerse en cuenta que la información geográfica generalmente es muy pobre, y ha de gastarse mucho tiempo consultando diccionarios geográficos, *gazetteers* y otras fuentes. Algunas veces la información es tan ambigua que prácticamente carece de valor. Finalmente, los museos asociados a universidades han de tener colecciones paralelas de carácter docente, que requieran algún tipo de cuidado. Algunas colecciones de esta naturaleza suelen tener ejemplares muy valiosos en peligro de deterioro.

### **Asignación de niveles a las gavetas**

Idealmente, el curador o los curadores podrían marcar visiblemente cada gaveta o frasco con estos niveles. Si una gaveta tiene diferentes niveles, debe marcarse con el nivel menor.



Cada institución debe plantearse estas dos preguntas: ¿consume mucho tiempo reunir toda esta información? ¿es factible mantener actualizada esta información? Como un ejemplo, en agosto de 1988 los 5152 armarios de colección en seco de himenópteros del USNM fueron revisados por 10 entomólogos y sus técnicos en tres horas. Mantener esta información actualizada en intervalos de tiempo ocuparía menos gente y menos tiempo.

### Perfil de la Colección

La información estandarizada permite crear un perfil de las colecciones, comparar diferentes colecciones, comparar el estado de varios taxones y realizar el seguimiento de colecciones a lo largo de periodos de tiempo.

Para este fin se ha propuesto el Índice de salud de las Colecciones (CHI, *Collections Health Index*). Se basa en la suma de las unidades con los niveles 3, 6-10, dividida sobre el número total de unidades de almacenamiento. Una colección óptima ha de tener por lo menos un 80% de sus unidades de almacenamiento en el nivel 7, con bajos porcentajes en los niveles 2 y 3. El CHI es útil para comparar el progreso en curatoría en años.

### Prioridades para Manejo de Colecciones

En general una colección existe para servir cuatro propósitos: investigación científica, servicios específicos, educación, y exhibición. En el caso de las colecciones entomológicas, el enorme aumento de material gracias a el uso extensivo de nuevos métodos (Malaise, trampas amarillas, Berlesse, Niebla de Insecticida) ha creado nuevos problemas para el mantenimiento y aprovechamiento de tanta información potencial. Los límites presupuestales y de personal obligan a desarrollar prioridades en el manejo de las colecciones. Se sugieren cuatro:

Prioridad 1. Conservación (Nivel 1). Protección y preservación del material, traspaso de la información de las etiquetas a medios electrónicos (Base de datos, Nivel 8).

Prioridad 2. Accesibilidad (Nivel 2). Material accesible a especialistas, para pasar los especímenes a los niveles 3 y 4 (separación e identificación).

Prioridad 3. (Nivel 6). Organización física. Especímenes claramente identificados y rotulados, dispuestos lógicamente en las colecciones (alfabéticamente, filogenéticamente), y con facilidad de acceso.

La ordenación alfabética es útil para los no especialistas, pero algunas veces incómoda para los especialistas, que buscan tener siempre a mano los grupos genealógicamente cercanos para efectos de revisiones y estudios cladísticos. Ha de tenerse en cuenta espacios para nuevos taxa potenciales. El arreglo por criterios filogenéticos es el ideal (por que se supone que estamos separando unidades monofiléticas), pero tiene el inconveniente de que está sujeto a cambios por nuevos análisis, nuevos datos o nuevas interpretaciones. Probablemente para grupos estudiados aceptablemente pueda arreglarse el material filogenéticamente, y grupos sin estos estudios puedan ordenarse alfabéticamente.

Prioridad 4. Inventario de especies (Nivel 7). Listado de especies como herramienta útil en manejo de colecciones para inventarios, etc. Idealmente a través de monografías basadas en estas colecciones.

En general existe el consenso de que los primeros niveles corresponden a curatoría, y el trabajo en los niveles 8 a 10 corresponde a investigación pura. El rescate de información de

especímenes (Nivel 8) debería estar asociado a proyectos de investigación específicos. Aunque el trabajo de curación y sistematización sea largo y costoso, está lejos de ser definitivo. Un colega advierte que “la automatización, es solo una herramienta, y no una panacea para los sistemáticos; usada impropriamente puede malgastar recursos valiosos y limitados. La pregunta para las colecciones entomológicas es cual es el nivel apropiado de rescate de información para un manejo adecuado de las colecciones”.

Los índices de salud y otras medidas indirectamente están evaluando la actividad de los curadores o investigadores. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que éstos pueden tener otras labores (docencia, sabáticos, largas salidas de campo) o recursos limitados.

### **Planeación para optimización de Colecciones**

*El programa de mejoramiento de colecciones prestadas.* Mucho material de colecciones puede estar en préstamos a largo plazo, préstamos generalmente no coordinados o concebidos en estrategias adecuadas. Generalmente se devuelven en las mismas condiciones en que salieron (por ejemplo identificadas pero sin restauración de etiquetas).

Para estos casos el USNM ha iniciado el Programa de Mejoramiento de Colecciones Prestadas (*Off-site Collection Enhancement Program*). Esto implica préstamos renovables de grandes colecciones a 5 años (incluyendo tipos). Estos préstamos estarían supeditados a un detallado Memorando de Entendimiento de beneficio mutuo para ambas partes.

El convenio estará firmado por los directores de cada institución y debe tener en cuenta: 1) el material prestado debe beneficiar claramente los programas de investigación de la institución que los presta; 2) el préstamo debe mejorar el mantenimiento, curación y calidad de la colección; 3) el préstamo debería apoyar los intereses de la comunidad científica inmediata y 4) el préstamo no debe implicar el daño del material.

### **Planeación para el Crecimiento de las Colecciones**

Calidad de la colección. Una colección puede tener altos valores de curación (p.e. alto Índice de Salud), pero puede ser pobre sistemáticamente. Por ejemplo, puede tener la mayoría de sus especímenes bien curados e identificados, pero la suma de los mismos representando solo pocos géneros y especies. Por otro lado, otra colección puede tener bajos índices de salud, pero la representatividad taxonómica de sus especímenes podría ser más rica para efectos de monografías y listados. Tener información sobre la riqueza de estas colecciones podría evitar una tendencia poco útil a “curar por curar”.

Impacto de colecciones de campo. En muchos casos los entomólogos coleccionan grandes cantidades de ejemplares sin tener en cuenta que esto puede trastornar o comprometer los recursos del museo o institución. Sería deseable que estas colecciones correspondieran a proyectos planificados, que tengan en cuenta el impacto económico y logístico de la entrada de nuevo material.

### **Estrategias para trabajo cooperativo entre Museos**

Un rasgo importante para el avance de la sistemática ha sido la disponibilidad del material para los especialistas que lo requieran. Cuando se revisa un taxon (familia, género o cualquier otra jerarquía) es necesario disponer de los tipos y paratipos, como material esencial para realizar

una propuesta estable de clasificación (la mayoría de descripciones de géneros y especies de los siglos pasados, y de comienzos de este siglo, son muy ambiguas y de escaso valor sistemático). Junto con el material tipo, se deben consultar las colecciones existentes, de las cuales eventualmente pueden surgir nuevos tipos. Normalmente los museos poseen políticas de préstamo hacia personas de reputación internacional o que estén institucionalmente respaldadas. La visita a museos sería lo ideal, pues se disminuirían los riesgos de pérdida o daño por correo, pero los altos costos lo hacen prohibitivo para muchos museos.

Existen dos problemas para el sistema de préstamos. El primero, hay varios museos que normalmente no prestan material, o lo hacen por tiempos breves. El segundo, existen obstáculos de tipo jurídico que en algunos países impiden legalmente exportar material, aunque sea para fines solamente académicos. Este es un problema muy importante porque una parte substancial de material importante (como el que alojan museos con colecciones de taxones tropicales) está quedando excluida de las revisiones mundiales que están adelantando los especialistas. Si la declinación de taxónomos es una tragedia, la posibilidad creciente de que éstos no tengan acceso a material crítico es una tragedia de las mismas proporciones. Es claro que se necesitan políticas y estrategias claras que favorezcan el libre acceso al material de cada museo sin que las instituciones o países pierdan su autonomía o soberanía.

Una posible solución está en la adopción de Acuerdos de Transferencia de Material (ATM), estrategias mancomunadas que pueden delinear, mediante puntos claros, el traspaso (mediante préstamos, intercambios, donaciones) de material hacia personas o instituciones que estén desarrollando estudios en taxonomía, biogeografía o áreas relacionadas. Este documento debe tener aspectos mínimos de información que permitan acuerdos entre ambas partes (remitente y destinatario):

Naturaleza del Material: Taxon, cantidad, tipo de conservación, naturaleza del mismo (p.e. castas, sexos, estadios inmaduros, partes), calidad (tipos, ejemplares únicos, duplicados).

Tipo de envío: Préstamo (incluyendo tiempo, que debería ser mínimo por un año, renovable), donación, intercambio.

Forma de envío: Naturaleza de empaque y embalaje, tipo de correo (como mínimo correo aéreo certificado).

Uso del material: Generalmente las revisiones implican uso externo (morfología) y, en el caso de artrópodos, examen de genitalia. El préstamo puede permitir esta clase de análisis de material. Las técnicas moleculares modernas implican extracciones de partes de plantas o animales para secuenciación de ADN, lo cual obliga a arreglos especiales, pues varios países poseen políticas específicas de soberanía sobre el recurso genético. Aunque se entiende la necesidad de cada museo o país en proteger sus recursos genéticos, este celo no debe traducirse en barreras insalvables que impidan el desarrollo de investigaciones en sistemática molecular. Probablemente un documento estándar, donde el investigador se comprometa a no darle uso diferente al de investigación, podría agilizar préstamos de material para estudios de segmentos de genes.

Reconocimientos. La institución que realice y/o facilite el préstamo se verá beneficiada por la recepción del material devuelto e identificado, lo cual posee un gran valor. Igualmente, las publicaciones e informes del investigador deben reconocer claramente las personas e instituciones que han contribuido con préstamo de material biológico.

## Casos en Colombia

En este apartado se estudian algunas colecciones del país a partir de un grupo definido de insectos, como un ejemplo del nivel de calidad y los problemas de gestión que involucran. Lejos de constituir el "desnudamiento" de los problemas de los museos locales, estos ejemplos sólo buscan identificar algunos de los problemas crónicos en nuestras colecciones y realizar algunas propuestas para el mejoramiento de la gestión de estas colecciones. Se explora también la posibilidad de aplicar el Índice De Salud a otros grupos de animales y a las plantas. En otras palabras, se busca proponer y aplicar *indicadores de calidad de museos*.

*Ejemplo 1: El caso de Hymenoptera.* Las abejas, avispas y hormigas constituyen el orden Hymenoptera, uno de los más grandes e importantes en el mundo. Se han descrito unas 150000 especies, pero se calculan unas 300000 especies, la mayoría microhimenópteros parasitoideos. De acuerdo a MacGinley, en una colección idealmente debe haber un balance de material, con un máximo de 30% en el nivel 3, un máximo de 60% en el nivel 7, y hasta un 40% en el nivel 8, y porcentajes moderados en los niveles superiores. En la realidad, muy pocas colecciones se acercan a ese ideal.

En Colombia existen colecciones que poseen diferentes grupos en diferentes niveles de colección, lo cual imposibilita un diagnóstico fiable de su nivel de curación. Una aproximación a la evaluación de colecciones puede hacerse comparando grupos taxonómicos definidos, y comparando la evolución de estos grupos a lo largo del tiempo. La figura 1 muestra el perfil ideal de una colección, con los porcentajes aproximados deseables para cada nivel. En ese hipotético caso se posee una cantidad apreciable de material nuevo (de colecciones de campo, donaciones, etc.) que significa que el museo posee renovación continua de especímenes. Si el nivel 3 tuviera 0% de gavetas, significa que el Museo ha entrado en estancamiento.

La figura 2 muestra el caso real de una colección visitada (cuyo nombre se omite) y que tiene una representación aceptable de material, además de una larga historia. Obsérvese que casi un 40% de su material está por debajo del nivel 5, lo que implica una curación incompleta. Un 25% del material no está identificado, y un 15% está identificado pero mezclado. En esta colección una buena cantidad de ejemplares (60%) está identificada y ubicada correctamente (nivel 5) pero presenta algunos problemas de curación. Por ejemplo, no posee etiquetas adecuadas (localidades imprecisas), no se ha revisado la validez de los nombres científicos (algunos son ahora sinónimos), o se han ubicado en categorías superiores contemporáneas (algunas se ubican en familias que ya no se aceptan). Tan solo un 1% del material llega al nivel 7, esto es, posee identificación, curación adecuada, y de una u otra forma ha pasado a bases de datos o está asociado a publicaciones.

En términos de las actuales exigencias en el mundo, esta colección posee un 99% de ejemplares por debajo de una curación óptima, por lo cual enfrenta problemas importantes. Por ejemplo, casi todo su material está inaccesible a la comunidad científica internacional (y nacional), y por lo tanto no está contribuyendo a solucionar problemas en estimación de biodiversidad, revisiones taxonómicas, o no puede ser soporte en planeación de estrategias de conservación y manejo de recursos. En otras palabras, este museo estaría por fuera de los lineamientos encaminados a las políticas de sistemática para el nuevo siglo. Por razones obvias no se pueden detallar problemas particulares de personal y presupuesto, pero personas que tomen decisiones sobre este museo pueden tener herramientas prácticas para su manejo óptimo de acuerdo a los recursos presupuestales de la institución.

*Ejemplo 2. Comparación entre Instituciones.* Las figuras 2 y 3 muestran los resultados obtenidos en las visitas a los Museos B y C, también en lo referente a Hymenoptera. El museo B tiene también una fracción importante de material por debajo del nivel 5, presentando los

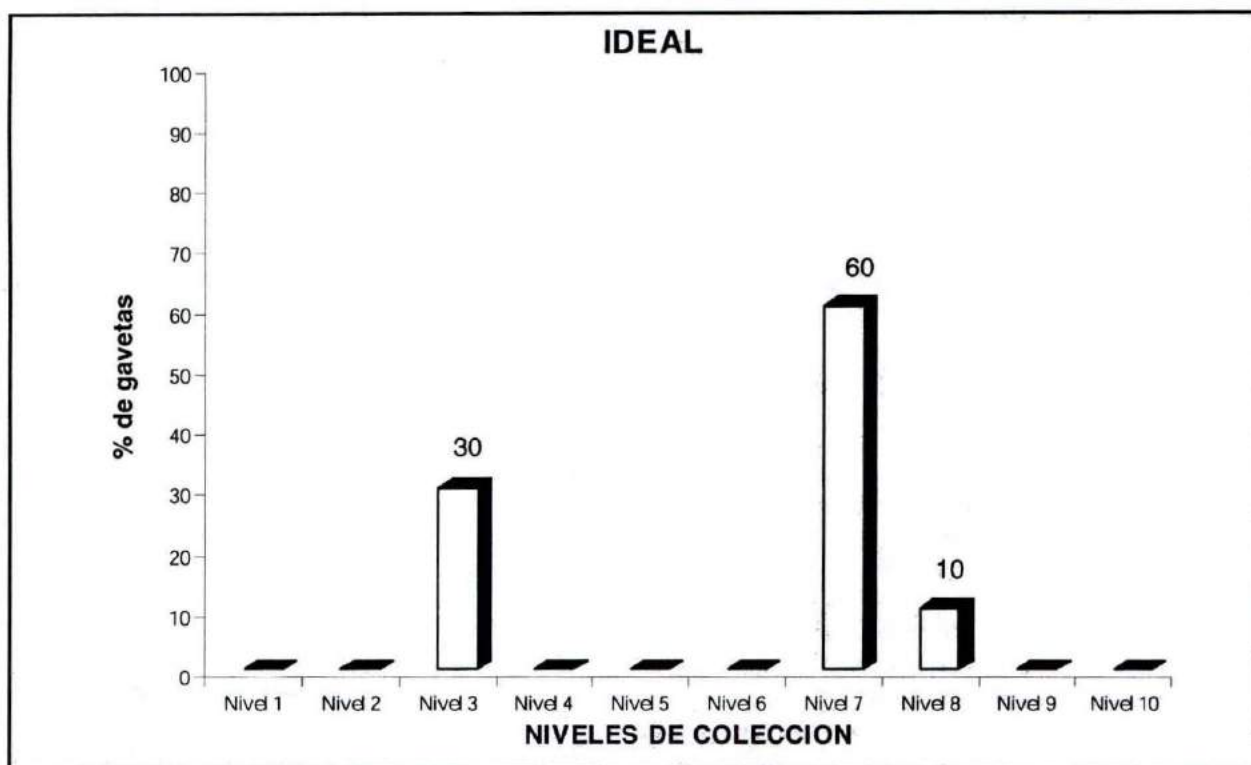


Figura 1 Perfil ideal de niveles de curatoría en una colección entomológica.

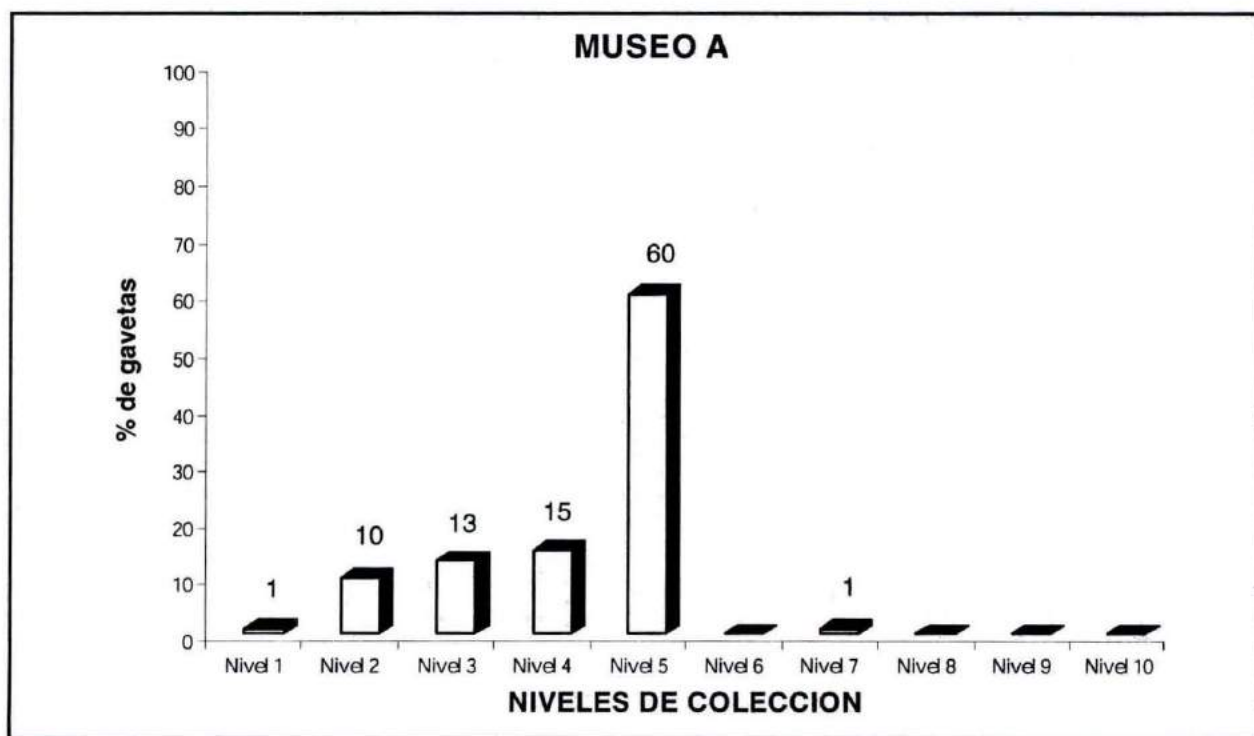


Figura 2 Perfil de la colección de himenópteros del Museo A.

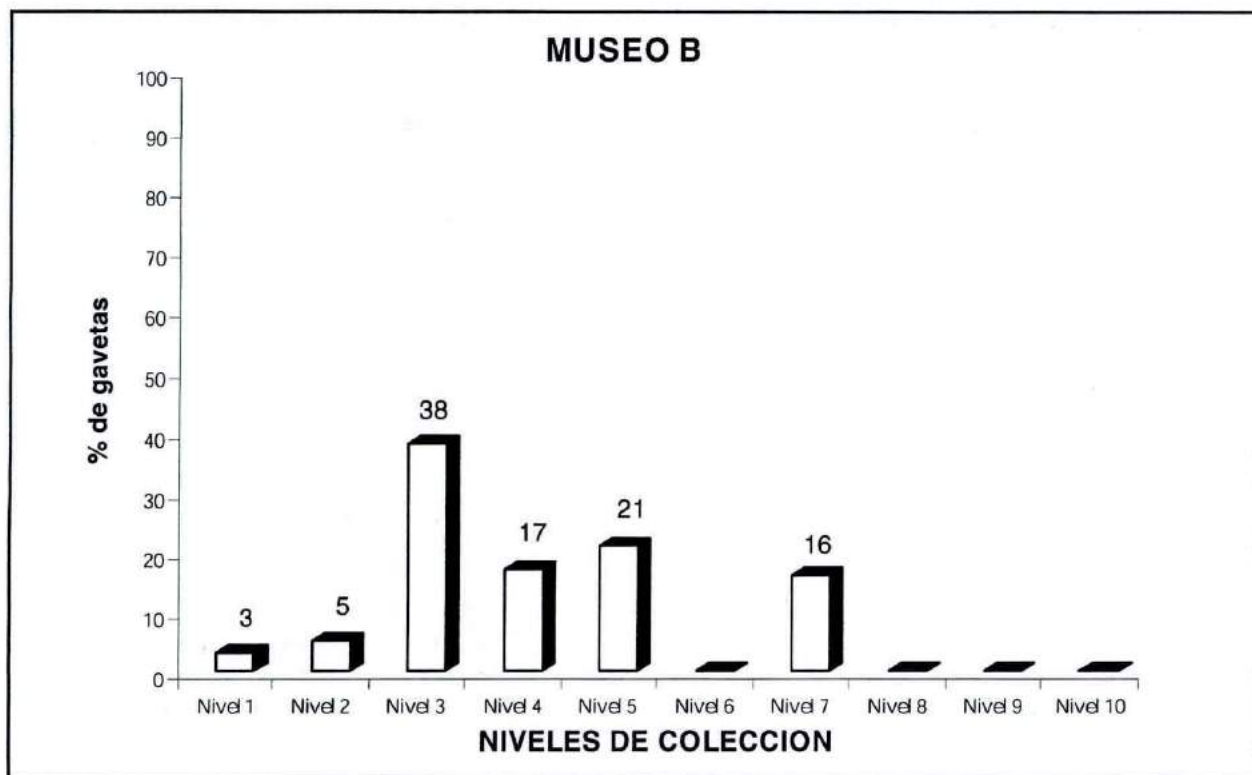


Figura 3 Perfil de la colección de himenópteros del Museo B.

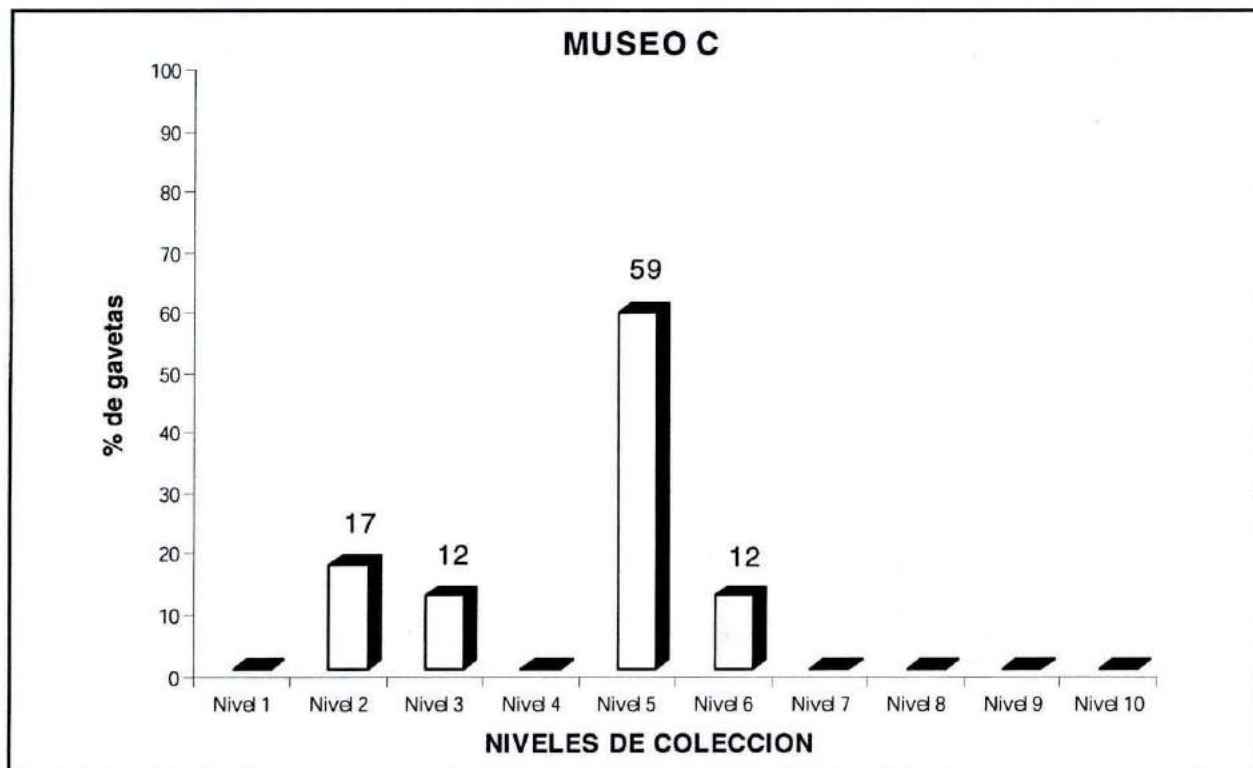
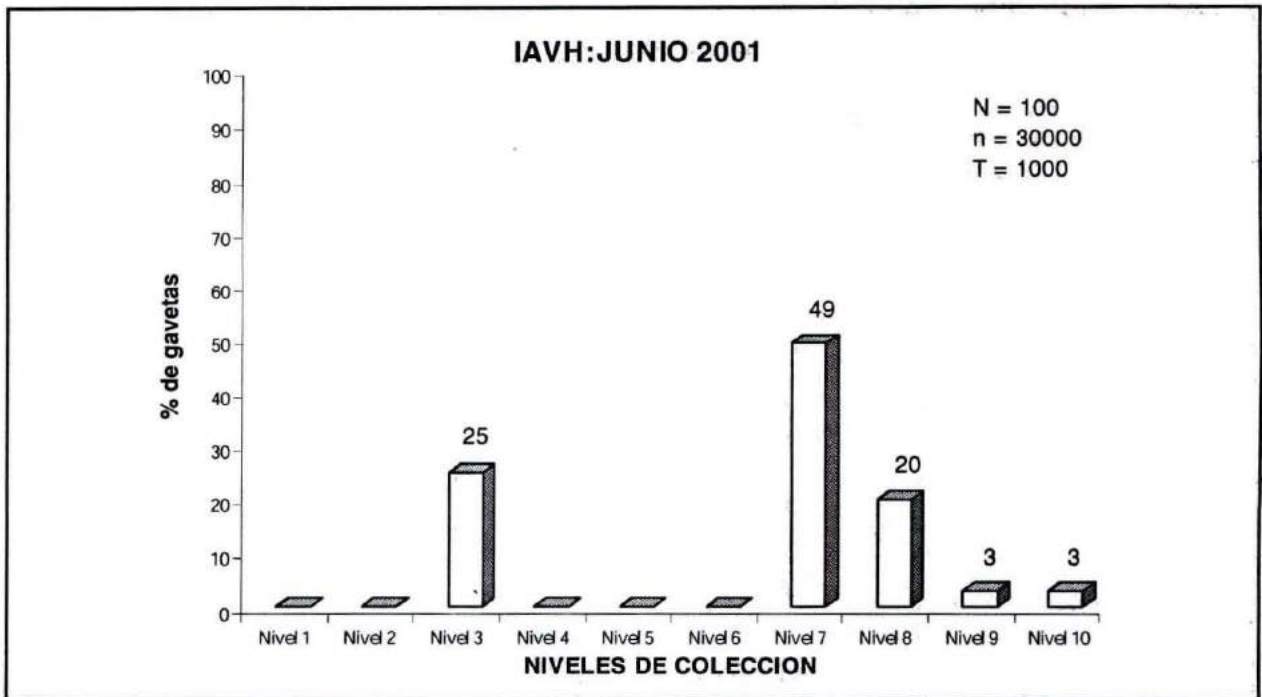
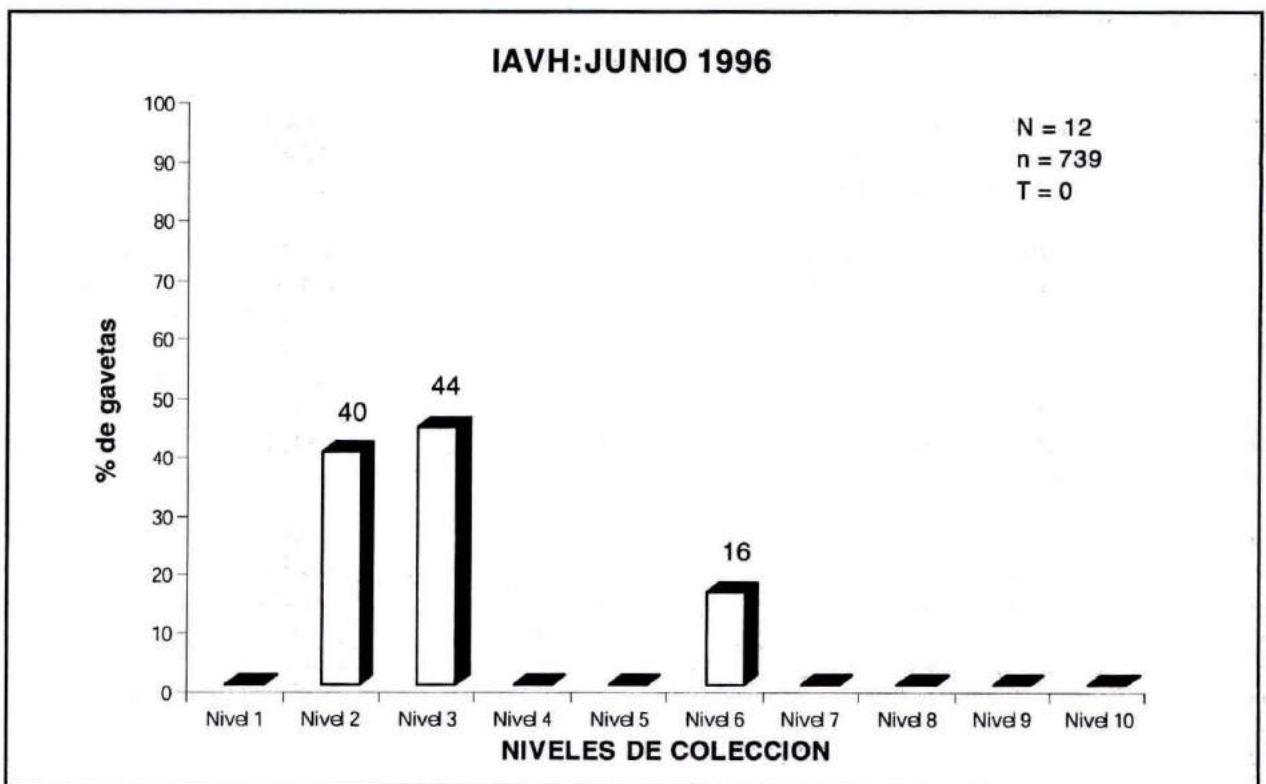


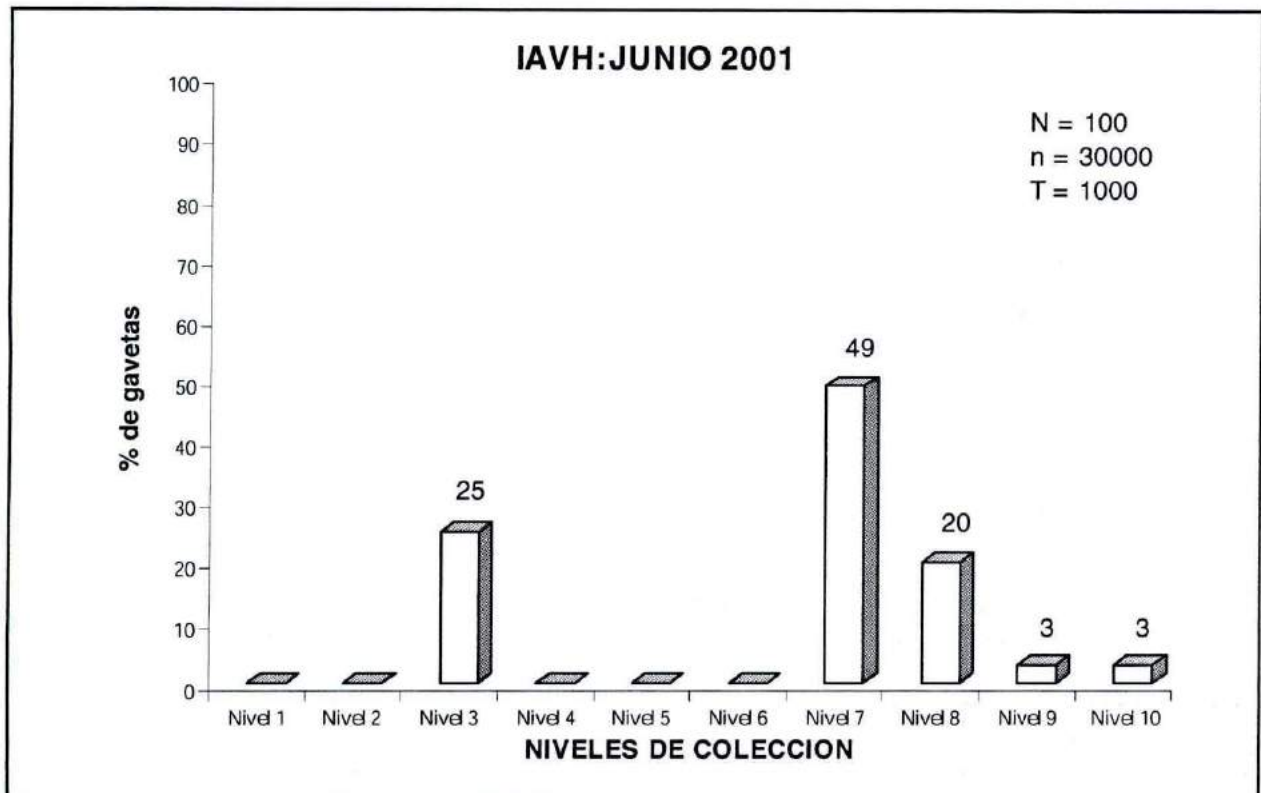
Figura 4 Perfil de la colección de himenópteros del Museo C.



**Figura 5** Perfil de la colección de himenópteros del Instituto Humboldt en junio de 1996. N = Número de gavetas; n = número de ejemplares; T = número de tipos depositados.



**Figura 6** Perfil de la colección de himenópteros del Instituto Humboldt en enero de 1998. N = Número de gavetas; n = número de ejemplares; T = número de tipos depositados.



**Figura 7** Proyección de la colección de himenópteros del Instituto Humboldt para junio del 2001. N = Número de gavetas; n = número de ejemplares; T = número de tipos depositados.

problemas del Museo A. Aunque es significativo que un número mayor (que representan el 16%) llega al séptimo nivel. La colección C presenta una fracción muy similar a A en el nivel 5, pero no posee especímenes que sobrepasen del 1% en el nivel 7.

*Ejemplo 3. Comparación de una colección a lo largo del tiempo.* En la colección del Instituto Humboldt (IAVH) uno de los grupos de trabajo son los himenópteros. Esta colección se inició a comienzos de 1996, prácticamente sin ejemplares y sin gavetas, y para mediados de ese año (Fig. 5), contaba con 12 gavetas (N=12), 739 ejemplares (n=739) y ningún tipo (holotipos, paratipos, etc., T=0). Un año y medio después, la colección se fortaleció con 48 gavetas, 7351 ejemplares y alrededor de 40 holotipos y paratipos (Fig. 6). La situación presente muestra que una cantidad significativa (54%) del material está en niveles bajos, es decir, material mezclado, o separado pero sin identificación.

Aunque este material está bien montado y etiquetado (las etiquetas son en laser y contienen información aceptable, en muchos casos con ubicación geográfica de EPS), se necesita un trabajo intenso en identificación y arreglo en categorías taxonómicas correspondientes (tribus, subfamilias, familias). Un 32% está bien curado e identificado, pero no se ha pasado a listados o bases de datos (Nivel 6); un 14% está bien montado, identificado, y asociado a listados y/o bases de datos. No hay material significativo (que pase del 1%) en niveles superiores al 8%. La figura 6 muestra que el principal problema en la colección de himenópteros del IAVH está en identificación y traspaso de información a medios electrónicos.

Una comparación entre las figuras 5 y 6, y las condiciones logísticas y humanas en la colección, pueden permitir una proyección razonable hacia el futuro. Para mediados del



2001 (Fig. 7), se espera llegar a las 100 gavetas, con unos 30000 ejemplares y no menos de 1000 tipos. También se aspira a que por lo menos un 75% del material esté en el nivel 7 o por encima de ese nivel. Esto requiere un trabajo continuo desde separación, montaje, identificación y catalogación, hasta uso cada vez mayor de este material (e información asociada) a monografías, listados de especies, estudios biogeográficos, y estudios aplicados. En otras palabras, se aspira a que la mayoría de el material se desplace hacia la derecha en las gráficas, quedando porcentajes bajos pero continuos en el nivel 3 (activa entrada de material).

### **Perspectivas**

Esta comparación, basada en un grupo definido de insectos, permite ver que los museos en Colombia poseen problemas serios de calidad de curatoría de su material. Observaciones preliminares con otros grupos de insectos muestran tendencias parecidas, y los resultados pueden ser más dramáticos si se incluyeran otros grupos de artrópodos virtualmente desconocidos.

Naturalmente, existen colecciones con niveles de curatoría altos cuando se disminuye el nivel taxonómico, pues varias familias de insectos gozan de altos niveles de identificación, curación y asociación de la información a catálogos y publicaciones. También estas colecciones son ricas en material tipo, que es otra forma de ver la calidad de una colección.

Esta clase de análisis, incluyendo estadísticas completas e información detallada de la infraestructura de cada colección, personal adscrito, recursos económicos, tecnología disponible, historia de la colección, etc., puede permitir hacer perfiles con fundamentos reales (y no estimaciones subjetivas) que contribuyan no solo a enfrentar problemas específicos, si no a diseñar y fortalecer políticas a nivel nacional que favorezcan un ambiente positivo de crecimiento y contribución significativa de los museos en Colombia.

Aunque el documento de MacGinley está inspirado en los problemas de gestión de museos en artrópodos, surge la pregunta si se puede aplicar a otros organismos, como los hongos, las plantas y muchos grupos de animales, por no hablar de microorganismos. Aunque cada uno de estos grandes grupos tienen problemas obvios de curación y gestión, creemos que esta propuesta puede modificarse y adaptarse para servir como herramienta adecuada para convertir los museos y las colecciones en los mejores aliados de científicos, conservacionistas y administradores.

### **Referencia**

Mcginley R.J. 1993. Where's the Management in Collections Management?. Págs. 309-338 en: Congress Book, Vol. 3, *Current Issues, Initiatives, and Future Directions for the Preservation and Conservation of Natural History Collections*, Madrid.

## PROPUESTA DE NORMATIVIDAD PARA EL REGISTRO Y ACREDITACIÓN DE COLECCIONES ZOOLOGICAS EN COLOMBIA, Y DE LOS SERVICIOS DE CANJE, PRÉSTAMO Y/O DONACIÓN DE MATERIAL CIENTÍFICO

**Eduardo Flórez D.**

email: [eflorez@ciencias.ciencias.unal.edu.co](mailto:eflorez@ciencias.ciencias.unal.edu.co)  
A. A. 7495 Santafé de Bogotá, D.C. Instituto de ciencias Naturales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

*De conformidad con el artículo 248 del Decreto-Ley 2811 de 1974, que establece que la fauna silvestre que se encuentran en el territorio nacional pertenecen a la Nación, entendiéndose por esto que al Estado le corresponde su administración y manejo a través de sus entes especializados, se decreta :*

ARTICULO PRIMERO. Todas las colecciones biológicas de especímenes preservados de la fauna silvestre establecidas en territorio colombiano deberán registrarse ante el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), en un término no mayor a doce (12) meses, contados a partir de la fecha de publicación de la presente resolución.

ARTICULO SEGUNDO. El protocolo de registro de una colección biológica deberá contener la siguiente información:

Nombre o denominación del establecimiento y documentos que acrediten su fundación y objetivos (\*).

Dirección completa de la sede.

Nombre, identificación y domicilio del representante legal, director, poseedor o tenedor de la colección.

Listado de los grupos faunísticos : Phyla(s), Clase(s), Orden(es) Familia(s) y Género(s) incluidos en la colección.

Número de especies y de especímenes debidamente determinados y catalogados, y número estimado de morfoespecies y especímenes depositados en la colección, indeterminados o no catalogados.

Lista de los especímenes tipo (holo-para-neotipos, etc) si los hubiere.

Descripción de la infraestructura y equipos disponibles para el alojamiento, preservación, catalogación y estudio de los especímenes involucrados.

Reseña del personal profesional y técnico existente para el manejo curatorial de la colección. Descripción del sistema de registro y/o catalogación de los especímenes.

Plan de la colección proyectado a los cinco años siguientes a la fecha de registro.

PARAGRAFO 1. En el caso de que la colección sea de índole particular, deberá anexar carta justificatoria para la tenencia de los especímenes, incluyendo intención testamentaria (previamente registrada en una Notaria) de cesión de la misma a una entidad o persona natural colombianos que garanticen su adecuado mantenimiento.

ARTICULO TERCERO. El MMA basado en la información contenida en la solicitud de registro y previa visita de verificación, emanará en un período no mayor de 90 días a la recepción

de la solicitud, una respuesta en la cual le será comunicado al solicitante una de las siguientes alternativas:

Constancia de registro y de acreditación de la colección, si la solicitud cumple con los requerimientos mínimos para ello (v.gr. mantenimiento adecuado, personal a cargo idóneo, espacio locativo suficiente y acorde a las colecciones, etc.).

Constancia de registro y resolución de no acreditación dadas falencias que serán consignadas explícitamente. En este caso la colección podrá continuar con su labor, pero se verá impedida de efectuar intercambios de especímenes al exterior y eventualmente podrá solicitar una futura acreditación, mediante constatación del subsanamiento de las inconsistencias señaladas.

Resolución de negativa al registro y acreditación de la colección, acompañada de una exhortación al tenedor para efectúe la donación de los especímenes a una colección acreditada. En este caso se otorgará un plazo de seis meses para proceder a la donación o para la presentación de una nueva solicitud, previa realización de los correctivos a las deficiencias señalados en la resolución. Si esta segunda solicitud fuese rechazada tanto en su registro como en su acreditación el tenedor de la colección deberá elegir la colección a la cual cederá sus especímenes en un plazo no mayor a tres meses después de recibida la segunda resolución.

PARAGRAFO 1. La acreditación otorgada a una colección tendrá un vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de expedición de la respectiva resolución. La(s) persona(s) a cargo de dicha colección deberán solicitar entonces una renovación de su acreditación en un periodo no inferior a tres meses antes de la expiración de su vigencia actual, ni superior a tres meses luego de vencida la misma.

PARAGRAFO 2. La solicitud de renovación deberá incluir mínimamente los ítems 1, 5 y 10 de la información requerida el artículo 2 de la presente norma, además de notificar cualquier novedad relacionada con los restantes ítems.

Parágrafo 3. Las colecciones que resultaren rechazadas en su solicitud de acreditación deberán ceder sus especímenes a una colección debidamente acreditada y tendrán el derecho a sugerir la colección en la cual deseen depositar dicho material.

ARTICULO CUARTO. Las personas a cargo de las colecciones (representante legal, directores, etc.) acreditadas, podrán efectuar servicios de intercambio científico y/o donaciones con otras colecciones o museos científicos.

PARAGRAFO 1. Los servicios de préstamo, canje y donaciones deberán efectuarse preferentemente con material duplicado.

PARAGRAFO 2. No podrán donarse especímenes Tipo al exterior, salvo en el caso de tratarse de paratipos, siempre y cuando existan duplicados. En este último caso se requerirá dejar en la colección poseedora del material por lo menos un tercio (30%) de los paratipos.

PARAGRAFO 3. Se restringe el servicio de préstamo de material tipo al exterior, exceptuándose la misma cláusula anterior relacionada con paratipos.

PARAGRAFO 4. Cuando como resultado de la revisión de un material que haya salido del país en calidad de préstamo, el especialista descubra y describa nuevas especies, éste deberá comprometerse a retornar el material al país, pudiendo retener si así lo requiriese solo paratipos y en los porcentajes estipulados en el parágrafo 2.

**ARTICULO QUINTO.** Los tenedores y/o curadores mantendrán accesibles sus colecciones a la revisión del material depositado en ellas cuando sea requerido por parte de especialistas nacionales o del exterior, así como a tesis de pre o postgrado, previa presentación de carta oficial de respaldo del Director de la tesis.

**PARAGRAFO 1.** Una colección solo podrá restringir o impedir el acceso de la información y/o revisión de especímenes cuando:

La solicitud en cuestión haga referencia a grupos en los cuales exista con anterioridad un compromiso con otro investigador que este abordando su estudio.

Cuando el solicitante haya incurrido en conductas en contra de la ética profesional, y particularmente a uso indebido o hurto de información o de especímenes de cualquier colección nacional o extranjera.

**ARTICULO SEXTO.** En aras de fomentar el conocimiento científico de la fauna colombiana, las colecciones están obligadas a realizar los préstamos de material que le sean solicitados por especialistas y/o instituciones de reconocida trayectoria. Se exceptúan las disposiciones previstas en el párrafo 3 del artículo cuarto, y el párrafo 1 del artículo quinto.

**ARTICULO SEPTIMO.** Las personas naturales o colecciones no acreditadas que requieran del envío de material para determinación o intercambio deberán tramitar ante el MMA el respectivo permiso.

**ARTICULO OCTAVO.** La colección que incurriera en desacato a lo establecido en el artículo 4° de la presente norma, perderá automáticamente su acreditación y el MMA podrá decidir el tipo de sanción que irá desde una suspensión temporal de la acreditación hasta el requerimiento de transferencia del material a otra colección acreditada.

**ARTICULO NOVENO.** La presente normatividad rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las anteriores que le sean contrarias.

---

**Este libro se terminó de imprimir en el mes  
de julio de 1999, en los talleres gráficos  
de Editora Guadalupe Ltda.  
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia**