MEMORIAS

XLII CONGRESO Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN

Julio 29, 30 y 31 de 2015

Lugar:
Auditorios:
- Gerardo Molina
- Bloque 12

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

INFORMES: www.socolen.org.co/secretariacongres

Diseño: Esteban Salazar Jaramillo y Óscar Efraín Ortega Molina
Fotografía: Óscar Ortega Molin

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOCIENCIAS · ica Instituto Colombiano Agropecuario · MINAGRICULTURA · TODOS POR UN NUEVO PAÍS PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN · POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID Una nueva visión para una nueva época · Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria · Corpoica · SOCOLEN

MEMORIAS CONGRESO COLOMBIANO DE ENTOMOLOGÍA

42° Congreso SOCOLEN

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Medellín 29, 30 y 31 de julio de 2015

Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN

Compiladores:
Jorge Luis Jaramillo González;
Magda Milena Palacio Villa;
Claudia Holguín Aranzazu

Edición General: Jorge Luis Jaramillo González

Diagramación: Miryam Ospina Ocampo

© Copyright Sociedad Colombiana de Entomología
http://www.socolen.org.co
Julio 2015
ISSN: 2389-7694

Citación sugerida:
Jaramillo G., J.L. (Ed.). 2015. Memorias, Congreso Colombiano de Entomología. 42, Congreso SOCOLEN. Medellín, Antioquia, 29 a 31 de julio de 2015. Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN. Medellín, Colombia. 298 p.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA

Junta Directiva 2014 – 2016

Presidente	Efraín Becerra Contreras Dow AgroSciences de Colombia S.A.
Vicepresidente	Rodrigo Vergara Ruiz Universidad Nacional de Colombia
Secretario	Daniel Castillo V Universidad El Bosque
Tesorera	Amanda Varela Ramírez Pontificia Universidad Javeriana
Vocal Principal	Alex Bustillo Pardey CENIPALMA secretaria@socolen.org.co
Vocal Principal:	Pablo Benavides CENICAFÉ
Vocal Principal:	Juan Humberto Guarín Molina CORPOICA C.I. La Selva
Vocal Suplente:	Claudia Martínez Investigadora Independiente
Vocal Suplente:	Zulma Nancy Gil CENICAFÉ
Vocal Suplente:	Diana Rueda Ramírez ESALQ – Universidade São Paulo oficina@socolen.org.co

COMITÉ ORGANIZADOR
XLII CONGRESO
SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ENTOMOLOGÍA

Presidente:	Juan Humberto Guarín Molina jhguarin@gmail.com
Presidente Comité Regional de Socolen en Antioquia	Rodrigo Vergara Ruiz roveru64@gmail.com
Secretaria:	Luz Elena Pérez Gallego leperez60@gmail.com
Tesorera:	Magda Milena Palacio magdapalaciovilla@gmail.com
Comisión Académica:	Alex Bustillo Pardey alexe.bustillo@gmail.com Magda Milena Palacio magdapalaciovilla@gmail.com Claudia Holguin Aranzazu cholguin@corpoica.org.co Jorge Luis Jaramillo González jorlu7@gmail.com
Comisión financiera:	Juan Humberto Guarín Molina jhguarin@gmail.com Rodrigo Vergara Ruiz roveru64@gmail.com
Comisión publicidad y prensa:	Rodrigo Vergara Ruíz roveru64@gmail.com Oscar Efraín Ortega oeortega@unal.edu.co Eduardo Amat ecamat@gmail.com Francisco Yepes Rodríguez fyepes@unal.eud.co
Comisión eventos sociales, infraestructura y recursos físicos:	Gonzalo Abril Ramírez gabril@unal.edu.co Carlos Augusto Hincapie carlosaugustohincapiellanos@gmail.com Guillermo Rodríguez Quijano guilloagro@yahoo.com Miguel Ángel Saldarriaga Rivera masari79@yahoo.com

PATROCINADORES

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN

FACULTAD DE CIENCIAS - UNAL MEDELLIN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNAL MEDELLIN

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA – TdeA

LAM INTERNATIONAL CORPORATION – LAM

DOW AgroSciences de Colombia S.A.

ORIUS BIOTECHNOLOGY

BAYER CROPSCIENCE S.A

SUMITOMO CORPORATION COLOMBIA S.A.

CELSIA S.A. E.S.P.

BIOLOGIKA PROYECTOS *SAS*

PARTICIPANTES MUESTRA COMERCIAL

CORPOICA

SAFER AGROBIOLÓGICOS

INVESA

AGROPRODUCTIVA

TALEX

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER – UIS

AMBIO – ARTÍCULOS Y ASESORÍAS SAS

ARTESANÍAS DE MOMPOX

ADAMA

Presentación

La Entomología como “Ciencia Dinámica y Diversa” es el eslogan con el que afrontamos los preparativos para la organización y desarrollo del XLII Congreso Colombiano de Entomología. Dinámica en la medida del amplio objeto de estudio en que se constituyen los artrópodos, con énfasis en insectos y ácaros, diversa en la medida de que tienen cabida abordajes desde muy variadas disciplinas y aplicaciones.

Es para SOCOLEN placentera la realización de este magno evento anual esta vez en el núcleo “El Volador” de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, donde, desde un comienzo nos han acogido con entusiasmo, desde la Vicerrectoría de sede, así como en las Facultades de Ciencias y Ciencias Agrarias, máxime si nos ubicamos en el contexto de la conmemoración de los 100 años de la Carrera de Agronomía, desde la cual se han formado profesionales con aplicación en el manejo de limitantes fitosanitarias y de salubridad que han irradiado en el ámbito nacional e internacional.

La Universidad Nacional se ha vinculado, en su organización, facilitando espacios físicos, así como a través de docentes, y de estudiantes que como el Grupo de Entomología de la Universidad Nacional –GEUN- soportan en buena medida la logística del evento. La vinculación interinstitucional a la organización, promoción y realización del congreso de Entomología ha contado con el entusiasta compromiso de Corpoica, el Politécnico Colombiano JIC, Tecnológico de Antioquia- Institución Universitaria, la UPB, la CIB y el ICA. A su vez hemos contado con la participación de aliados como Celsia que desde el primer momento aceptaron incluir su marca como patrocinadores asumiendo un compromiso en la difusión de temas asociados a la sostenibilidad como es el manejo de los insectos.

Pero el XLII Congreso es toda una avalancha de eventos académicos, con actividades pre congreso, como el curso de “La Taxonomía Integrativa como herramienta para la identificación de insectos de importancia médica” en alianza con el grupo de sistemática molecular de la Universidad Nacional, con cupo para 15 personas, el curso de “Etnoentomología: realizaciones y proyecciones” en alianza con el Grupo de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, para 150 personas. Quiere decir esto que el público objetivo del congreso se amplia de manera significativa, además de todo el relacionamiento propio de los actores del ejercicio entomologico, particular, privado e institucional.

Ya en el desarrollo del XLII Congreso de Entomología se presentan nueve conferencias magistrales, a saber: La Acarología en Colombia: Presente y Perspectivas; Manejo Integrado de Plagas en Aguacate, Artropoentomologia en Latinoamérica: un abordaje de la importancia de los Insectos Comestibles para las Comunidades Locales; Asedio de Ácaros por Inducción del Metabolismo; Control de Artrópodos-Plaga del Café en Colombia; Riesgos Entomológicos de Importancia Forestal en Colombia; El estado de la Entomología Forense en América Latina; La Taxonomía Integral en la solución de Problemas Taxonómicos Complejos en Insectos: un caso de estudio en mariposas diurnas tropicales; así como El muestreo de Plagas Cuarentenarias.

Juan Humberto Guarin Molina,
Presidente Comite Organizador
XLII Congreso de Entomologia.

Contenido

CONFERENCIAS MAGISTRALES.....26

ÁCAROLOGÍA EN COLOMBIA: PRESENTE Y PERSPECTIVAS.....13

Nora Cristina Mesa Cobo 13

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AGUACATE 46

Martha E. Londoño Z. 46

ANTROPOENTOMOFAGIA EN LATINOAMÉRICA: UN BREVE ABORDAJE DE LA IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS COMESTIBLES PARA LAS COMUNIDADES LOCALES.....80

Eraldo Medeiros Costa-Neto 80

ASEDIO DE ÁCAROS POR INDUCCIÓN DE METABOLISMO SECUNDARIO VEGETAL: LA SEXTA HERRAMIENTA DEL MANEJO INTEGRADO.....87

Eduardo Dávila S..... 87

CONTROL NATURAL DE ARTRÓPODOS --- PLAGAS DEL CAFÉ EN COLOMBIA 102

Pablo Benavides M.; Luis M. Constantino Ch.; Zulma Gil P.; Carmenza Góngora B.; Gonzalo David R.; Marisol Giraldo J. 102

PLAGAS RECIENTES EN LAS PLANTACIONES FORESTALES EN COLOMBIA 107

Carlos Alberto Rodas P. 107

THE STATUS OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN THE LATIN AMERICA 132

Patricia Jacqueline Thyssen..... 132

LA TAXONOMÍA INTEGRATIVA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TAXONÓMICOS COMPLEJOS EN INSECTOS: UN CASO DE ESTUDIO EN MARIPOSAS DIURNAS NEOTROPICALES 142

Carlos Eduardo Giraldo 142

SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA FITOSANITARIO. CASO MÉXICO 163

María Guadalupe Galindo Mendoza; Luis Alberto Olvera Vargas; Carlos Contreras Servín..... 163

SIMPOSIOS.....174

ENTOMOLOGÍA AGRÍCOLA.....175

MANEJO INTEGRADO DE ARTROPODOS FITOFAGOS EN EL CULTIVO DE ARROZ. AMTEC EXPERIENCIA EXITOSA.....175

Cristo Rafael Pérez Cordero 175

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE), SU USO EN LA ESTRATEGIA *ARCO EN EL CULTIVO DE CÍTRICOS EN COLOMBIA 188

Claudia Jaramillo M.; Juan Humberto Guarín M. 188

VIGILANCIA DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE), INSECTO VECTOR DE LA ENFERMEDAD HUANGLONGBING –HLB- DE LOS CÍTRICOS 195

Emilio Arévalo Peñaranda Luz Adriana Castañeda; William King Cárdenas; Oscar Fuentes Murillo; Jorge Hernán Palacino Córdoba 195

TERMITAS ASOCIADAS A CULTIVOS DE FRUTALES EN LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA 210

Angela M. Arcila Cardona..... 210

ENTOMOLOGÍA PECUARIA.....217

MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS EN EXPLOTACIONES PECUARIAS.....217

Rodrigo Vergara Ruiz; Jades Jiménez V. 217

GARRAPATAS (ACARI: IXODIDAE Y ARGASIDAE) DE IMPORTANCIA MÉDICA Y VETERINARIA IDENTIFICADAS EN COLOMBIA 241

Gustavo López Valencia..... 241

VALIDACIÓN DEL EFECTO DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS *Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN Y *Metarhizium anisopliae* (METSCH) SOROKIN, REGULADORES BIOLÓGICOS DE ESTADOS PARASITARIOS DE LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus* (ARACHNIDA: IXODIDAE).....243

Miryam Pérez Sierra..... 243

INSECTOS NECRÓFAGOS Y ECOLOGÍA DE LA DESCOMPOSICIÓN.....256

FILOGENIA DE LOS MAYORES CARROÑEROS NEOTROPICALES: RELACIONES EVOLUTIVAS DE LOS GÉNEROS DE MOSCAS SARCOPHAGINAE (DIPTERA, SARCOPHAGIDAE) Y EVOLUCIÓN DEL HÁBITO NECRÓFAGO.....256

Eliana Buenaventura, Thomas Pape 256

BIOECOLOGÍA Y MORFOLOGÍA DE INMADUROS DE DÍPTEROS NECRÓFAGOS (CALLIPHORIDAE, SARCOPHAGIDAE) DE IMPORTANCIA SANITARIA Y FORENSE 265

Margareth Maria de Carvalho Queiroz..... 265

ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (SCARABAEINAE) DE COLOMBIA: AVANCES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN 274

Claudia A. Medina Uribe..... 274

ENTOMOLOGÍA MÉDICA.....283

ENTOMOFAUNA INVASORA: ¿CONSECUENCIA INFORTUNADA DE LA GLOBALIZACIÓN? 283

Guillermo L. Rúa-Uribe 283

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE *Aedes aegypti*: PRIMEROS PASOS PARA EL DESARROLLO DE TRAMPAS ACÚSTICAS.....311

Hoover Pantoja; Francisco Vargas; Alejandro Vergara; Natalia Bedoya; Guillermo Rúa; Horacio Cadena; Freddy Ruiz 311

MOSQUITOS DEL GENERO *Culex* EN COLOMBIA: ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....314

Jovany Barajas G.; Carolina Torres-Gutierrez; Libertad Ochoa G.; Sandra Uribe-Soto; Iván D. Vélez B.; Charles H. Porter..... 314

EXPERIENCIAS DE UN GRUPO COLOMBIANO EN EL ESTUDIO DE MOSQUITOS DEL GÉNERO *Anopheles* 323

Margarita M. Correa 323

ENTOMOLOGÍA DEL ÁRBOL.....336

OCURRENCIA DE *Euplatypus parallelus* FABRICIUS, 1803) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: PLATYPODINAE) INSECTO AMBROSIA EN *Psidium guajava*, *Pseudobombax septenatum* Y *Syzygium malaccense* EN LA ZONA URBANA DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ 336

Gonzalo Abril Ramírez; Flavio Moreno; Claudia Helena Hoyos..... 336

INSECTOS PLAGA DEL ÁRBOL URBANO CON ÉNFASIS EN LOS INSECTOS ESCAMA (HEMIPTERA: COCCOIDEA) EN COLOMBIA 350

Takumasa Kondo 350

PREVENCIÓN EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS FORESTALES (MIPF) 369

Alejandro Madrigal Cardeño 369

BIOLOGÍA, INCIDENCIA Y HOSPEDEROS SUSCEPTIBLES DE *Pineus boerneri* (HEMIPTERA: ADELGIDAE) EN PLANTACIONES DE PINOS EN COLOMBIA.....387

Carlos A. Rodas; Rubén Serna; Maria D. Bolaños; Ginna M. Granados; Michael J. Wingfield; Brett P. Hurley..... 387

DIDACTICA DE LA ENTOMOLOGÍA.....388

LA EVALUACIÓN COMO TÁCTICA FORMATIVA DE LA ENSEÑANZA DE LA ENTOMOLOGÍA.....388

William Duarte Gómez..... 388

REVISIONES SISTEMÁTICAS EN ENTOMOLOGÍA: META-ANALISIS EN LA INTERACCIÓN *Cecropia* (CECROPIACEAE)- *Azteca* (DOLICHODERINAE) 404

Erika Isabel Perea-Acevedo..... 404

LA ERA DIGITAL Y LAS AYUDAS VISUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA ENTOMOLOGÍA 421

Edison Torrado-León; Ximena Serrano Gil 421

VALORACIÓN DE LOS SABERES PREVIOS DE LOS ESTUDIANTES: ¿QUÉ ENSEÑAN ELLOS ACERCA DE LOS INSECTOS?.....424

Eraldo Medeiros Costa Neto..... 424

CONFERENCIAS MAGISTRALES

ÁCAROLOGÍA EN COLOMBIA: PRESENTE Y PERSPECTIVAS

Nora Cristina Mesa Cobo

Profesora Asociada
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira
ncmesac@unal.edu.co

GENERALIDADES DE LOS ÁCAROS

Los ácaros son uno de los grupos del Phyllum Arthropoda con mayor diversidad morfológica y ecológica después de los insectos. A diferencia de otros Arachnida han evolucionado más allá de la saprofagia y la predación, y se los encuentra alimentandose de plantas, bacterias u hongos, o en relaciones parasíticas o simbióticas con vertebrados o invertebrados. Gracias a su pequeño tamaño y reconocida plasticidad evolutiva han colonizado exitosamente habitats terrestres, acuáticos (marinos y dulceacuícolas). Pueden ser encontrados en la Tundra en el ártico, en las arenas calientes del Sahara, en profundidades del oceano Pacifico o en nuestros foliculos pilosos. Son componentes significativos de la fauna arborea en selvas tropicales y bosques de zonas templadas y ocurren en grandes cantidades en el suelo (Moraes y Flectmann, 2008; Krantz y Walter, 2009).

La mayoría de los ácaros difiere morfológicamente de los Arachnida por la ausencia de segmentación del cuerpo, el cual está formado por un sólo tagma: el idiosoma, en el que se presentan cuatro pares de patas en adultos y ninfas, y tres pares en larvas y la presencia de un gnathosoma que es una estructura en la parte anterior del idiosoma. El gnatosoma, contiene a los quelíceros cuyo rango de variación refleja en gran parte la diversidad de estilos de vida y hábitos de alimentación. En muchos ácaros depredadores, algunos fitófagos y detritófagos permanecen los quelíceros primitivos, mientras que en los ácaros fitófagos y algunos parásitos de animales, los quelíceros sufrieron fusiones o reducción del dígito fijo y modificaciones o extensiones del digito móvil formando estiletes o finos órganos dentados para raspar o perforar (Evans, 1992; De Lillo *et al.*, 2001, Krantz y Walter, 2009).

Por el reducido tamaño de los ácaros se conoce poco sobre su anatomía. Evans (1992) indicó que los ácaros están provistos de diferentes órganos sensoriales siendo la mayoría setas de diferentes tipos y función. Aquellas ubicadas en el idiosoma y patas presentan función mecanorreceptora, mientras que las setas ubicadas en patas y palpos tienen función quimiorreceptora. En algunos ácaros se presentan estructuras fotosensitivas representadas por ocelos y muchos presentan lirifisuras que son sensores de presión, y relacionadas con la coordinación de movimientos

ambulatorios, detección de vibración del sustrato o del aire. La respiración ocurre principalmente por la superficie de la pared externa del cuerpo y a través de tráqueas que se abren al exterior por los estigmas o el atrio genital (Moraes y Flechtmann, 2008).

En general en los ácaros se presenta la reproducción por fertilización de las hembras, siendo la transferencia directa o indirecta del esperma del macho para la hembra y también ocurre la partenogénesis obligada o facultativa (Evans, 1992). Muchos ácaros son ovíparos, pero algunos presentan ovoviviparidad o larviparidad. Pueden pasar por seis estados o instares post-embrionarios: pre larva, larva, protoninfa, deutonifa, tritoninfa y adulto. Cada estado es delimitado por la ocurrencia de ecdisis ósea la separación del exoesqueleto y la emergencia del ácaro al interior del exoesqueleto sustituido. Este proceso implica la presencia de un periodo inmóvil de duración variable llamado periodo quiescente. El desarrollo del ácaro de huevo a adulto puede estar entre tres días hasta varias semanas o meses, dependiendo de la especie y los factores ambientales. La temperatura, la humedad, la luz, y disponibilidad de alimento tienen un efecto significativo en el desarrollo de los ácaros (Norton, 1998; Moraes y Flechtmann, 2008; Krantz y Walter, 2009).

La nomenclatura de los grandes grupos de ácaros hasta la categoría de suborden más comúnmente adoptada es la de Evans (1992), que reconoce los superórdenes Parasitiformes (que contiene los Ordenes Opiolioacarida, Holothyrida, Ixodida y Mesostigamta) y Acariformes (que contiene los Ordenes Trombidiformes y Sarcoptiformes) según las características reconocidas por Grandjean (1935) y designa a los órdenes con base en la presencia o ausencia y localización de las aberturas respiratorias de los ácaros (estigmas) (Moraes y Flechtmann, 2008). El conocimiento de la sistemática de los ácaros se ha incrementado en los últimas tres décadas y se han logrado numerosos avances en la comprensión de estructuras homólogas, anatomía del sistema reproductivo, patrones de cromosomas, sistema genético, algunas técnicas genéticas, moleculares y el uso de la cladistica entre los grupos acarinos han permitido comprender relaciones filogenéticas, importantes en la clasificación. El descubrimiento de nuevas especies, géneros y aún familias, en algunos casos, han hecho cambiar los conceptos genéricos y de familias existentes. La clasificación actual está basada en general en el conocimiento de la ácarofauna de las regiones de Eurasia y Norteamérica y aún falta mucho por conocer de los hábitats tropicales y regiones frías del hemisferio sur (Krantz y Walter, 2009). Se conocen aproximadamente 55.000 especies de ácaros, sin embargo, se estima que este número puede ser mucho mayor ya que se desconoce mucho de la diversidad existente en áreas tropicales (Zhang, 2011d).

HISTORIA

La relación de los ácaros y la vida del hombre y de los animales, ha sido documentada desde hace más de 1500 años a. C. Según Arthur (1965), en una tumba egipcia de este periodo se observa la cabeza de un animal en cuya oreja se encuentran tres estructuras redondeadas representando garrapatas. Homero 850años a. C., en el libro “Odisea”, se refirió a los ácaros en el Cant XVII,

300 donde relata el retorno de Ulises a su tierra natal y el encuentro con su perro que se encontraba cubierto de garrapatas. Aristóteles (384-322 a. C), en el Libro V de su "*Historia Animalium*", describe un animal de tamaño muy pequeño, blanco y que aparentemente carecía de cabeza, se refiere a ellos como "akari" "sin cabeza", término establecido por De Geer en 1778 para referirse a los ácaros y garrapatas. Aristóteles reporto la presencia de ácaros en nidos de abejas, ácaros Trombidiidae parasitando Orthoptera y *Sarcoptes scabie* (De Geer) causando sarna en seres vivos. Los primeros datos de la ácarofauna fueron recopilados en 1758 por Linneo en su obra "*Systema Naturae*", en donde definió el género *Acarus* con 31 especies entre ellas *Acarus siro*, actualmente considerada como la especie tipo del género *Acarus*. El autor los ubico en el Orden Aptera de la Clase Insecta. Poco tiempo después fueron descritas las especies *Glycyphagus domesticus* por De Geer (1778), *Tyrophagus putrescentiae y Lepidoglyphus destructor* ambas descritas por Schrank en 1781 (Moraes y Flechtmann, 2008, Krantz y Walter, 2009).

El avance de la microscopía con el uso de condensadores y objetivos acromáticos hacia mediados del siglo XIX, así como, el uso de medios de montaje, dieron como resultado un avance muy importante en la taxonomía y en estudios morfológicos comparativos. Taxónomos Europeos y Americanos como: Banks, Berlese, Claparède, Canestrini, Donnadieu, Oudemans, Sellnick, Michael, Kramer, Reuter, Trägardh, Vitzthum, Womersley en otros, fueron claves en el conocimiento de la diversidad de los ácaros. En el siglo XX el número de especies descritas aumentó significativamente a través de las contribuciones de acarólogos de todo el mundo como: Grandjean, André, Baker, De Leon, Fain, Hughes, Keifer, Meyer, Muma, Chant, Denmark, Baker, Mc Gregor, Tuttle, Smiley, Lindquist, Mc Murtry, Sabelis, Walter, Wharton, Krantz, Amrine, Garcia-Marí, Ferragut, Tixier, Flechtmann, De Moraes, Navia, Ochoa, Guglielmone, Barros-Battesti, Labruna, entre otros. Entre los hechos importantes, está la publicación de una de las primeras obra básicas "*An introduction to Ácarology*" escrita en 1952 por G.W. Wharton considerado el padre de la Acarología moderna, en coautoría con Edward W. Baker. Posteriormente, aparecen las otras dos obras clásicas: "A manual of Ácarology" de G. W. Krantz (1970) y Mites Injurious to Economic Plants de Lee R. Jeppson, Hartford H. Keifer, Edward William Baker en 1975.

En el siglo XXI son numerosos los investigadores de todas las partes del mundo que trabajan en Ácarología no solamente en taxonomía, sino en campos como la biología, ecología, control biológico de los ácaros, etc. Entre ellos es imposible dejar de mencionar: Ochoa, Welbourn, Oconnor, Peña, Proctor, O´Connor, Etiene, Norton, Behan-Pelletier, Harvey, Lindquist, entre otros. En el año 2009, aparece la última edición de "A manual of Ácarology" compilada por G. W. Krantz y Walter.

A nivel de Latino América, sobresale el gran número de acarólogos de Brasil como Flechtmann, de Moraes, Navia, Feres, Gondim, Pallini Filho, Chiavegato, Reis, Barros-Batesti, Labruna, entre otros. En México, Hofmann, Pérez Ortiz, Guzman-Cornejo, Morales-Malacara, Palacios-Vargas, entre otros. En Venezuela, Doreste, Quiroz, Vásquez. En Costa Rica, Aguilar y Murillo entre

otros. En Cuba Ramos, Almaguel, Cao, entre otros. En Chile, González, Covarrubias, Casanueva, González-Acuña, entre otros. En Argentina Guglielmone, Nava, Regonat, entre otros. En el Perú, González-Bustamante, Guanilo, entre otros, todos ellos han contribuido con la descripción y reconocimiento del daño de especies de importancia económica.

ACAROLOGÍA EN COLOMBIA - HISTORIA

Una de las primeras obras sobre Acarología en Colombia, es el trabajo del profesor de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Francisco Luis Gallego titulado: "Piroplasmosis estudio sobre la garrapata" en 1922. Años más tarde se conocen los estudios de médicos y veterinarios como el médico entomólogo Ernesto Osorno Mesa que en 1939 publica su obra Las Garrapatas de la Republica de Colombia. Por la misma época el médico y docente de Medicina Tropical de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, Luis Patiño Camargo, en sus investigaciones descubre que una garrapata (Ixodidae) es el vector de la fiebre Petequial de Tobia. En 1940, publica "Artrópodos hematófagos de la fauna colombiana" y en 1941 "Nuevas observaciones sobre un tercer foco de fiebre petequial en el hemisferio americano."

En el campo agrícola, el primer documento sobre ácaros de importancia agrícola es el del Agrónomo diplomado y doctor en Ciencias Naturales Litten Werner, que en 1946 escribe el documento titulado "Los ácaros dañinos", a través del cual describe la problemática de la contaminación de víveres y productos almacenados por ácaros que ocasionan patologías en los seres humanos denominadas por el autor como: "erupción del mercader", "Pseudo-sarna del tendero o panadero". Este documento fue publicado en la Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 6, núm. 22 (1946). Posteriormente, Francisco Luis Gallego en 1967 y 1968 publica: Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre en Colombia.

Hacia los años 1970 y 1971 en Palmira, Valle del Cauca, se inicia la línea de investigación en ácaros con los trabajos de Iván Zuluaga y Alfredo Saldarriaga: Reconocimiento, identificación, Algunas observaciones sobre dinámica de poblaciones de ácaros, en Cítricos del Valle del Cauca y Lista preliminar de ácaros de importancia en Colombia, los cuales dan origen al descubrimiento y a la descripción de nuevas especies de la familia Phytoseiidae *Iphiseiodes zuluagai* Denmark y Muma y *Typhlodromips sinensis* Denmark y Muma y el trabajo Alex Bustillo y Alfredo Saldarriaga titulado "Evaluación de nueve acaricidas en el control del *Lorryia turrialbensis* B., *Brevipalpus phoenicis* (G.) y *Phyllocoptruta oleivora* (Ash.) en cítricos del Valle del Cauca". Casi simultáneamente comienzan las investigaciones de ácaros realizados por CIAT en fríjol liderados por Schoonhoven, Gómez, Piedrahita, Cardona, Ramírez y Acosta, y en yuca Bellotti, Guerrero, Piedrahita, Peña, Mesa, Herrera, Lenis, Melo, Cuellar, etc., más o menos hasta el año 2002, esto incrementó notablemente las publicaciones nacionales e internacionales sobre el ácaro verde de la yuca *Mononychellus* spp. y sus enemigos naturales.

En el departamento de Antioquia Eduardo Urueta entre los años 1975 a 1980 realizó trabajos claves de reconocimiento de ácaros Tetranychidae, Eriophyidae y manejo de ácaros Tarsonemidae en diferentes hospederos, posteriormente Raúl Vélez en 1985 publica la obra: Notas sinópticas de Entomología Económica Colombiana, Universidad Nacional sede Medellín. En Cundinamarca y Bogotá hacia los años 1980 se inician los trabajos sobre ácaros fitófagos en clavel y rosas liderados por Felipe Mosquera, Alberto Murillo, Darío Corredor, Alfredo Acosta, Emilio Luque.

En el campo de la salud humana son los médicos quienes lideran los trabajos sobre alergias respiratorias causadas por ácaros. Hacia los años 1980, los médicos Mir S. Mulla y Mario Sánchez Medina, consolidan los resultados de sus investigaciones en el libro "Ácaros en Colombia. Bionomía, ecología y distribución. Su importancia en las enfermedades alérgicas". En los estudios sobre garrapatas se han desatacado Gustavo López Valencia, Efraín Benavides y Jesús Antonio Betancur entre otros.

SITUACIÓN DE LA ACAROLOGÍA EN COLOMBIA

Para conocer las investigaciones acarológicas realizadas en Colombia, se revisaron todos los libros de resúmenes y memorias de los 41 congresos de SOCOLEN desde 1975 hasta el 2014 y todos los volúmenes y números de la Revista Colombiana de Entomología publicados hasta el momento. También se revisaron (artículos y documentos de tesis, etc.) a través de los recursos y servicios bibliográficos disponibles en la Universidad Nacional de Colombia, catálogos, bases de datos, libros electrónicos, revistas electrónicas, y el recurso del Sistema Nacional de Bibliotecas (SINAB) "Descubridor". Por estos medios se pudo compilar la información que se encuentra digitalizada hasta el presente, por lo cual seguramente falta información de las publicaciones a las cuales no se tuvo acceso en físico.

Se encontró que durante los 41 Congresos de la Sociedad Colombiana de Entomología, han sido presentados 5279 trabajos sobre insectos, ácaros, nematodos y otros Artrópodos, solamente el 5%, 279 trabajos de ácaros de importancia agrícola, veterinaria, salud humana, así como, estudios sobre diversidad en diferentes ecosistemas, estos trabajos han sido presentados por profesionales y estudiantes de las ciencias biológicas y agrarias, lo cual es un número relativamente bajo si se tiene en cuenta la importancia de los ácaros. El número de trabajos de Acarología presentados en cada congreso es muy reducido comparado con el volumen de trabajos sobre insectos, aunque vale la pena resaltar que en cada congreso hay por lo menos un trabajo sobre ácaros.

En el campo agrícola las familias de ácaros más estudiadas son Tetranychidae (262 trabajos presentados en Congresos y 34 artículos publicados en la Revista de SOCOLEN) y Phytoseiidae (189 trabajos presentados en congresos y 18 artículos publicados en la Revista de SOCOLEN); por su parte en el área veterinaria la familia más estudiada es Ixodidae (45 trabajos presentados y 7 artículos publicados en la Revista de SOCOLEN).

Con relación a las especies de ácaros estudiadas, muchos trabajos y artículos incluyen varias especies y familias en la misma investigación. En la tabla a continuación se relacionan el número de trabajos presentados y artículos en los cuales se incluye cada especie:

Especie	**Familia**	**Trabajos presentados en Congresos en los cuales se refieren a la especie**	**Trabajos publicados Revista de SOCOLEN en los cuales se refieren a la especie**
Tetranychidae,	*Tetranychus urticae* Koch	86	14
	Mononychellus tanajoa (Bondar)	22	12
	Tetranychus cinnabarinus (Boiduval)	23	9
Tenuipalpidae	*Brevipalpus phoenicis* (Geijskes)	14	2
Tarsonemidae	*Polyphagotarsonemus latus* Banks	14	1
Phytoseiidae	*Phytoseiulus persimilis* Athias – Henriot	20	2
	Neoseiulus califonicus (McGregor)	12	5
	Typhlodromalus limonicus (Garman y McGregor)	11	2
Ixodidae	*Rhipicephalus (Boophilus*) *microplus* (Canestrini)	11	5

Sin lugar a dudas, *T. urticae* es la especie más estudiada en el país, en diferentes hospedantes vegetales seguida de *M. tanajoa* en yuca. Entre los Phytoseiidae *P. persimilis* es la especie de las cual se han realizado más trabajos seguida por *Neoseiulus califonicus* (McGregor) y en el campo veterinario la especie *Rhipicephalus (Boophilus*) *microplus* (Canestrini) tiene el mayor número de estudios.

Sin lugar a dudas los Congresos de SOCOLEN son los escenarios más importantes para la presentación de trabajos realizados sobre ácaros, así como, la Revista de la Sociedad Colombiana de Entomología es el medio en la cual se han publicado 60 trabajos sobre ácaros en sus 40 volúmenes. Después de esta revista a nivel nacional se destacan las Revistas de las Facultades de

Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia como: Agronomía Colombiana de la sede Bogotá (15 artículos), Acta Agronómica de la sede Palmira (9 artículos) y Revista de la Facultad Nacional de Agronomía (4 artículos), de la sede Medellín. Después de estas se destacan las Revistas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Caldasia (5) (Instituto de Ciencias Naturales), Acta Biológica Colombiana (4 artículos) Departamento de Biología, Biomédica (3) Instituto Nacional de Salud, Revista de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle (1), Rev.MVZ Córdoba (4) Universidad de Córdoba, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Antioquia (1), Biosalud (1) Departamento Ciencias de la Salud, Universidad de Caldas. En publicaciones internacionales se destacan publicaciones como: Acarología, International Journal of Ácarology, Experimental and Applied Ácarology, Systematic and Applied Ácarology and Zootaxa revistas en las cuales también se encontraron artículos sobre ácaros de investigadores colombianos.

Las investigaciones en Acarología en Colombia presentadas en los Congresos de SOCOLEN, han sido principalmente sobre temas sobre Taxonomía (reconocimientos, levantamientos taxonómicos, inventarios, listados, etc.) de especies en agroecosistemas, ecosistemas naturales, parásitos de animales y especies de importancia en salud humana (19%) y en estudios sobre aspectos biológicos y de comportamiento (biologías, tablas de vida, estudios reproductivos, preferencias alimenticias, etc.) (17%). Le siguen los estudios sobre fluctuación y dinámica de poblaciones (10%), control químico (9%) y estudios sobre diversidad de ácaros del suelo (7%). En porcentajes menores se encuentran: desarrollo de metodologías de crías masivas de ácaros fitófagos y depredadores y liberación (5.4%), estudios sobre uso de entomopatógenos (4.3%), evaluaciones de extractos de plantas como método de control (4%), ecología (3.9%), resistencia de plantas a ácaros (3.6%), impacto del daño causado por ácaros y pérdidas económicas (3.2%) y control de *T. urticae* mediante liberaciones de *P. persimilis* (2.5%). Los artículos publicados en la Revista de SOCOLEN reflejan una tendencia similar, el mayor número de trabajos publicados son sobre aspectos biológicos y de comportamiento de ácaros, seguido de taxonomía y control químico.

Mediante la revisión de los trabajos presentados en los Congresos de SOCOLEN se observa que en los años más recientemente se han ido desarrollando líneas de investigación en diferentes regiones del país, asociadas a Universidades o a Instituciones de Investigación como se presenta en el cuadro a continuación:

Institución	**Línea de investigación**
Universidad Militar Nueva Granada	Control Biológico de *T. urticae*
Universidad del Bosque y el Centro Internacional de Física y en la Universidad Javeriana	Ecología, composición y biodiversidad de comunidades de ácaros del suelo. Control Biológico, Ácaros acuáticos

Corpoica, La Libertad	Virus de plantas transmitidos por ácaros *Brevipalpus phoenicis*
Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá	Métodos de control de ácaros asociados a flores y cultivos de clima frio
Universidad Nacional de Colombia sede Palmira	Ácaros de importancia agrícola veterinaria
Universidad Nacional de Colombia sede Medellín	Extractos de plantas para control de ácaros
Universidad de Caldas	Control Biológico de ácaros
CIAT	Distribución de ácaros
Universidad Jorge Tadeo Lozano	Control Biológico de ácaros Holothyrida y Opilioacarida Ácaros acuáticos
Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Universidad de Antioquia	Extractos de plantas para control de ácaros
Universidad de Sucre	Garrapatas

Con relación a la Instituciones que presentan trabajos sobre Acarología, resulta muy interesante ver la evolución y el incremento en el número de ellas, con el paso del tiempo. Del año 1975 hasta el 2000 las Instituciones que presentaron el mayor número de trabajos sobre ácaros son: CIAT, Universidad Nacional, ICA, Secretaria de Agricultura de Antioquia, Universidad del Valle, Universidad de Córdoba. En los últimos 15 años es notable la participación y el volumen de trabajos de otras Instituciones además de las anteriores como: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Universidad Militar Nueva Granada, Universidad de Antioquia, Universidad de Sucre, Universidad el Bosque, Universidad Javeriana, Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Tunja, Universidad de La Salle, Universidad del Atlántico, Universidad del Norte, Barranquilla, Universidad del Quindío, Universidad de los Llanos, Asocolflores, Cenipalma, Cenicafe, Corpoica y Americaflor entre otras. Conviene también resaltar la activa participación Acarólogos de Panamá, Chile, México, Argentina, Venezuela

Tanto a nivel de Colombia como a Nivel Latinoamericano se puede ver el desarrollo posiblemente lento pero maduro y responsable de la Acarología. Este grupo de ácarologos en el continente dio lugar al nacimiento de la Sociedad Latinoamericana de Acarología (SLA) creada el 21 de julio de 1994 durante el IX International Congress of Ácarology en Columbus, Ohio, E.U.A. Cuenta con socios de 13 países, entre ellos muchos colombianos. El 25 de mayo de 2012 se celebró el Primer Congreso Latinoamericano de Acarología en la Ciudad de Puebla, México y

el Segundo Congreso se realizara en Colombia, en mayo de 2016 en Montenegro, Quindío. El presidente del evento es el acarólogo Orlando Combita.

ESPECIES DE ÁCAROS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

Considerando el número de hospedantes vegetales tanto cultivados como no cultivados, los daños que ocasiona y los costos en que incurren los productores para su manejo, y las investigaciones realizadas y presentadas en los Congresos de la Sociedad Colombiana de Entomología, las especies de importancia agrícola en Colombia pertenecen a las familias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Tarsonemidae y Eriophyoidea.

Familia Tetranychidae

La familia Tetranychidae contiene 1.288 especies fitófagas, de las cuales aproximadamente 100 son consideradas plagas y solamente 10 son reconocidas como plagas de importancia económica. La especie más estudiada y mejor conocida por su amplia distribución mundial es *Tetranychus urticae* Koch (Migeon y Dorkeld, 2006-2015). De acuerdo a la revisión de los trabajos realizados en Colombia las especies *T. urticae* y *T. cinnabarinus* son consideradas las especies de mayor impacto económico en diferentes cultivos. Sin embargo, Auger *et al.* (2013) demostraron con muchas evidencias que *T. cinnabarinus* es un sinónimo de *T. urticae.* A través de comparación de poblaciones de diferentes lugares de Europa y América, encontraron que existe amplia variación intra e inter poblacional de algunos caracteres morfológicos como son: la forma del edeago, la forma de los lóbulos sobre el integumento (reticulación), la quetotaxia del tarso y tibia de la pata I, el patrón de las manchas después de alimentarse, etc., que han sido usados para separar, como dos especies. Además, estudios genéticos demostraron que ocurre un flujo de genes entre las poblaciones rojas y verdes y las poblaciones se cruzan y producen progenie variable. Hinomoto *et al.* (2001) en estudios de relaciones filogenéticas entre poblaciones japonesas de *T. urticae,* (rojas y verdes) mediante técnicas de secuenciación COI comprobaron que todas las poblaciones pertenecían a una sola especie.

T. urticae, es una especie polífago con amplia diversidad de hospederos, se han reportado 1110 especies de plantas pertenecientes a 121 familias, entre las que sobresalen por el número de especies Compositae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Passifloraceae, Rosaceae y Solanaceae (Migeon y Dorkeld, 2008-2015). Según Mesa (1999), en Colombia, existen reportes en más de 25 plantas hospederas tanto de importancia económica, ornamentales y arvenses, en diferentes regiones del país. En cultivos de importancia económica como las flores (rosas, clavel, crisantemos, etc.), papaya, fresa, algodón, tomate, yuca, se constituye en una plaga que debe ser controlada. De acuerdo con Ceniflores (2008), los costos de manejo del ácaro *T. urticae* es cerca a los 4.500 dólares por hectárea, esta cifra corresponde aproximadamente al 30% del costo de los plaguicidas. Se han realizado investigaciones tendientes al control biológico de *T. urticae* con ácaros Phytoseiidae, extractos de plantas, resistencia varietal, sin embargo el control químico, es el medio más utilizado en el país para el control de esta plaga.

Familia Tenuipalpidae

Los ácaros de la familia Tenuipalpidae, son conocidos como ácaros planos, tienen amplia distribución mundial, se han descrito 1100 especies pertenecientes a 38 géneros. La mayoría de las especies han sido descritas de Norteamérica (33%) y de África (13%), se desconoce la diversidad de otras regiones del mundo (Mesa *et al.*, 2009). Todas las especies son fitófagas, se ubican sobre las hojas, frutos, ramas y tallos de sus hospederos. Ocasionan daños directos por alimentación e indirectos porque algunas especies son vectores de virus. Algunas especies forman agallas, mientras que otras se esconden en el tejido leñoso de las plantas. Especímenes de *Raoiella* fueron descubiertos en los estomas de la planta hospedera (Beard *et al.*, 2012).

Aunque en Colombia a los Tenuipalpidae no se les ha dado mucha atención, ellos representan los ácaros de plantas de mayor importancia económica en el mundo, especialmente las especies del género *Brevipalpus* Donnadieu. La importancia de este grupo está asociada con virus de plantas y su importancia en cuarentenas (Childers *et al.*, 2003). Se han descrito virus transmitidos por especies de *Brevipalpus*, de más 40 especies de plantas, entre ellos el más importante es el complejo de virus de la leprosis de los cítricos (Bastianel *et al.*, 2010; Kitajima & Alberti 2014). Este complejo de virus comprende dos taxas de virus no relacionados, el citoplasmático y el nuclear, encontrados a través de Sur, Centro y Norte América. Los virus citoplasmáticos son el virus de la leprosis de los cítricos C (CiLV-C), el virus de la leprosis de los cítricos C2 (CiLV-C2) y el virus de la mancha verde del *Hibiscus* (green spot virus 2) (HGSV-s); el virus nuclear de la leprosis de los cítricos N (CiLV-N) y el virus de la mancha necrótica de los cítricos (citrus necrotic spot virus) (CiNSV) (Hartung *et al.*, 2015).

La leprosis se considera como una de las enfermedades invasivas más importantes para la producción de cítricos, en Colombia se observó por primera vez CiLV-C en el año 2004 en Casanare y Meta en naranja valencia y se diseminó rápidamente en la región de la Orinoquía (León *et al.*, 2006; León, 2013). Bastianel *et al.*, (2010), registro la presencia de la enfermedad en Ibagué, Tolima. Este hecho extiende la amenaza fitosanitaria para la citricultura Colombiana de todas las regiones productoras, pues debido al sistema de mercadeo de cítricos en Colombia, así como a la falta de programas de cuarentena y prevención para esta enfermedad, se facilita la diseminación del virus en todo el país (Leon, 2013). Leon *et al.* (2008) detectaron el virus afectando en forma natural hojas de *Swinglea gluinosa*, planta usada ampliamente en el país como cerca viva.

Aunque se creía que *Brevipalpus phoenicis* (Geisjkes) es el principal vector de la leprosis de los cítricos, Roy *et al.* (2015), encontraron que en Colombia la especie *Brevipalpus yothersi* Baker, es el vector de CiLV-C2 and CiLV-N en la región de Orinoquia en Colombia en *Citrus* spp., *Swinglea gluinosa*, *Dieffenbachia* sp. e *Hibiscus* sp.

Beard *et al.* (2015), realizaron una revisión del genero *Brevipalpus* y encontraron la existencia de un complejo de especies identificadas como *B. phoenicis*, lo cual genera la necesidad de realizar

un reconocimiento de las especies presentes en diferentes regiones del país y en diferentes hospederos ya que en Colombia ocurren las tres especies de virus de la leprosis de los cítricos (citrus leprosis virus cytoplasmic type (CiLV-C), cytoplasmico type 2 (CiLV-C2), y virus nuclear (CiLV-N)) y se identificaron tres hospederos vegetales donde ocurre tanto la infección nuclear como la citoplasmática (Roy *et al.*, 2014).

En trabajos realizados por Rodríguez (2012) en Caicedonia, Valle y en Támesis, Antioquia sobre la fluctuación de ácaros fitófagos en cultivos de naranja Valencia, encontró que *B. phoenicis* se presentó sobre ramas, hojas, tallos y frutos en cualquier época del año independiente de los factores ambientales que se presenten. Dadas las características de vector de la leprosis de los cítricos, es importante permanecer atentos con la presencia permanente de *B. phoenicis* en los cultivos de cítricos.

Familia Tarsonemidae

Los ácaros Tarsonemidae presentan hábitos alimenticios muy variados, incluyen especies que se alimentan de hongos, algas, parásitos de animales, depredadoras y los estrictamente fitófagos. De esta familia se han descrito más de 550 especies pertenecientes a 45 géneros (Moraes y Flechtmann, 2008). En Colombia son conocidas por su importancia económica las especies *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), *Phytonemus pallidus* Banks y *Steneotarsonemus spinki* Smiley.

Los machos de esta familia transportan las "pupas" de las futuras hembras, hacia los órganos vegetativos en crecimiento dada la preferencia de estos ácaros por alimentarse de tejidos túrgidos. Las hembras se dispersan caminando de una planta a otra o por el aire, sin embargo se observó a *P. latus* foreticamente sobre adultos de Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius). Las hembras del ácaro se fijan a las patas del insecto y son transportadas de un lugar a otro (Moraes y Flechtmann, 2008).

Las mayores poblaciones de estos ácaros ocurren principalmente cuando las condiciones de humedad del aire es elevada (Vieira *et al.*, 2004). En trabajos realizados por Rodríguez (2012), las poblaciones de *P. latus* se incrementaron y los daños en frutos en naranja Valencia aumentaron bajo condiciones de humedad relativa alta (superior al 80%) y temperatura media (21-25°C).

Polyphagotarsonemus latus, es conocido como ácaro blanco, es una ácaro polífago, que cuenta con más de 60 especies de hospederos vegetales, considerado una plaga en numerosos cultivos en de invernadero y en el campo en diferentes lugares del mundo, incluyendo regiones tropicales, subtropicales de Australia, Asia, África, América e Islas del Pacifico (Gerson, 1992; Walter *et al.*, 2009; Rogers *et al.*, 2009). En Colombia *P. latus* se encuentra ampliamente distribuido y se registra causando daños de importancia económica en diversos cultivos como *Citrus* spp., solanáceas (*Solanum lycopersicum*, *Capsicum* spp., *Solanum melongena*, *Solanum quitoensis*),

Gossypium hirsutum, *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max*., *Cucumis melo*, *Vitis* spp. y *Carica papaya* (Mesa, 1999). El daño por efecto de su alimentación se caracteriza por la malformación de tejidos, brotes reproductivos y flores. El ácaro inyecta saliva tóxica causando enroscamiento, endurecimiento y distorsión del crecimiento en las regiones terminales de la planta (Smith y Peña 2002; Walter *et al.*, 2009; Lindquist, 1986; Rogers *et al.*, 2009).

Las hojas nuevas de los brotes cuando son atacadas se decoloran, se tornan hacia abajo y toman una coloración bronceada en el envés, se tornan estrechas y rígidas. El daño en hojas puede confundirse con el efecto de un herbicida sobre el cultivo, deficiencia de boro o desórdenes fisiológicos. Los daños más significativos de los tarsonémidos se observan en las regiones de crecimiento de la planta, donde los tejidos son túrgidos, lo cual puede estar ligado al hecho que los estiletes quelicerales de estas especies son muy cortos, no apropiados para alimentarse en tejidos de hojas y ramas ya formados (Smith y Peña, 1992, Gerson, 1992, Moraes y Flechtmann, 2008; Walter *et al.*, 2009). El daño en frutos se caracteriza por el levantamiento de la capa superficial de la epidermis, la cual queda adherida como una película fina de coloración plateada a la superficie del fruto (Mesa y Rodríguez, 2012). En estudios en Colombia sobre la incidencia de *P. latus* sobre la fenología del fruto de naranja Valencia, se encontró que este ácaro causó daños severos y deformaciones en hojas tiernas y en los frutos recién formados entre (0.1-0.35 cm de diámetro), cuando son atacados por *P. latus* se momifican y mueren (Rodríguez, 2012).

Phytonemus pallidus este ácaro es conocido como "cyclamen mite" o ácaro del cyclamen. Los adultos, son muy pequeños y de color amarillo pálido. Esta especie prefiere brotes, hojas jóvenes y botones florales. Los huevos los coloca dentro de los botones aun cerrados, en los sépalos, pétalos y en las pilosidades de frutos inmaduros. Las hojas donde se han alimentado presentan retorcimientos, deformaciones, pobre desarrollo y un típico bronceado del envés; a consecuencia de ello las plantas se quedan achaparradas. Los ácaros dañan la superficie de los futuros aquenios y según la intensidad de ataque, las flores pueden morir o continuar con su desarrollo llegando a cuajar el fruto, pero mostrando posteriormente diversos grados de deformación. Los frutos pequeños atacados conforme se desarrollan, van deformándose en grado variable y si el daño fue muy severo los frutos se cuartean similar a cuando se presenta deficiente polinización y falta de Boro. Las evaluaciones de las poblaciones de *P. pallidus* se deben realizar debajo del cáliz de flores y en frutos pequeños (Gonzales-Bustamante, 1996; Matiello *et al.*, 2004; Moraes y Flechtmann, 2008).

En Gerbera el daño se presentan con bronceamiento de la nervadura central, y las hojas se curvan hacia abajo. Si se presenta ataque en estado de botón las flores salen deformadas. En fresa la superficie de las hojas se arruga y los márgenes plegados, las nervaduras forman protuberancias que parecen ampollas. Las flores y frutos jóvenes atacados se tornan de color café y rápidamente mueren (Zhang, 2003). Los ácaros al alimentarse dañan la superficie de los futuros aquenios. Según la intensidad del ataque en los frutos formados presentan diferentes deformaciones (Denmark *et al.*, 2000). *P. pallidus* fue registrado por primera vez en Colombia por Urueta y

Navarro (1978) en cultivos de fresa del departamento de Antioquia y posteriormente por Benavides (1985) en la sabana de Bogotá.

Familia Eriophyoidea

Los ácaros Eriophyoidea son un grupo de ácaros extremadamente pequeños (entre 100 a 150 um), estrictamente fitófagos formado por más de 3.500 especies pertenecientes a 300 géneros (Amrine *et al.*, 2003). De estos el 78% de las especies pertenecen a la familia Eriophyidae, 16% a la familia Diptilomiopidae y 6% a Phytoptidae. Solamente 18 de estas especies son consideradas plagas en el mundo (Yaninek y Moraes, 1991). En Colombia se conocen las especies *Phylocoptruta oleivora* Ashmead, que ataca cítricos, *Aculops lycopersici* (Massee) que ataca solanáceas, *Aceria guerreronis* Keifer que ataca coco, *Acalytus gossypii* Banks atacando algodón, *Phyllocoptes bougainvilleae* Keifer, plaga de Bougainvillea, *Phytoptus matisiae* Keifer plaga de *Matisia cordata*, *Retracrus elaeis* Keifer Palma de aceite y *Aceria hibisci* (Nalepa), *Hibiscus rosa-sinensis*

El alto grado de especialización morfológica y biológica les permite a los Eriophyoidea vivir en lugares muy escondidos, como en las yemas, brotes terminales, agallas, erineos, enrollando las hojas, o en la superficie de la planta. Una característica general de las especies de este grupo, especialmente las que se alimentan de plantas dicotiledóneas, es su reducida gama de hospederos. Muchas especies atacan solamente una especie vegetal, mientras que otras se alimentan de varias especies del mismo género de plantas. Esta especificidad peculiar con su hospedero vegetal es clave para la sobrevivencia del ácaro. Muchas especies solo consiguen sobrevivir en estructuras que son formadas en las plantas en respuesta a la inyección de sustancias en el acto de alimentación. Uno de los daños más significativos de los Eriphyoidea es la capacidad de algunas especies de transmitir virus de plantas (Moraes y Flechtmann 2008, Krantz yWalter 2009).

Phyllocoptruta oleivora, este ácaro conocido como ácaro tostador de los cítricos, en el país se presenta atacando frutos de cítricos. Causan daño mecánico retirando el contenido celular, esto causa bronceamiento o apariencia de oxidación. Las células perforadas de la epidermis de los frutos entran en colapso, modificando su color. Los síntomas varían de acuerdo a la edad del fruto atacado, siendo de apariencia oxidada cuando son jóvenes o broceados cuando son de mayor edad (Albrigo y McCoy, 1974). En trabajos realizados en Caicedonia, Valle, Rodríguez (2012) encontró que las poblaciones de *P. oleivora* se incrementaron cuando la humedad relativa fue de 75 a 95% y las temperaturas entre 28 a 32°C y precipitaciones entre 25 y 150 mm/ semana. El ácaro prefiere frutos de naranja Valencia de tres a seis meses de desarrollo. El daño inicial en los frutos infestados se caracteriza por un cambio en la tonalidad de la epidermis, la cual pierde su brillo y se torna opaca. Posteriormente, se observan decoloraciones del tejido, el cual toma un color amarillo pálido, en estos lugares se presenta la mayor actividad de alimentación y oviposición, allí es donde se concentra la mayor parte de la población. A medida que transcurre el tiempo, el daño es más notorio y va cubriendo la superficie del fruto, y los ácaro coloniza nuevas áreas. La alimentación del ácaro causa producción de etileno (C_2H_4), que puede estimular el

cambio de color en frutos y que parece estar asociada a la formación de lignina durante la cicatrización de las células perforadas y la probable oxidación de sustancias en el citoplasma de las células de la epidermis (Moraes y Flechtmann, 2008). El daño de *P. oleivora* es cosmético, Rodríguez (2012) encontró que no hay una correlación significativa entre el daño de *P. oleivora* y la calidad interna del fruto, lo que demuestra que bajo las condiciones de los ensayos el daño ocasionado por los ácaros fue cosmético.

ESPECIES DE ÁCAROS INTRODUCIDOS AL PAÍS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Los ácaros son difíciles de detectar por su pequeño tamaño (entre 120 a 400 µm de longitud) y se esconden en estructuras donde no es fácil encontrarlos. Generalmente, los síntomas de infestaciones solo se detectan cuando las poblaciones son elevadas. Los ácaros, pueden ser introducidos de una región a otra en forma accidental. El riesgo de introducir especie de ácaros fitófagos a través de las importaciones de frutas frescas, material de propagación, plantas, fauna, etc., es alto, y tiene impactos directos sobre la biodiversidad, los sistemas agrícolas, o alteración de los procesos de los ecosistemas etc. (Daisie 2009).

Los ácaros fitófagos presentan características tales como: capacidad de sobrevivencia a condiciones ambientales adversas, reproducción partenogenetica, presentan fácil diseminación, por ejemplo, a través de corrientes de aire y adaptación a nuevos hospederos vegetales, rápida distribución en las nuevas áreas, competencia con especies nativas (que pasan a ser amenazadas). Cabe mencionar que la llegada de una especie fitófaga introduce cambios en el equilibrio del sistema biológico en el que se incorpora, y algunas especies son vectores de importantes enfermedades de plantas, desarrollan rápidamente resistencia a insecticidas, (Navia *et al.*, 2005).

Desde Sur América han salido tres especies de ácaros fitófagos originarios de este continente que han infestado los cultivos y causado serios problemas en las áreas donde han arribado en otros lugares del mundo, por la ausencia de enemigos naturales y porque encontraron condiciones ambientales adecuadas para desarrollarse. Estos ácaros son dos especies de Tetranychidae y un Eriophyidae. El ácaro verde de la yuca *Mononychellus* spp. (Navajas *et al.*, 1994, Ferragut *et al.*, 2013), introducido en Uganda y de allí se dispersó en toda África (Yaninek y Herren, 1988). El ácaro del tomate *Tetranychus evansi* Baker y Pritchard, que actualmente se encuentra distribuido en 41 países de diferentes regiones del mundo desde la región mediterránea (España, Portugal, Italia, Francia, Grecia), Norte, Occidente y sur de África, en China, Japón, en Latinoamérica en el norte de Argentina, Republica dominicana, Puerto Rico, Islas Vírgenes ocasionando problemas serios en la producción especialmente de Solanáceas (Migeon y Dorkeld, 2006-2015). El Eriophyidae *Aceria guerreronis* Keifer, se dispersó por África y Asia y es actualmente una de las principales plagas del coco (*Cocos nucifera*) en estas regiones (Navia *et al.*, 2010)

En los últimos años, Latinoamérica ha registrado la invasión de especies de ácaros fitófagos cuyo lugar de origen son regiones tropicales y subtropicales de Asia y por su estatus de plagas, son el blanco de investigaciones para determinar su potencial distribución geográfica, entender sus

características intrínsecas, su respuesta a condiciones ambientales y su relaciones entre la estructura genética de las poblaciones con el fin de desarrollar estrategias y políticas apropiadas y efectivas para el manejo. Las siguientes especies han arribado a Colombia: *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Tarsonemidae), *Aceria hibisci* (Nalepa) Eriophyidae, *Schizotetranchus hindustanicus* (Hirst) (Tetranychidae), *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae). en otros países del continente han ingresado además de estas otras como *Aceria litchii* (Keifer) (Eriophyidae) en Brasil y *Aceria tosichella* Keifer (Eriophyidae) la cual fue introducida en Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay. A continuación se describe el proceso de introducción de cada especie al país:

***Steneotarsonemus spinki* Smiley**

Fue originalmente descrito de especímenes encontrados sobre individuos del *Tagosodes orizicolus* (*Sogata orizicola* Muir), (Hemiptera: Delphacidae) en 1960 en Louisiana en los Estados Unidos (Smiley, 1967). Sin embargo se cree que el origen de *S. spinki* es Asia (Mendoça *et al.*, 2004). Fue detectado por primera vez en el año 1997 en Cuba, a partir de allí se dispersó por todas las áreas arroceras del Caribe, donde se reportaron pérdidas en la producción entre el 30 y 90% (Almaguel *et al.*, 2000, García *et al.*, 2002; Ramos y Rodríguez, 2003). En el primer país donde se encontró en Centro América fue Panamá en el año 2003 (García, 2005), después en Costa Rica 2004 y en Nicaragua en 2005 (Sanabria, 2005), en México 2006 (Arriaga, 2009), en Estados Unidos en 2007 (Hummel *et al.*, 2007, 2009). En Sur América, es reportado en Colombia en el año 2005 en áreas arroceras de Casanare, Meta, Tolima, Huila y Norte de Santander (Herrera, 2005) y en 2008 en Venezuela (Sandoval *et al.*, 2009). En Colombia una vez se detectó la presencia de *S. spinki* el, ICA, mediante Resolución 1195 de 2005 (abril 21) declara una emergencia fitosanitaria en todo el territorio nacional por la presencia de los ácaros *Steneotarsonemus spinki* (Smiley) y *Steneotarsonemus furcatus* (De León) en arroz.

El daño ocasionado por *S. spinki*, se observa en la cara interna de la vaina, hay presencia de áreas necrosadas aisladas o coalescentes en manchas de 3 – 4 cm sobre la vaina foliar, este daño es producido directamente por la acción de alimentación en el interior de la vaina y lámina de la hoja bandera y en las espigas en formación e indirectamente por la inyección de toxinas y la diseminación de microorganismos, especialmente hongos (Almaguel *et al.*,. 2003), Los mayores niveles poblacionales de *S. spinki* se encuentran en la vaina de la hoja bandera, la cual presenta pudrición visible a lo largo de los bordes. En la fase reproductiva, se presentan panículas vanas y algunas presentan curvaturas anormales del pedúnculo (Camargo *et al.*, 2006).

Aunque se sugirió que *Burkholderia glumae* era un componente más del complejo ácaro *Steneotarsonemus spinki* - hongo *Sarocladium oryzae* - bacteria, diferentes estudios han demostrado que la enfermedad añublo bacterial de la panícula no está relacionada con la presencia del ácaro (Correa-Victoria, 2006). En monitoreos de *S. spinki*, el hongo *Sarocladium oryzae* y la bacteria dentro de un complejo fitosanitario realizados por Pérez y Saavedra (2011) en zonas arroceras del Caribe Colombiano en diferentes variedades no encontraron correlación

entre la presencia del artrópodo y la incidencia del añublo bacterial. Con estos resultados lograron la disminución en la frecuencia y el número de aplicaciones de insecticidas de 6 a 2 y el incremento de la artropofauna benéfica, que cumple un importante papel en la regulación de las poblaciones de insectos dañinos en el cultivo del arroz

En trabajos de reconocimiento de especies de ácaros en arroz Toro (2014) encontró a *S. spinki* en altas poblaciones con las especies de Tetranychidae *Schizotetranychus oryzae* y *S. paezi* en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena, Cesar, Norte de Santander, Guajira, Valle del Cauca, Tolima, Huila y Meta en las diferentes variedades de arroz que se siembran en estas regiones. En los departamentos de Cesar y Córdoba, además de encontrar a *S. spinki* y las especies de Tetranychidae, también encontró la especie *S. furcatus*. En todas las regiones arroceras se encontró población abundante de los predadores *Neoseiulus paraibensis* Moraes y McMurtry y otras especies de las familias Phytoseiidae, Ascidae y Laelapidae. *S. spinki* se presentó en todas las etapas fenológicas del cultivo desde la época de máximo macollamiento, las poblaciones se incrementan en las etapas de desarrollo de panícula, floración y etapa lechosa donde ocurre el mayor pico poblacional y disminuye en la etapa pastosa..

***Schizotetranychus hindustasnichus* (Hirst)**

La especie *S. hindustanicus* fue descrita de cítricos de Coimbatore (Sur de la India) en 1924. En 2002 fue reportada en Sur América afectando cítricos en Zulia al Norte de Venezuela (Quiroz y Geraud-Pouey 2002). En 2008 fue detectada en Roraima al norte de Brasil, límite con Venezuela (Navia y Marsaro 2010) y en 2010 fue reportada en Colombia, en los departamentos de la Guajira y Magdalena (Mesa 2010). El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el 2011 confirmó la presencia de *S. hindustanicus* en las veredas Pampan y Guaymaral, municipio de Guamal, departamento de Magdalena; afectando hojas y frutos de naranja Valencia (*Citrus sinensis*). En el año 2012, es encontrado *Citrus latifolia* en Santa Marta, departamento de Magdalena. Actualmente se encuentra en Atlántico, Bolívar, Guajira, Magdalena y Vichada. El ICA, a través de la Dirección Técnica de Epidemiologia y Vigilancia Fitosanitaria, ha seguido el monitoreo y seguimiento en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Córdoba y Vichada.

Schizotetranychus hindustanicus es llamado el ácaro ‘nest-webbing mite’ por su peculiar forma en que las hembras tejen su seda, debajo de la cual ponen sus huevos y se desarrolla la colonia. Los árboles de limón que se ven afectados por el ácaro presentan manchas circulares blancuzcas y distribuidas de manera uniforme (1–3 mm) en el haz de las hojas y superficies de las frutas, que con el tiempo se distribuyen de manera uniforme. Estas manchas corresponden a la telaraña que produce la hembra para proteger a la colonia que además le proporcionan refugio y condiciones microclimáticas favorables, lo protege contra predadores. Las frutas se tornan plateadas y duras luego de una infestación intensa (Navia y Marsaro 2010; Quiróz y Geraud-Poney, 2002).

Aunque no se tienen estudios de los daños causados por la plaga, seguramente debe afectar significativamente el valor comercial de los frutos para consumo en frescos y en altas poblaciones debe reducir la tasa fotosintética en consecuencia la producción. *S. hindustanicus* en

la India tiene como hospederos *Citrus* sp. (Rutaceae), coco (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae), *Acacia* sp.(Mimosaceae), neem (*Azadirachta indica* A. Juss) (Meliaceae), Lilac Persa lilac (*Melia azedarach* L.) (Meliaceae) y sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.) (Poaceae) (Cherian 1931; Gupta y Gupta 1994; Bolland *et al.*, 1998). En Sur América se encuentra principalmente en Limón Tahití (*Citrus latifolia*) (Tanaka ex Yu.Tanaka) (Quiroz y Dorado 2005), Limon (*Citrus aurantiifolia*) (Chistm), swinglia (*Swinglea glutinosa* (Blanco), mandarina (*Citrus reticulata*) Blanco, limón (*Citrus limon* (L.), y en naranja (*C. sinensis* (L.) Osbeck) (Nienstaedt-Arreaza 2007).

Aceria hibisci (Nalepa)

Este Eriophyidae fue descrito de *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae) en la Isla de Fiji, de allí fue introducido a Hawaii en 1989, y a los Estados Unidos y Australia en 1978. Fue encontrado en las islas de Martinica y Guadeloupe en el Caribe 1997 (Flechtmann y Etienne 2001). En Cuba en 2004 fue detectado en plantas de *Talipaariti elatus* (Sw.) Fryxell. (Malvaceae) (De la Torre y Martínez, 2004). En Colombia fue registrado por Valdés (2008) como *Eriophyes hibisci*.

La presencia del ácaro se detecta por efecto de la alimentación del mismo, ya que causa deformación de las hojas jóvenes yemas, brotes vegetativos y flores. Las hojas se tornan arrugadas y retorcidas y con formación de erineos. Los tallos y peciolos también son atacados y toman apariencia corchosa. La formación de erineos y la deformación de las hojas es más intensa en hojas jóvenes y yemas. (Welbourn *et al.*, 2008). El hospedero preferido es *Hibisicus rosa-sinensis* sin embargo también se encuentra en otras especies de hibiscus como *Talipariti elatum* (De la Torres y Martínez 2004). Dado que este ácaro afecta plantas ornamentales no se han realizado investigaciones sobre su biología, ecología e impacto.

Raoiella indica Hirst

El ácaro rojo de las palmas *R. indica* fue descrito por individuos de India, por Hirst (1924), posteriormente lo reportaron en el Norte y sur de África, en el Medio Oriente. El rango de hospederos en estas regiones está limitada a Arecaceae principalmente coco (Gerson *et al.*, 1983). En regiones Neotropicales ha sido encontrado por primera vez en el 2004 en Martinica (Flechtmann y Etienn, 2004) y de allí se dispersó rápidamente por varias islas del Caribe (Kane *et al.*, 2005; Etienne y Fletchmann, 2006), En el Sur de la Florida fue reportada en 2006 (Welbourn 2006), en Venezuela en el 2007 (Vásquez *et al.*, 2008), en México (NAPPO, 2009), en el Nordeste de Brasil en el 2009 (Navia *et al.*, 2011; Rodrigues y Antony 2011), en Colombia en el 2011 (Carrillo *et al.*, 2011b). Al ser introducido en América, este ácaro expandió el rango de hospedero a 96 especies de plantas: Arecaceae (75 especies), Cannaceae (1), Heliconiaceae (5), Musaceae (6), Pandanaceae (1), Strelitziaceae (2) and Zingiberaceae (6) (Cocco and Hoy, 2009; Navia *et al.*, 2012).

El impacto de *R. indica* en Sur América es alto, particularmente para la producción de coco, el banano y flores de de las familia Heliconiaceae, Musaceae, Zingiberaceae y Strelitziaceae. La

presencia de *R. indica* en las áreas de producción de algunos hospederos que se comercializan internacionalmente puede afectar la exportación de estas plantas por imposición de barreras sanitarias (Navia *et al.*, 2012). En regiones como el Norte y Nordeste de Brasil donde hay palmas nativas como Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), moriche o buriti (*Mauritia flexuosa* L.) y Palmito o chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth.), la presencia del ácaro *R. indica* juega un papel económico y social, ya que poblaciones de estas regiones dependen de estos frutos (Rodrigues and Irish 2011). El control químico ha sido una herramienta importante para el control, sin embargo varios especialistas están trabajando en control biológico (Peña *et al.*, 2009; Carrillo y Peña, 2011; Hoy, 2012).

Altas infestaciones de *R. indica* en plantas de coco y banano pueden causar severo amarillamiento en las hojas seguida de necrosis del tejido (Welbourn, 2010). Aunque se han presentado infestaciones severas en coco y banano en áreas del Caribe no hay información sobre pérdidas económicas.

ESPECIES DE ÁCAROS DE IMPORTANCIA CUARENTENARIA

El constante desplazamiento de los seres humanos a nivel mundial así como, el comercio e intercambio de mercancías ha favorecido la diseminación de organismos desde su lugar de origen a otras regiones. En estas nuevas áreas las especies exóticas pueden constituirse en plagas severas con consecuencias para la biodiversidad, la agricultura y la salud humana. En un estudio reciente de Anderson *et al.* (2004) sobre las causas de la emergencia de nuevas enfermedades de plantas en el mundo concluyó que el 56% de estas diseminaciones son resultado de introducciones asociadas con el comercio de plantas o de productos de plantas y el movimiento de personas.

Muchas de las de especies de ácaros que se consideran invasivas corresponden a las familias: Eriophyidae, pertenecientes a los géneros *Aceria*, *Eriophyes*, *Aculops*, *Aculus*, *Acalitus*, *Phyllocoptes* y *Trisetacus* (Navia *et al.*, 2010). Tetranychidae: de los géneros *Eutetranychus*, *Tetranychus*, *Schizotetranychus*, *Oligonychus*. Tarsonemidae de los géneros *Tarsonemus*, *Steneotarsonemus*. Tenuipalpidae de los generos *Brevipalpus*. *Tenuipalpus*. Acaridae de los géneros *Ryzoglyphus*, *Tyrophagus*, *Acarus*. Muchos de ellos son interceptados en frutos frescos, plantas ornamentales, yemas, esquejes, etc. en los puestos de cuarentena del mundo.

Debido al intercambio comercial y cultural con países vecinos, donde ya han sido introducidas algunas especies de ácaros fitófagos, existe el riesgo de que algunas especies de ácaros fitófagos lleguen al país, como ha ocurrido con otros ácaros plagas introducidos recientemente. A continuación se describen las más importantes.

***Phyllocoptes fructiphilus* Keifer (Eriophyidae)**, es una especie nativa de Estados Unidos que ataca *Rosa multiflora* Thunb., que es una planta arbustiva de origen Asiático. *P. fructiphilus* además de alimentarse de la planta transmite la enfermedad llamada escoba de bruja en rosa, bajo

ciertas circunstancias puede llegar a ser una plaga en plantas de rosa en formación (Amrine, 1996).

***Aceria litchii* (Keifer) (Eriophyidae)**, fue introducida de Asia a Hawaii en plantas de *Litchi chinensis* Sonn. Este ácaro fue reportado en Brasil en 2007 produciendo daños importantes en hojas y frutos en cultivos de Lichi en el Estado de Sao Paulo (Raga *et al.*, 2008).

Aceria tosichella Keifer (Eriophyidae), es una de las principales amenazas para la producción de cereales y es uno de las especies asociadas a virosis. Fue descrito en Yugoslavia in 1969. Ha sido reportado en Norte América, Europa, Asia, Medio Oriente, África y Oceanía (Amrine and de Lillo, 2006). Aunque ocurre principalmente en trigo, también puede desarrollarse en sorgo (*Sorghum* sp.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.), centeno (*Secale cereale* L.) y otras gramíneas (Jeppson *et al.*, 1975; Amrine and de Lillo, 2006).

El principal daño que causa este ácaro es la transmisión del virus del mosaico estriado del trigo Wheat streak mosaic (WSMV) (Familia Potyviridae, género *Tritimovirus*) y del "High plain virus" en trigo (HPV). En Sur América *A. tosichella* se encontró en Argentina desde 2004 en plantas infestadas por el virus estriado del trigo (Navia *et al.*, 2007a, b) en Brasil en 2006 en el Estado de Rio Grande do Sul (Pereira *et al.*, 2009), en Uruguay en 2007 (Castiglioni y Navia 2010), en Paraguay en 2007 (Espinoza, 2008). Los síntomas que evidencian las plantas afectadas por el WSMV son estrías cloróticas que pueden formar un mosaico, amarillamiento de las hojas, raquitismo y esterilidad (Murray *et al.*, 2005). Su único vector es *A. tosichella* conocido como "ácaro del enrollamiento del trigo" (wheat curl mite, WCM), por el característico síntoma que provoca en las hojas de trigo (Murray *et al.*, 1998; Malik *et al.*, 2003). Aunque suele hallarse sobre sorgo y maíz, WCM prefiere alimentarse de plantas cuyas hojas se enrollen fácilmente. Ésta es una de las razones por la cual es más frecuente en cultivos de trigo, avena y otras pasturas, como hospedantes preferenciales (Jeppson *et al.*, 1975). Además, WCM tiene la capacidad de transmitir otro agente patógeno, el High Plains virus (HPV), que fue identificado en el año 1993 en cultivos de maíz y trigo de las planicies altas de Estados Unidos (Jensen *et al.*, 1996). La única manera que tiene este virus para dispersarse a nuevos hospedantes es gracias a la participación obligada de su vector, *A. tosichella* (Skare *et al.*, 2003).

***Aceria tulipae* Keifer**, esta especie se desarrolla en varias especies de plantas de las familias Alliaceae y Liliaceae. Tiene preferencias por plantas del género *Allium*, *A. ampeloprasum* (puerro), *A. ascalonicum* (shallot), *A. cepa* (cebolla), *A. sativum* (ajo), *A. schoenoprasum* (cebollin),y *Tulipa* sp. (tulipanes). Es considerado una plaga importante no solo por el daño directo sino por ser vector de varios especies de virus (Perring 1996, Oldfield y Proeseler 1996). Este ácaro es ampliamente distribuido en varios países de África, Oceania, Asia, Europa, Estados Unidos, Cuba, Brasil, Chile, Venezuela y México. Esta especie fue descrita en los Estados Unidos por Keifer en 1938 de individuos colectados en bulbos de tulipan provenientes de los países bajos (Amrine y Stasny, 1994, Navia *et al.*, 2006). El daño se produce en los bulbos especialmente en los bulbos almacenados para la siguiente siembra. Los ácaros se alimentan de la

superficie del bulbo, causando deshidratación y necrozamiento del tejido y momificación, perdiendo su poder de brotacion (Estrada-Venegas y Acuña-Soto, 2004, Acuña-Soto *et al.*, 2005, Almaguel *et al.*, 1986)

Oligonychus perseae **Tuttle, Baker y Abbatiello,** conocido como la arañita cristalina, se localiza en el envés de las hojas jóvenes, formando pequeñas colonias cubiertas por una densa telaraña. En infestaciones altas las hojas maduras, ramas verdes y frutos en desarrollo son colonizados por el ácaro. El daño se manifiesta por pequeñas manchas que se fusionan a lo largo de las nervaduras y posterior muerte de las hojas. Es considerada una de las plagas más importantes de aguacate. Es originario de México, ha sido reportado en Costa Rica (Ochoa *et al.*, 1991), se detectó en 1990 en Califonia y en Israel apareció en el 2001. Desde 2004 se encuentra en la región Mediterránea desde el 2004 (Alcazar *et al.*, 2005). Su hospedero preferido parece ser *Persea americana* (avocado), sin embargo se puede encontrar en *Ceratonia siliqua* (algarrobo), *Diospyros virginiana* (caqui), *Prunus*, y *Vitis*), y en ornamentales (*Acacia, Bambusa, Bixa orellana* (, *Rhus, Rosa, Salix*) and weeds (e.g. *Asclepias fascicularis*, *Chenopodium album*, *Sonchus*).

Brevipalpus chilensis **Baker**, hasta el momento solo se encuentra en Chile en una variedad de hospederos cultivados como uva (*Vitis vinifera*), limón (*Citrus limon*), kiwi (*Actinidia deliciosa*), Caqui (*Diospyros kaki*), y muchas plantas ornamentales. Entre todos los hospederos las uvas son las más afectadas por este ácaro, por lo cual reciben intensos tratamientos de acaricidas para bajar sus poblaciones. Debido a su pequeño tamaño es común encontrar formas móviles y huevos escondidos en hendiduras de frutos, cortezas, etc. o por material de propagación y tallos, raíces de plantas como uva, kiwi, citrus, caqui. La cuarentena de frutos importados debe tener tratamientos de almacenamiento a temperaturas entre 3 a 4 ^{o}C por espacio de 3 a 4 semanas http://www.cabi.org/isc/datasheet /10173.

CONSIDERACIONES FINALES

No hay duda de que los ácaros representan un grupo con alto potencial invasivo y pueden llegar a causar impactos ambientales y económicos en cualquier país, sin embargo, el estudio y conocimiento de ellos, ha recibido poca atención y recursos del estado. Los ácaros Eriophyidae, Tenuipalpidae, Tetranychidae y Tarsonemidae son capaces de encontrar cualquier sitio para esconderse y viajar como: grietas, bajo las brácteas, vainas, o aun dentro de órganos de las plantas (por ejemplo bulbos, brotes, estomas), lo cual acentúa las dificultades para su detección (Navia *et al.*, 2007 a, Beard *et al.*, 2012). Los tratados de comercio internacional representan alto riesgo para la introducción de especies de fitófagas. Las inspecciones específicamente para detectar ácaros, se puede enfocar en síntomas que resultan de su infestación tales como anormalidades, decoloraciones, agallas, ampollas o puntos necróticos. El material vegetal importado, usado para propagación es considerado de alto riesgo para muchas plagas, incluyendo ácaros fitófagos. Sería ideal poder interceptar las especies en las fronteras, antes de que lleguen y se establezcan en el nuevo país (Navia *et al.*, 2007 a).

El control para el ingreso de nuevas especies de ácaros fitófagos al país, involucra medidas de bioseguridad, políticas de protección y mitigación de riesgos asociados con productos alimenticios, agrícolas e impactos ambientales tales como restricciones especificas a la entrada y salida de las cuarentenas, inspecciones rigurosas en sitios de origen y en sitios de entrada de los productos, tratamientos cuarentenarios, condiciones de transporte y procedimientos poscosecha libres o de baja incidencia de plagas. Es importante concentrar esfuerzos en las medidas de mitigación de riesgos de entrada y/o diseminación considerando las dificultades y costos de erradicación. La inspección de ácaros en grandes barcos cargueros en puntos de entrada o salida es ineficiente y es comúnmente usada como un procedimiento complementario de otras medidas cuarentenarias.

Aunque se ha logrado un desarrollo de la Acarología en Colombia es notable, la necesidad de formar especialistas en Taxonomía de ácaros, hay carencia de expertos en los diferentes grupos en el país. La normatividad existente relacionada con envíos de especímenes con fines de confirmación de su identificación taxonómica, requiere de licencias específicas del Ministerio del Ambiente para la realización de colectas de ácaros y envió al exterior.

Es necesario realizar estudios sobre la diversidad de especies fitófagas asociadas a sistemas agrícolas en el país, desarrollar estudios sobre la distribución geográfica y la relevancia de especies comprometidas en la transmisión de virus de plantas y conocer las interacciones de estas con el ambiente y con los hospederos.

En Colombia se trabaja con garrapatas, pero se conoce poco sobre ácaros de diferentes familias y garrapatas asociadas a animales silvestres que viven en el entorno de áreas de bosque y predomiciliares de regiones selváticas.

Para aumentar el interés sería conveniente la creación de la asignatura Acarología en planes de estudio de Biología, Agronomía y Veterinaria, en la cual se aborden aspectos básicos como morfología externa e interna, fisiología, comportamiento, reproducción, ecología, métodos de muestreo en campo, diferenciación de familias de los diferentes grupos de ácaros. Las Facultades de Medicina Veterinaria tienen cursos de parasitología, en el cual incluyen a los ácaros y garrapatas).

A pesar de que el uso de acaricidas sintéticos es el método de control de poblaciones de ácaros más usado, el número de trabajos es relativamente bajo. No hay muchas investigaciones usando extracto de plantas.

Sobre control biológico el tema más estudiado es el uso de *Phytoseiulus persimilis*, *N. cucumeris* y *Neoseiulus californicus* para el control de *T. urticae*, especialmente en cultivos de flores, falta conocer el impacto de especies de Phytoseiidae nativas sobre esta y otros ácaros plaga en otros cultivos.

El uso de microorganismos como agentes de control biológico de ácaros es todavía incipiente. Se han realizados reconocimiento de acaropatógenos como *Neozygites*. Faltan estudios sobre la patogenicidad de estos microorganismos tanto para ácaros plagas como para los predadores. Hay necesidad de desarrollo de formulaciones específicas para definir estrategias de conservación de estos microorganismos con relación a los posibles impactos de herbicidas y de fungicidas utilizados en la agricultura

REFERENCIAS

Acuña–Soto, J.A. 2007. Morfología, biología y comportamiento de *Aceria tulipae* K. (Acari: Eriophyidae) en ajo *Allium sativum* L. Tesis Maestría en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Mexico.75 p.

Acuña-Soto, J.A., Estada-Venegas, E.G. 2005. Observaciones sobre la biología y comportamiento de *Aceria tulipae* (Acari: Eripohyidae), en condiciones de laboratorio, en bulbillos de ajo (*Alliun sativum*) destinados para siembra. En: Morales, M.A., Estrada, M.A, González, I.M., Stanford, S.C. Entomologia Mexicana, vol. 4. Sociedad Mexicana de Entomologia, p. 39-43.

Albrigo, L.G.; McCoy,C.W. 1974. Characteristic injury by citrus rust mite to orange leaves and fruit. Selected Proceedings of the Florida State Horticultural Society 87: 48-55.

Alcazar, M.D., Aranda, G., Marquez, A.L., Sanchez, L., Ruiz, C. 2005. *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae) una nueva plaga en el aguacate en el Sur de España. Abstract Book IV Congresso Nacional de Entomología Aplicada—X Jornadas Científicas de la SEEA—I Jornadas Portuguesas de Entomología Aplicada, Bragança, Portugal, p 213

Almaguel, L., Hernández, J., de la Torre, P.E., Santos, A., Cabrera, R.I., Garcia, A., Rivero, L.E., Baez, L., Cáceres, I., Ginarte, A. 2000. Evaluación del comportamiento del ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en los estudios de regionalización desarrollados en Cuba. Fitosanidad 4, 15–19

Almaguel, L., Santos, A., Torre, P., Botta, E., Hernández, J., Cáceres, I., Ginarte, A. 2003. Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1968 (Acari: Tarsonemidae) en arroz de riego en Cuba. Fitosanidad 7, 23–30

Almaguel, R., Perez, I., Cáceres, E., Feito, E., Sánchez, G. 1986. Método de cría y ciclo biológico de *Aceria tulipae* en ajo (*Allium sativum*). Cien. y Tec. Agric. Prot. Plan. 9(2): 51-58.

Amrine, J.W. Jr, Stasny, T.A. 1994. Catalog of the eriophyoidea (Acarina: Prostigmata) of the world. Indira Publishing House, West Bloomfield

Amrine, J.W. Jr. 1996. *Phyllocoptes fructiphilus* and biological control of multiflora rose. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology. natural enemies and control. Elsevier, The Netherlands, pp 741–750

Amrine, J.W. Jr., de Lillo, E. 2006. Database on Eriophyoidea (Acarina: Prostigmata) of the world. Filemaker 4.0. West Virginia University, USA

Arriaga, J.T., 2009. Detección de *Steneotarsonemus spinki* en Veracruz, México. http://cipmdev-cipm.info/test_cphst_org/pestalert/www/espanol/oprDetail.cfm?oprID=363" target="_blank").

Arthur, D.R. 1965. Ticks in Egypt in 1500 B.C. Nature, 206:1060-1061.

Auger, P., Migeon, A., Ueckermann, E.A., Tiedt, L., Navajas, M. 2013. Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): Review and new data. Acarología 53(4): 383–415.

Bastianel, M., Bassanezi, R., Freitas, J., Kitajima, E., Kubo, K., Machado, M. 2010. Citrus Leprosis Centennial of an unusual mite – vírus pathosystem. Plant Disease 94 (3) 284 -293.

Beard, J. J., Ochoa, R., Braswell, W. E., Bauchan, G. R. 2015. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae). Zootaxa 3944(1): 1-67.

Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R., Trice, M.D. Redford, A.J., Walter, T.W., Mitter, C. 2012. Flat mites of the world. Edition 2. Identification Technology program, CPHST, PPQ, APHIS, USDA, Fort Ollins, CO (accessed junio 15 2015). http://idtools.org /id/mites/flatmites/

Benavides, M. 1985. El ácaro *Steneotarsonemus pallidus* (Banks), nueva plaga de la fresa en la sabana de Bogotá. Resumen presentado en XII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomologia.

Bustillo, A., Saldarriaga, A. 1970. Evaluación de nueve acaricidas en el control del *Lorryia turrialbensis* B., *Brevipalpus phoenicis* (G.) y *Phyllccoptruta oleivora* (Ash.) en cítricos del Valle del Cauca. Acta Agronomica Vol. 20 No. 3-4.

CAB. Invasive Species Compendium. Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world. *Brevipalpus chilensis* (Chilean false red mite). http://www.cabi.org/isc/datasheet/10173

Camargo, I; Quirós, E; Von Chong, K; Zachrisson, B; González, F. 2006. Guía técnica para el manejo integrado del complejo Ácaro-Hongo-Bactería, en el cultivo del arroz. Panamá, IDIAP. 38 p.

Carrillo, D., Navia, D., Ferragut, F., Peña, J.E. 2011b. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. Fla Entomol 94:370.

Carrillo. D., de Coss, M.E., Hoy, M.A., Peña, J.E. 2011a. Variability in response of four populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. Biol Control. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.09.002.

Castiglioni, E., Navia, D. 2010. Presence of the Wheat Curl Mite, *Aceria tosichella* Keifer (Prostigmata: Eriophyidae), in Uruguay. Agrociencia 14:19–26.

Ceniflores. 2008. Manejo integrado de los ácaros de ornamentales. Litocamargo Ltda., Bogota. 83 p.

Childers, C.C., Rodrigues, J., Derrick, K., Achor, D., French, J., Welbourn, W., Ochoa, R., Kitajima, E. 2003. Citrus leprosis and its status in Florida and Texas: past and present. Experimental and Applied Ácarology. 30 (1-3), p.181-202.

Cocco, A., Hoy, M.A. 2009. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. Fla Entomol 92:276–291.

Correa-Victoria, F. 2006. Asociación de la bacteria *Burkholderia glumae* al complejo ácaro-hongo-bacteria en Panamá. Observaciones sobre muestras afectadas por el complejo en campos de arroz de Panamá. Aislamientos y pruebas de patogenicidad. http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/ bitstream/123456789/6691/1/complejo_ácaro_costa_ rica.pdf.

De la Torre, P.E., Martinez, H. 2004. Lista de los ácaros eriofioides (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) de Cuba. Revista Iberica de Aracnologia 9:123–126.

De Lillo, E., Di Palma, A., Nuzzaci, G. 2001. Morphological adaptations of mite chelicerae to different trophic activities (Acari). Entomologia, Bari 35:125-180.

Denmark, H.A. 2000. Cyclamen Mite, *Phytonemus pallidus* (Banks) (Arachnida: Acari: Tarsonemidae). UF/IFAS Extension. Original publication date December 2000. Revised August 2014. Visit the EDIS website at http://edis.ifas.ufl.edu. EENY-178.

Espinoza, N. 2008. Muestreo y diagnostico de presencia del ácaro *Aceria tosichella* Keifer en gramineas en Paraguay. In: Workshop en virosis de cereales transmitidas por el caro *Aceria tosichella*—Wheat streak mosaic virus y High plain virus en los paıses del Cono Sur: situacion, deteccion y manejo. Balcarce, Argentina. Libro de Resumenes. INTA-IFFIVE, pp 19–20.

Estrada-Venegas y Acuña-Soto, 2004 Navia D, Truol G, Mendonc¸a RS, Sagadı´n M (2006) *Aceria tosichella* Keifer (Acari: Eriophyidae) from Wheat Streak Mosaic Virus-infected wheat plants in Argentina. Int J Ácarol 32:189–193.

Etienne, J., Fletchmann, C.H.W. 2006. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. Int J Ácarol 32:331–332.

Evans, G.O.1992. Principles of ácarology. CAB International, Wallignford, 563 p.

Ferragut, F., Navia, D., Ochoa, R. 2013. New mite invasions in citrus in the early years of the 21st century. Exp Appl Ácarol (2013) 59:145–164. DOI 10.1007/s10493-012-9635-9.

Flechtmann, C.H.W., Etienne, J. 2001. Plant mites from Guadeloupe and French Guyana with descriptions of five new species of eriophyid mites (Acari: Eriophyidae, Tenuipalpidae, and Tetranychidae). Int J Ácarol 27(4):261–270.

Flechtmann, C.H.W., Etienne, J. 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). Syst Appl Ácarol 9:109–1104.

Gallego F.L. 1922. Piroplasmosis estudio sobre la garrapata. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 1922. p. 213-264 Tesis y disertaciones académicas; Garrapatas.

Gallego M., F. L. 2012. Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre, en Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 26, núm. 65 (1967): 32-66.

Gallego M., F.L. 2012. Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 26, núm. 67 (1969); 39-52.

García, A., Hernández, J., Almaguel, L., Sandoval, I., Botta, E., Arteaga, I. 2002. Influencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) y del hongo *Sarocladium oryzae* (Sawada) Gams & Hawks, sobre el vaneado y manchado de los granos de arroz. In: Encuentro Internacional de Arroz 2002, La Habana. Memorias. Cuba. Instituto de investigaciones del arroz. 2002. P. 189-193.

Garcıa, M.P.G., 2005. Vaneamento y manchado de grano en cultivos de arroz en Panama. Revista Arroz. 53, 455.

Gerson, U. 1992. Biology and control of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari:Tarsonemidae). Experimental Applied Ácarology 13: 163-178.

Gerson, U., Venezian, A., Blumberg, D. 1983. Phytophagous mites on date palms in Israel. Fruits 38:133–135.

Gonzales-Bustamante, L.E. 1996. *Phytonemus pallidus* (Banks) y *Frankliniella* sp. dañando fresa cultivada en Huaral, Lima Rev. per. Ent. 38:35-38. Diciembre 1995 (Septiembre 1996).

Hartung, J.S. Roy, A., Fu, S., Shao, J.,. Schneider, W.L., Brlansky, R.H. 2015. History and diversity of *Citrus leprosis* virus recorded in herbarium specimens. Phytopathology "First Look" paper • http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-03-15-0064-R • posted 05/11/2015. This paper has been peer reviewed and accepted for publication but has not yet been copyedited or proofread. The final published version may differ.

Herrera, L.A.R., 2005. A caro del vaneamiento del arroz – *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Prostigmata: Tarsonemidae). Cienc. Tecnol. (Plegable informativo). www.flar.org.

Hinomoto, N., Osakabe M., Gotoh T., Takafuji A. 2001. Phylogenetic analysis of green and red forms of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), in Japan, based on mitochondrial cytochrome oxidase subunit I sequences—Appl. Entomol. Zool., 36: 459-464.

Hoy, M.A. 2012. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. Exp Appl Ácarol. doi:10.1007/s10493-012-9537-x.

Hummel, N., Castro, B.A., McDonald, E.M., Pellerano, M., Ochoa, R. 2009. The panicle rice mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley, a re-discovered pest of rice in the United States. Crop Protection 28 (2009) 547–560

Hummel, N.A., Castro, B.A., Stout, M.J., Saichuk, J.K., 2007. Rice Pest Notes, Pest Management and Insect Identification Series, the Panicle Rice Mite. Louisiana State University Agricultural Center and Texas Cooperative Extension. Pub. 3023.

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2005. Resolución No. 001195 de 2005.Diario Oficial, edición 45.892. Miércoles 27 abril de 2005. Bogota , Colombia, p. 17.

Jensen, S.G., Lane, L.C., Seifers, D.L. 1996. A new disease of corn and wheat in the high plains. Plant Dis 80:1387–1390.

Jeppson, L.R., Keifer, H.H., Baker, E.W. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkely, 614 p.

Kane, E.C., Ochoa, R. Erbe, E.F. 2005. *Raoiella indica* Hist (Acari: Tenuipalpidae): an island-hopping mite pest in the Caribbean. Abstract. In: ESA meeting, Fort Lauderdale, December, 2005.

Kitajima & Alberti 2014). Kitajima, E. W. and Alberti, G. 2014. Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* Mites (Tenuipalpidae) – economically important plant-virus vectors. - Part 7: Ultrastructural detection of cytoplasmic and nuclear types of *Brevipalpus*- transmitted viruses. Pp. 173–192. In: G. Alberti & E.W. Kitajima (Eds): Anatomy and Fine Structure of *Brevipalpus* Mites (Tenuipalpidae) - Economically Important Plant-Virus Vectors. Zoologica 160: 1–192.

Krantz, G. W., Walter, D. E. (Eds). 2009. Manual of Ácarology. Texas Tech University Press, Texas. 807 p.

León, G. A., Becerra, C. H., Freitas-Astúa, J., Salaroli R. B., and Kitajima E. W. 2008. Natural infection of *Swinglea glutinosa* by the *Citrus leprosis* virus, cytoplasmic type (CiLV-C) in Colombia. Plant Disease 92: 1364.

León, G.; Realpe, C.E.; Garzón, P.A.; Rodríguez, J.A.; Moreno, M.G.; Childers, C.C.; Achor, D.; Freitas-Astua, F.; Antonioli-Luizon, R.; Salaroli, R.; Mesa, N; Kitajima, E. 2006. Occurrence of Citrus leprosis virus in Llanos Orientales, Colombia. Plant Diseases, 90: 682 published on-line as DOI: 10.1094/PD-90-0682C.

Leon, G.A. 2013. Eficiencia de transmisión del virus de la leprosis de los cítricos (CiLV-C) por ácaros vectores *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) en Colombia. Tesis Doctorado, Universidad Nacional de Colombia. http://www.bdigital.unal.edu.co/view/person/Le=F3n_Mart=EDnez 3AGuillermo_ Adolfo=3A=3A.html#sthash.waVOqvT8.dpuf.

Lindquist, E. 1986. The world genera to Tarsonemidae (Acari: Herostigmata): a morphological, Phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family group taxa in the Heterostigmata. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 136, 517 p.

Litten, W. 2012. Los ácaros dañinos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 6, núm. 22 (1946); 158-16.

Malik, R., Smith, C.M., Brown-Guedira, G.L., Harvey, T.L., Gill, B.S. 2003a. Assessment of *A. tauschii* for resistance to biotypes of wheat curl mite (Acari: Eriophyidae). J Econ Entomol 96:1329–1333.

Matiello, M.A., Pallini, A., Venzon, M. 2004. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.4, p. 1271-1277, jul-ago, 2004.

Mendoça, R.S., Navia, D., Cabrera, R.I. 2004. *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1967. (Acari, Prostigmata: Tarsonemidae) –uma ameaça para a cultura do arroz no Brasil. Brasilia: Embrapa Recursos Geneticos e Biotecnologia, 2004, 54 p. (Documentos/Embrapa Recursos Geneticos e Biotecnologia, 0102-0110:117).

Mesa, N., Ochoa, R., Welbourn, C., Evans, G., De Moraes, G. 2009. A Catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to gener. Zootaxa 2098: 1–185.

Mesa, N.C. 1999. Ácaros de importancia Agrícola en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomia. Medellin. VOl.52, No. 1: 321-363.

Mesa, N.C. 2010. Ácaros asociados a Cítricos en Colombia. Primer congreso Latinoamericano de citricultura, una jugosa oportunidad. Diciembre 1 al 3, Hotel Intercontinental, Medellìn

Colombia. Disponible en: https://www.google.com.co/webhp? sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-#q=ácaros+asociados+a+citricos+en+ colombia.

Mesa, N.C., Rodríguez, I.V. 2012. Ácaros que afectan la calidad del fruto de los cítricos en Colombia. Capitulo 6º., p. 163-172. In: Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Serie Lasallista Investigación y Ciencia. Corporación Universitaria Lasallista. 2012. 367 p. ISBN: 978-958-8406-17-6

Migeon, A., Dorkeld, F. 2006-2015. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb.

Moraes, G., Flechtmann, C.W. 2008. Manual de Acarología. Acarología Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Holos Editora, Riberão Preto, 270 p.

Mulla, M. S., Sánchez Medin, M.a (Ed), 1980. Ácaros en Colombia. Bionomía, ecología y distribución. Su importancia en las enfermedades alérgicas. Libro Bogotá Colciencias 1980 270 p. Universidad Nacional de Colombia

Murray TD, Parry DW, Cattlin ND (1998) A colour handbook of diseases of small grain cereal crops. Manson Publishing, London.

Murray, G.M., Knihinicki, D.K., Wratten, K., Edwards, J. 2005. Wheat streak mosaic and the wheat curl mite. NSW Department of Primary Industries, Orange NSW Australia. Primefact 99.

NAPPO. 2009. Phytosanitary alert system: detection of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. North American Plant Protection Organization. http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406. Accessed 15 junio 2015.

Navajas, M., Gutierrez, J., Bonato, O., Bolland, H.R., Mapangou-Divassa, S. 1994, Intraspecific diversity of the Cassava Green Mite *Mononychellus progresivus* (Acari:Tetranychidae) using comparisons of mitochondrial and nuclear ribosomal DNA sequences and cross-breeding. Experimental & AppliedÁcarology, 18 (1994) 351-360.

Navia D, Marsaro AL Jr, da Silva FR, Gondim MGC Jr, de Moraes GJ (2011) First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. Neotrop Entomol 40:409–411.

Navia, D., Alberto L Marsaro Jr, A.L.. 2010. First Report of the Citrus Hindu Mite, *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst) (Prostigmata: Tetranychidae), in Brazil. Neotropical Entomology 39(1):140-143 (2010).

Navia, D., de Mendonça, R.S., Skoracka, A., Wiktoria Szydło, W., Knihinicki, D., Hein, G., Valle da Silva, P.R., Pereira, G., Douglas Lau, T. 2013. Wheat curl mite, *Aceria tosichella*, and

transmitted viruses: an expanding pest complex affecting cereal crops. Exp Appl Ácarol (2013) 59:95–143 DOI 10.1007/s10493-012-9633-y.

Navia, D., De Moraes, G.J., Roderick, G., Navajas, M. 2005. The invasive coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae): Origin and invasion sources inferred from mitochondrial (16S) and nuclear (ITS) sequences. Bull Entomol Res 95(6):505–516.

Navia, D., Mendonça, R.S., Batista, M.F., Truol, G., Pereira, P.R.V.S., Guedes, J.V.C., Castiglioni, E., Morel, N.N.E. 2007b. The Wheat Curl Mite, *Aceria tosichella* Keifer, and associated viruses, Wheat streak mosaic virus and High plain virus—the risks posed to cereal crops in South America In: Proceedings XVI International Plant Protection Congress, Glasgow, 2: 612–613.

Navia, D., Moraes, G.J. de, Flechtmann, C.H.W. 2007a. Phytophagous mites as invasive alien species: quarantine procedures. In: Morales-Malacara JB, Behan-Pelletier V, Ueckermann E, Pe´rez TM, Estrada E, Gispert C, Badii M (eds) Ácarology: Proceedings of the XI international congress. Merida, Me´xico, pp 307–316.

Navia, D., Morais, E.G.F., Mendonça, R.S., Gondim, M.G.C. Jr. 2012. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae). In: Zucchi, R.A., Vilela, E. (eds) Pragas Introduzidas: Insetos e Ácaros, 2nd edn. FEALQ, Sa˜o Paulo.

Navia, D., Ochoa, R:, Welbourn, C., Ferragut, F. 2010. Adventive eriophyoid mites: a global review of their impact, pathways, prevention and challenges. Exp Appl Ácarol (2010) 51:225–255 DOI 10.1007/s10493-009-9327-2.

Navia, D., Truol, G., Mendonça, R.S., Sagadın, M. 2006. *Aceria tosichella* Keifer (Acari: Eriophyidae) from Wheat Streak Mosaic Virus-infected wheat plants in Argentina. Int J Ácarol 32:189–193.

Nienstaedt-Arreaza BM (2007) Estudio de algunos aspectos biolo´gicos y ecolo´gicos del a´caro hindu´ de los cı´tricos *Schizotetranychus hindustanicus* (Hisrt, 1924) (Acari: Tetranychidae) en Maracay, Venezuela. Undergraduate monography, Universidad Central de Venezuela.

Norton, R.A. 1998. Morphological evidence for the evoluationary origin of Astigmata (Acari: Acariformes). Experimental Applied Ácarology 22:559.594.

Ochoa, R., Aguilar, H., Vargas, C. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada. Turrialba: CATIE. 225 p.

Oldfield, G.N., Proeseler, G. 1996. Eriophyoid mites as vectors of plant pathogens. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, The Netherlands, pp 259–275.

Osorno Mesa, E. 1939 Las Garrapatas de la Republica de Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín; Revista de la Facultad Nacional de Agronomia.

Patiño Camargo, L. 1940. Artrópodos hematófagos de la fauna Colombiana. Facuhad de Medicina. Universidad Nacional. Revista de la Facultad de Medlcina – Numero 270. - Relación 239-393. . marzo 2 de 1940.

Patiño Camargo, L. 1941. Nuevas observaciones sobre un tercer foco de fiebre petequial en el hemisferio americano. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Revista de la Facultad de Medicina. Vol. 10, no.5 (Nov. 1941); p.359-376.

Peña, J.E., Rodrigues, J.C.V., Roda, A., Carrillo, D., Osborne, L.S. 2009. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. In: Proceedings of the 2nd meeting of IOBC/WPRS, work group integrated control of plant feeding mites. Florence, Italy, 9–12 March 2009, pp 69–79.

Pereira, P.R.V.S., Navia, D., Salvadori, J.R., Lau, D. 2009. Occurrence of *Aceria tosichella* in Brazil. Pesq. Agropec Bras 44(5):539–542.

Perez, C., Saavedra, E. 2011. Avances en el manejo integrado de la bacteria *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en el Caribe Colombiano. Rev. Colombiana cienc. Anim. 3(1).2011.

Perring, T.M. 1996. Vegetables. In: Lindquist E.E, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: theirbiology, natural enemies and control. Elsevier, The Netherlands, pp 593–610.

Quiroz, M., Dorado, I. 2004. Eficiencia de tres productos comerciales en el control del ácaro hindu de las citricas *Schizotetranychus hindustanicus* (Hisrt), en el laboratorio. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomia. Dpto. Fitosanitario. Resumen de Congreso de Entomologia Carlos Julio Rosales 2005.

Quiroz, M., Geraud-Pouey, F. (2002) *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst) (Acari: Tetranychidae), new spider mite pest damaging citrus in Venezuela, South America. In: Morales-Malacara JB, Rivas G (eds) XI International Congress of Acarology. Program and abstract book. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Distrito Federal Mexico, pp 255–256.

Raga, A., Mineiro, J.L.C., Sato, M.E., Moraes, G.J., Flechtmann, C.H.W. 2008. Primeiro relato de *Eriophyes litchi* Keifer (Prostigmata: Eriophyidae) em plantas de lichia no Brasil. In: Anais do XXII Congresso Brasileiro de Entomologia, 2008, Uberlaˆndia. Sociedade Entomolo´gica do Brasil (CD).

Ramos, M., Rodríguez, D. 2003. Análisis de riesgo de una especie exótica invasora: *Steneotarsonemus spinki* Smiley. Estudio de caso. Revista de Protección Vegetal, Habana 18(3): 158-178. 2003.

Rodrigues, J.C,.V., Antony, L.M.K. 2011. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. Fla Entomol 94:1073–1074.

Rodrigues, J.C.V., Irish, B.M. 2011. Effect of coconut palm proximities and Musa spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp Appl Ácarol. doi:10.1007/s10493-011-9484-y.

Rodríguez, I.V. 2012 Identificación de ácaros que afectan cultivos de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.) en el núcleo sur occidental de Colombia y establecimiento de dinámica de población y fenología de algunas especies de importancia económica. Doctorado thesis, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. - See more at: http://www.bdigital.unal.edu.co/view/person/Rodr= EDguez_Torres = 3AIsaura_Viviana_= 3A=3A.html#sthash.P8JjD2KT.dpuf.

Rogers, M., Stansly, P., Childers, C., Mccoy, C., Nigg, H. 2009. Florida Citrus Pest Management Guide: Rust Mites, Spider Mites and Other Phytophagous Mites. Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Document ENY-603. 8 p.

Roy, A., Choudhary, N., León, G., Shao, J., Govindarajulu, A., Achor, D., Wei, G., Picton, D., Levy, L., Nakhla, M., Hartung, J., Brlansky, R. 2013. A Novel Virus of the Genus Cilevirus Causing Symptoms Similar to Citrus Leprosis. Phytopathology. 103(5):488–500.

Roy, A., Leon, G., Hartung. J., Brlansky, R.H., Stone, A.L., Schneider, W.L. 2014. First report of citrus leprosis virus nuclear type in sweet orange in Colombia. Plant Disease American Phytopathological Society 98:1162-1163.

Roy, R., Hartung, J.S., Schneider, W., Shao, J., Leon, G., Melzer, M.J., Beard, J., Otero-Colina, G., Bauchan, G.R., Ochoa, R., Brlansky, R.H. 2015. Role bending: complex relationships between viruses, hosts and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. Phytopathology 03/2015. Posted online on 16 Mar 2015.

Sanabria, C., 2005. El a caro del vaneo del arroz (*Steneotarsonemus spinki*: Tarsonemidae). Ministerio de Agricultura y Ganaderia (MAG-Costa Rica) Actualidad Fitosanitaria, Boletin informativo Mayo-Jun 2005. No. 22, 1–3.

Sandoval, M.F., Almaguel, L., Fréitez, F., Vásquez, C. 2009 Situación actual del ácaro del arroz, *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Venezuela ENTOMOTROPICA Vol. 24(3): 135-139. Diciembre 2009.

Skare, J.M., Wijkam, I., Rezende, J., Michels, G., Rush, C., Scholthof, K.B.G., Scholthof, H.B. 2003. Colony establishment and maintenance of the eriophyid wheat curl mite *Aceria tosichella* for controlled transmission studies on a new virus-like pathogen. J Virol Methods 108:133–137.

Smiley, R.L., 1967. Further studies on the Tarsonemidae (Acarina). Proc. Entomol. Soc. Wash. 69, 127–146.

Smith, D., Peña, J.E. 2002. Tropical citrus pest. pp. 57-102. En: Tropical fruit pests and pollinators' biology, economic importance natural enemies and control. 443 p. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=t_BSs0hrAPAC&pg=PA78&dq=smith+y+pe%C3%B1a+2002&hl=es&sa=X&ei=nHmZT-OMergwfdvtTTBg#v=onepage&q=smith%20y20pe%C3%B1a%202002&f=false.

Toro Sánchez, Shirley (2014) Dinámica poblacional y estudio de la incidencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari:Tarsonemidae) sobre el desarrollo fenológico del arroz en Colombia. Doctorado thesis, Universidad Nacional de Colombia. - See more at: http://www.bdigital.unal.edu.co/view/person/Toro_S=E1nchez=3AShirley=3A=3A.html#sthash.m6ygssah.dpuf.

Urueta, E., Navarro, R. 1978. El ácaro *Steneotarsonemus pallidus* nueva plaga de la fresa en Colombia. Control químico y observaciones transmision a otros cultivos. Resumen presentado en IV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomologia.

Valdés, A. 2008. Descripción del daño ocasionado por *Eriophyes hibisci* (Acari: Eriophyidae) en *Hibiscus rosa-sinensis* (Malvales: Malvaceae). Resumen, Congreso XXV SOCOLEN.

Vásquez, C, Quiroz, M.G., Aponte, O., Sandoval, D.M.F. 2008. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. Neotrop Entomol 37:739–740.

Vieira, M.R., Correa de S., L., Castro, T.M.M., da Silva, L.E.S., de S. Monteverde, M. 2004. Efeito do cultivo do mamoeiro (Carica papaya L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas brancas. Revista Brasileira de Fruticultura, 26 (3):441-445.

Walter, D.E., Lindquist, E.E., Smith, I., Cook, D.R., Krantz, W. 2009. Orden Trombidiformes. pp. 233-420. En: Krantz, G. W.; Walter, D. E. (Eds). Manual of Ácarology. Texas Tech University Press, Texas. 807 p.

Welbourn C (2010) Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Miami: Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Updated 01st May 2009.

Welbourn, C. 2006. Pest alert: red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services. http://www.freshfromflorida.com/pi/pest-alerts/ raoiella-indica.html. Accessed 15 Junio 2015).

Welbourn, C., Rodriques, J.C., Peña, J.E. 2008. The *Hibiscus erineum* mite, *Aceria hibisci* (Acari: Eriophyidae) a new introduction in the Caribbean and a potential threa to Florida's Hibiscus. University of Florida IFAS Publicatin ENY http://edis.ifas.ufl.edu/IN777.

Yaninek, J.S., Herren, H.R. 1988. Introduction and spread of the Cassava Green Mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic, pest in Africa and the search for appropriate control methods: a review. Bull. Entomol. Res., 78: 1-13.

Yaninek, J.S., Moraes de, J.G. 1991. A sypnosis of classical biological control of mite pests in agricultura. In: Dusbabek, F. y Bukva, V. (orgs.) Modern Ácarology. SPB Academic Publishing. The Hague and Academia, Praga, v. 1, pp. 133-149.

Zhang, Z. Q. 2003. Mites on Greenhousses. Identification, Biology and Control. Edited by Z Zhang, Landcare Research, Auckland, New Zealand, the Natural History Museum, London, UK, and Fudan University, China August 2003 / Hardback / 240 Pages.

Zhang, Z.Q. 2011d. Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. *In*: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higherlevel classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa, 3148, 99–103.

Zuluaga, J.I., Saldarriaga, A. 1970. Reconocimiento, identificación, Algunas observaciones sobre dinámica de poblaciones de ácaros, en Cítricos del Valle del Cauca, Colombia. Acta Agronómica, Vol. 20 No. 3-4.

Zuluaga, J.I., Saldarriaga, A. 1971 Lista preliminar de ácaros de importancia en Colombia. Acta Agronómica Vol. 21 , No. 3: 119-132.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN AGUACATE

Martha E. Londoño Z.

Investigador M.Sc. Pesionado de Corpoica. londonomartha2@gmail.com. –
Cel: (57)4-3043767579

INTRODUCCION

Esta publicación presenta los sistemas productivos de aguacate identificados en Colombia, sus características, la problemática fitosanitaria relevante y las estrategias de manejo. Así mismo presenta las estrategias de intervención que a través de la investigación ha hecho Colombia para atender las demandas de la cadena relacionadas con la generación de programas de manejo de plagas eficientes.

El mercado del aguacate en Colombia es dinámico, la producción no alcanza a satisfacer la demanda existente y en el período de septiembre a enero en que baja la cosecha, ingresa aguacate de Venezuela y Ecuador. El precio de venta mayorista en los cuatro principales mercados del país oscila entre 1 y dos dólares el kilo. El precio interno del aguacate es atractivo y, sumado a una demanda insatisfecha, permite visualizar que el potencial de esta agroindustria no sólo está en un buen desempeño en el mercado internacional, sino que a nivel interno, sus posibilidades son importantes también. Por lo tanto en este escenario, el análisis de flujos de producción, infraestructura y equipamiento requerido para su distribución con oportunidad y eficiencia, tendencias de consumo diferentes al fruto en fresco (y sus respectivos requerimientos), preferencias del pequeño consumidor y su disposición de pago por el producto ofrecido, entre otros, son aspectos que requieren de un análisis permanente, que brinde información para el desarrollo del mercado y establecimientos de nichos en las diferentes épocas del año.

El consumo per cápita en Colombia de 4,4 kilos al año es relativamente bajo si se compara con el de República Dominicana y México, con 25,9 y 7.0 kilos/año, respectivamente. El aumento del consumo de aguacate en Colombia puede hacerse a través de campañas dirigidas a ilustrar sobre las propiedades nutricionales y nutracéuticas que tiene este producto y que son valoradas por los consumidores en todo el mundo. Con recursos de regalías del departamento de Antioquia se realizó la primera campaña al consumo de aguacate en Colombia, lo que se considera el primer impulso a esta estrategia utilizada por todos los países productores de la fruta para aumentar el consumo interno (http://antioquia.gov.co/index.php/secretario-agricultura/noticias-secretrario /22625-antioqu ia-le-apuesta-a-incrementar-la-productividad-del-cultivo-del-aguacate-hass).

Se requiere además, que el alcance no llegue solo a impulsar el desarrollo productivo del aguacate como elemento de crecimiento, sino también considerar los factores de encadenamiento

que conlleven a generar efectos en el resto de la estructura productiva regional (Tafur *et al.*, 2006), que propenda por el desarrollo de las regiones, con impacto socio económico sobre las mismas.

IMPORTANCIA DEL AGUACATE

El aguacate (*Persea americana* Mill.) se considera por varios autores un frutal de origen Mesoamericano. Se cree que la domesticación y posteriormente la dispersión a otros países de América se llevo a cabo desde las montañas del centro y oriente de México y Guatemala (Avilán *et al.*, 1992; Téliz, 2000; Williams, 1977b). Es un producto de gran interés en el mercado mundial, debido a los diversos atributos nutracéuticos y sensoriales que posee, especialmente los relacionados con el alto contenido de aceite, cercano al 25%, en el que predominan los ácidos grasos mono-insaturados (66%) y poli-insaturados (10%); al mismo tiempo, por la presencia de las vitaminas A, B1, B2, B6, C, D, E, K, ácido fólico, biotina, así como, de los elementos calcio, hierro, fósforo, cobre, magnesio, manganeso, sodio y potasio; dichos nutrimentos le confieren propiedades benéficas para la salud humana, principalmente en la prevención de enfermedades del sistema circulatorio (Ortega, 2003 y Rojas *et al.*, 2004).

Colombia tiene posibilidades de participar en el escenario internacional del mercado del aguacate. La producción mundial de aguacate está estimada en 4 millones de toneladas al año, provenientes de 407.000 hectáreas sembradas. El mercado mundial requiere de 8 millones de toneladas aproximadamente, déficit que se constituye en una oportunidad para que Colombia pueda entrar con oferta de esta fruta al mercado externo (Camero, 2011).

CONTEXTO NACIONAL DEL AGUACATE

En el año 2011, Colombia contaba con 24.905 hectáreas de aguacate, con una producción de aproximadamente 229.307 toneladas, que equivalen a 9,2 t/ha. Con dicha producción se le ubica como el quinto productor a nivel mundial (http://hdl.handle.net/ 123456789/4202; Camero, J.F. 2011). Esta estadística de producción, difiere de la que presenta el Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas que reporta 35.211ha plantadas de aguacate para ese mismo año, con una producción de 149.117 toneladas, con una equivalencia a solo 4,2 t/ha (http://www.agronet.gov.co/www /htm3b/public/ENA/ENA_2011.pdf). El ICA mediante levantamiento de Línea Base de aguacate para apoyar la apertura de mercado hacia los Estados Unidos de América, reportó una productividad de 4,41 toneladas/ha como promedio nacional, con aproximadamente 205 árboles por ha (Torres, 2013). Estudios hechos por el Consejo Nacional del Aguacate indican que la productividad de aguacate en Colombia con el cultivar Hass es superior a la internacional, con aproximadamente 10 t/ha, como se aprecia en la Figura 1 (Mejía, 2009).

Figura 1. Rendimiento en la producción mundial de aguacate. Tomado de: Mejía, A. 2009.

La disparidad en las cifras, indica que aún no es clara la información reportada de área sembrada y producción total por año y mucho menos clara es en productividad.

Colombia cuenta con 21,5 millones de hectáreas disponibles para agricultura (Mejía, 2013), de las cuales una buena parte puede ser apta para el cultivo de aguacates criollos, verdes y Hass (Mejía, 2011). De acuerdo con estudios previos, Colombia tiene un potencial de 775.850 hectáreas que se podrían incorporar a la siembra de aguacate cv. Hass (García *et al.*, 2013), lo que permite pensar en la posibilidad de incrementar sustancialmente el volumen de producción de este tipo de aguacate, que es el de mayor aceptación, con el 98% del volumen comercializado en el mercado internacional. Colombia inició exportaciones a la Unión Europea que vienen comportándose de manera creciente desde el año 2008, empezando con 28.947 kilos hasta 500 toneladas en el 2013, embarcados en 25 contenedores (Camero, 2009, 2011; Hidalgo, 2013). (http://www.portalfruticola.com /2013/04/15/colombia-productores-y-exportadores-de-aguacate-hass-conforman-comite-na ci nal/?pais=otrospaises). Los principales departamentos productores de esta variedad en Colombia son Tolima, Antioquia, Caldas, Risaralda, Valle del Cauca y Quindío (Mejía, 2013).

SISTEMAS PRODUCTIVOS

La producción de aguacate en Colombia proviene de 15 departamentos; el 92% de la misma se concentra en ocho de ellos. Los principales departamentos productores, Bolívar, Tolima y Antioquia, participan con el 28,55%, 18,44% y 17,41% de la producción nacional, respectivamente (Mejía, 2011). La importancia del aguacate en Colombia está ligada a su tradición y desarrollo en las regiones donde se cultiva, al cultivar utilizado y al mercado que se atiende. Apoyados en estas características, se han diferenciado tres sistemas productivos (Londoño, 2014):

- Sistema Empresarial para la exportación
- Sistema Empresarial para el mercado nacional
- Sistema de Bosque Tropical Natural Caribe

Existen en el país 4.023 hectáreas donde se ubican también aguacates criollos, de piel verde, distribuidas en los departamentos de Santander, Tolima, Antioquia y Valle del Cauca. El sistema de producción de estos aguacates es poco conocido, aunque en algunos casos, los materiales llamados criollos son buscados por los viveristas para ser utilizados como patrón (Londoño, 2014).

Sistema empresarial para la exportación

Este sistema está sustentado en el cultivar Hass, con aproximadamente 8.800 hectáreas en producción (Ramírez, 2013; Portal frutícola.com, 2013), plantadas a alturas entre 1900 y 2500 m.s.n.m., en 65 municipios de 9 departamentos y que reportan un rendimiento promedio de 10.8 t/ha (Mejía, 2009). La historia del aguacate Hass en el país se inicia en el 2000 con aproximadamente 1200 ha sembradas, que permanecieron relativamente estables hasta hace seis años, cuando se empezó a dar un incremento importante en las siembras. La proyección de la producción para los próximos años, es de 27.500 toneladas en 2013, 41.200 toneladas en 2014, 57.300 toneladas en 2015, 62.530 toneladas en 2016 (Mejía, 2013; Torres, 2013), por lo que el Estado colombiano y la cadena productiva, vislumbran un gran potencial en este cultivo dada la oportunidad que puede abrirse para este producto en el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos de América (Apuesta Exportadora Agropecuaria MADR, 2006; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, PROEXPORT y BANCOLDEX, 2012). No obstante haber incursionado en el mercado internacional, la estabilidad de la permanencia en los mercados puede verse amenazada por la incertidumbre que representa la capacidad de responder a los estándares establecidos por estos mercados (Mejía, 2013). Los huertos de aguacate Hass en Colombia han sido constituidos de manera dispersa. Los productores no cuentan con información que les permita planificar y ubicar sus cultivos en las zonas aptas, con material de siembra estable, con calidad; tampoco se dispone de un modelo productivo que brinde mayor posibilidad de producir fruta con calidad y de manera competitiva.

Los problemas cuarentenarios deben revisarse y mantener estudios que permitan al país negociar con habilidad ante los requisitos del país importador. En el renglón específico de mercado con los Estados Unidos de América, deben considerarse especialmente las barreras cuarentenarias y aplicar esquemas de Vigilancia Epidemiológica, de la mano con la institucionalidad colombiana. Se hace necesario implementar estrategias a nivel nacional que potencialicen la competitividad y el desarrollo de regiones a partir de este producto, que le den estabilidad al sistema productivo y favorezcan la calidad de vida de las comunidades que participan de esta actividad.

Sistema empresarial para el mercado nacional

El sistema empresarial para el mercado nacional está representado por los cultivos de las variedades de piel verde, principalmente Lorena, Santana, Choquette, Semil, Booth 8 y Trinidad. La producción anual de este tipo de aguacate se estima en 80.000 toneladas aproximadamente (El Tiempo, 2010), que provienen de 5.460 ha cultivadas a alturas entre 600 y 1400 m.s.n.m. ubicadas principalmente en el Eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca. (Camero, 2011; Mejía, 2011; http://viverojugoza.com/index.php?option=comcon tent&view= article&id=8&Itemid =24). Su mercado se desarrolla a nivel interno, con buena aceptación; en especial por el tamaño entre 400 y 650 gramos por unidad, la forma aperada y el brillo de la piel. Presenta productividades entre 10 y 15 toneladas por ha; está disponible durante los meses de mayo a enero en los mercados locales, con precios al consumidor entre $2500 y $5400 por kilo, superiores a los precios de los demás aguacates ofertados durante los últimos seis años. Los precios menores ocurren en mayo y junio, cuando sale la cosecha de Tolima y Valle del Cauca, pero aun así, son superiores a los de los demás aguacates verdes y al del aguacate Hass (Corabastos, 2013).

La longevidad de los árboles en este sistema de producción está alrededor de los 12 años, mientras que en otros países productores los árboles de aguacate pasan de los 30 años. Esto le resta competitividad al cultivo, ya que es un período muy corto de vida útil, teniendo en cuenta la inversión requerida para el establecimiento, la cual está alrededor de los $20.000.000 por hectárea (Mejía, 2011) y la espera que debe hacerse mientras llega a su madurez, lo cual toma seis años; notándose claramente que se tiene una desventaja en este sistema productivo. Adicionalmente, el manejo del cultivo es tradicional, en el que los árboles son poco intervenidos, de porte alto, sembrados a distancias amplias, que también le resta competitividad. Los patrones utilizados actualmente para la copa Lorena y para aguacates verdes, son de la raza Antillana, cuyo comportamiento es aceptable en las condiciones cálidas donde está establecido. No obstante, se requieren estudios sobre patrones que puedan conferir longevidad a los árboles y mejorar la sanidad (Londoño, 2014).

Sistema de Bosque Tropical Natural Caribe

Corresponde a zonas productoras de aguacate ubicadas en los departamentos de Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, Cesar y Guajira, con ecotipos de la raza Antillana, entre los cuales se destacan los conocidos localmente como “Cebo”, “Manteca” y “Leche” (Montes de María,

Bolívar) y “Curumaní” (Cesar) (Vega, 2012; Mejía, 2011). Se tienen registros de la existencia del aguacate en esta zona desde 1519, cuando fue encontrado por el Español Martín Fernández de Enciso en un poblado en inmediaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. De acuerdo con los relatos populares, las primeras siembras se hicieron en la zona de Montes de María para darle sombrío a cultivos de café. Posteriormente, con la desaparición de los cultivos de café, el aguacate cobró importancia y se convirtió en una fuente de ingresos para los habitantes de la zona. Este producto alcanzó un reconocimiento en los mercados regionales y nacionales. Es así como desde los años sesenta inició despachos a las ciudades de Medellín, Barranquilla y Cartagena, hasta llegar a las plazas de Bogotá. No obstante este auge, la comunidad productiva generalmente carece de los servicios esenciales como electrificación, acueductos, vías de acceso, comunicaciones y centros de salud. (Vega, 2012; http://aguacatescol.blogspot.com/2007/04/el-aguacate.html). La importancia del sistema Bosque Tropical Natural Caribe, además del aporte a la producción nacional, está soportada en que los aguacates se constituyeron en productos emblemáticos de la zona, con aprecio sociocultural por parte de la población costeña. En el acervo popular, la cosecha de aguacate es esperada y valorada como propia y de calidad. (Vega, 2012; El Universal, 2013). El sistema de producción de aguacate de la zona Caribe cubre 7.033 hectáreas que se encuentran a alturas de 0 a 800 m.s.n.m., principalmente en los cerros de los Montes de María, Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá (Vega, 2012; Mejía, 2011), que producen más de 80.000 toneladas al año, que representan el 35% de la producción nacional (cálculos derivados de la producción nacional en toneladas y la contribución proporcional de los departamentos-Mejía, 2011; Vega, 2012). Se caracteriza por tener entre 100 y 130 árboles de aguacate por hectárea en policultivos, donde interactúan con plátano, café, cacao y yuca, principalmente (Tofiño *et al.*, 2012). La edad de los árboles oscila entre 10 y 50 años, que en su gran mayoría se han dado de manera espontánea y con baja tecnificación. La escasa atención por parte de los agricultores en relación con poda, fertilización y manejo en general del cultivo, no habían causado deterioro a sus huertos de aguacate. Es a partir del año 2000, que los cultivos se han visto impactados en forma negativa. Dicho impacto tiene su expresión en una disminución creciente del área, calculada en 4.4%, que se traduce obviamente en una disminución de la participación en el total de la producción nacional correspondiente a un 3.7% (Vega 2012). En Septiembre del 2013, se reportan 3.700 hectáreas de aguacate perdidas en Montes de María y 800 hectáreas más amenazadas, lo que relacionan con una pérdida del 80% de los empleos directos e indirectos en épocas de cosecha. (El Universal, 2013). En el departamento del Cesar, la producción ha disminuido en 23% debido a limitantes bióticas y abióticas, relacionadas principalmente con la presencia de pudriciones radicales y a aumentos de humedad en el suelo a causa de lluvias intensas durante los últimos años, respectivamente (Cesar en cifras, 2009). Los estudios realizados en la Serranía del Perijá (Cesar), consideran que el deterioro de los árboles se debe a las prácticas inadecuadas de manejo de cultivo utilizadas como la quema y el uso de plaguicidas por parte de los productores, que a su vez conlleva al deterioro de los suelos de este sistema productivo, afectando la diversidad de microorganismos antagonistas y favoreciendo la prevalencia de hongos fitopatógenos. Adicionalmente, las quemas disminuyen el fósforo disponible y el carbono del suelo, debido principalmente a la ruptura del carbono rico en

macroagregados (Tafur *et al.*, 2012). El deterioro del suelo, el manejo deficiente del cultivo y la edad de los árboles ponen en riesgo un sistema para el que su importancia no sólo se mide en su aporte en la dinámica económica de la región, sino en el arraigo cultural que esta actividad ha representado por décadas. El dinero captado de la cosecha de aguacate es el referente de actividades relacionadas con la mejora de viviendas, actos sociales y culturales que motivan la vida, generan arraigo, y los desarrolla como sociedad con expectativas.

PROBLEMÁTICA DEL AGUACATE EN COLOMBIA

Si bien la problemática tecnológica del aguacate en Colombia es común en aspectos relacionados con el desconocimiento de los materiales genéticos y su relación con su expresión en los diferentes ambientes, con usos de tecnologías sin validaciones y ajustes que los hacen ineficientes, también tiene particularidades en cada sistema productivo, cuya intervención desde lo tecnológico debe responder a estas particularidades para que se aprovechen las ventajas desde cada uno de los ambientes.

Los problemas sanitarios del aguacate en Colombia son encabezados por la pudrición de raíces a causa del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands y el secamiento de árboles a cusa de *Verticillium* sp. La utilización de material de siembra de baja calidad, favorece la incidencia de estas enfermedades desde los primeros estados del cultivo (Tamayo, 2014). El material ofertado por parte de los viveros en el país no ofrece garantía de la calidad genética, fisiológica y sanitaria; Las acreditaciones están basadas en observaciones visuales y no hay exigencia por parte de los productores para asegurar la calidad. En el fruto ocurren enfermedades conocidas como antracnosis y pudrición del pedúnculo, cuya aparición y severidad están relacionadas con el cultivar, las condiciones climáticas, el manejo del cultivo, entre otras condiciones.

Muchos insectos están asociados con el aguacate en Colombia, pero la mayoría de ellos son benéficos o inofensivos. Unos pocos se consideran plagas porque causan daños cuyo costo es mayor que la medida de manejo. Entre las principales plagas se encuentran los de hábitos chupadores, como Monalonion, trips, insectos escama y ácaros. Así mismo los de hábitos masticadores, entre los que se encuentran los perforadores de frutos y semillas y los Marceños (Londoño *et al.*, 2014).

Los problemas sanitarios del aguacate deben ser afrontados de manera secuencial, partiendo de la identificación del agente causal, pasando por la caracterización de los factores epidemiológicos involucrados con la incidencia y severidad de los mismos y, a paso seguido, conociendo los enemigos naturales y los factores reguladores. De esta forma se pueden plantear estrategias de manejo seguras y duraderas (Londoño, 2014).

PLAGAS DE IMPORTANCIA Y SU MANEJO

Se presentan las plagas de mayor ocurrencia y dalo en el cultivo del aguacate. Se anotan aspectos relacionados con la descripción, biología daño y manejo principalmente.

Insectos

Monalonion velezangeli Carvalho & Costa (Hemiptera:Miridae)

Conocido comúnmente como *Monalonion*, Chinche del aguacate o Coclillo (Cárdenas & Posada, 2001). En café se le conoce como chinche de la chamusquina (Ramírez-Cortés *et al.*, 2008). Taxonómicamente está ubicado en el orden Hemíptera, Familia Miridae. Este insecto fue reportado en 1984 en Jardín, Antioquia (Secretaria de Agricultura), atacando frutos de aguacate; sin embargo, solo hasta 1988 se logró la descripción. Es un insecto de color rojo-anaranjado, con las alas negras, al igual que sus antenas y patas. Los adultos miden 1,5 cm de longitud; presentan hemélitros con manchas rojas dentro y fuera de la areola de las alas anteriores y una típica franja blanca en el fémur de las patas posteriores. La hembra es más robusta que el macho y presenta el abdomen ensanchado y de color rojo-anaranjado (Carvalho y Costa, 1988; Londoño 2011).

El ciclo de vida de *M. velezangeli* es de 63 días; tarda 51 días de huevo a adulto. Los huevos son puestos de forma individual o en pequeños grupos de dos a tres, inmersos en el tejido vegetal; son ubicados por la presencia de dos proyecciones filamentosas de color blanco, que corresponden a conductos respiratorios, los cuales quedan por encima del tejido vegetal (Londoño, 2014). Los huevos son puestos en los tallos de ramas jóvenes y su incubación tarda en promedio 23 días. El período ninfal dura 27 días y los adultos 10-12 días. Tanto los adultos como las ninfas se ubican cerca de los brotes terminales, en lugares con menor impacto de la luz solar, comúnmente debajo de las hojas. Por tal motivo, los árboles emboscados, son más frecuentados por este insecto debido a las condiciones umbrías al interior de los mismos (Londoño, 2011).

Se han encontrado alrededor de 16 plantas hospederos de *M. velezangeli.* En mora de castilla *Rubus glaucus* Benth (Rosaceae) (Franco y Giraldo, 1999), en café (*Coffea arabica* L.), mango (*Mangifera indica* L.), cope (*Clusia* sp. Jacq.), hojiancho (*Ladenbergia magnifolia* Klotzsch), guayaba (*Psidium guajava* L.), sietecueros (*Tibouchina lepidota* Baill.) y siempreviva (*Tripogandra cumanensis* Kunth.) (Ramirez-Cortez *et al.*, 2008). Corpoica reporta como hospederos adicionales guayaba limón (*Psidium littorale* Sabine), guayaba fresa (*Psidium littorale* cv. *Cattleianum*), guayaba feijoa (*Acca sellowiana*), laurel de cocina (*Laurus nobilis*), arrayán de Manizales o "Eugenia" (*Syzygium oleosum*), guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata* L.) y camelia (*Camellia* sp.). *M. velezangeli* se encuentra reportado en cultivos de aguacate de los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío (Londoño, 2012).

M. velezangeli es una plaga que causa pérdidas entre 50% y 100% (Arango y Arroyave, 1991; Gallego y Vélez 1992; Londoño, 2012) ataca brotes vegetativos, flores, inflorescencias y frutos de aguacate. De acuerdo con encuesta aplicada por Corpoica en 83 fincas productoras de

aguacate Hass en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío, el 46% de los productores consideran este insecto como plaga principal (Londoño, 2011). La plaga causa daño al punzar el vegetal y succionar la savia. Su punción está seguida por una reacción de la planta, que se manifiesta por un exudado de color transparente a rojo, seguido por una mancha amplia de color café en el tejido vegetal (Londoño, 2011). El daño fresco en tallos jóvenes se tipifica por una hinchazón de 8-12 mm; en frutos se presenta como manchas aceitosas de color café, que luego se tornan negras, cuando están viejas (Londoño y Vargas, 2010).Reduce la producción entre 7 y 42% en clima frío, lo que causa pérdidas entre $1500-9300 millones al año (Londoño 2011).

El incremento de población está favorecido por las altas humedades relativas y altas temperaturas. La alimentación y el desarrollo del insecto se aumentan cuando éste está en ambientes cálidos, húmedos y estáticos, siendo más determinante, cuando estas condiciones climáticas se presentan de manera consistente durante algo más de una semana (Torres-Jaimes, 2013).

M. velezangeli tiene varios enemigos naturales. Los adultos y las ninfas son afectados por hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*. Se han visto arañas, chinches Reduvidos y Crysomelidos consumiendo adultos y ninfas (Londoño, 2012).

Los insecticidas a base de deltametrina, lambdacihalotrina, thiametoxam e imidacloprid, asi como la mezcla lambdacihalotrina + thiametoxam, son útiles para el manejo en ataques severos; causan mortalidad entre 85 y 100% 24 horas después de aplicados; la mortalidad alcanza el 100% a los tres días de aplicados (Montilla-Perez *et al.*, 2014).

Los tratamientos Biológico (*B. bassiana*-Bioproteccion+L'Ecomix-EcoFlora) y Químico (Imidacloprid-Comfidor), separadamente, con dos aplicaciones cada uno (cada mes), lograron bajar la incidencia del daño de *M. velezangeli* de 100 a 22 y 11%, respectivamente, en cinco semanas. Estos dos tratamientos se diferenciaron del testigo absoluto. Se ha evidenciado también que la poda de altura y sanitaria contribuye a la recuperación de los árboles tratados; mientras que los árboles del testigo, permanecen con incidencia del daño superior al 80% (Londoño, 2011).

Tríps

***Frankliniella gardeniae* Moulton (Thysanoptera: Thripidae)**

Se les conoce comúnmente como Trips ó Bichos candela. Están ubicados taxonómicamente en el orden Thysanoptera, Familia Thripidae. En otros lugares del mundo se han reportado varias especies de trips en aguacate con importancia económica (De Villiers y Van den Berg, 1987; Fisher, 1989; Mc Murtry *et al.*, 1991; Bender, 1998; Coria, 1993; Childers, 1997); No obstante, en Colombia, solo se han reportado las especies: *Frankliniella gardeniae* Moulton, *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouche), *Selenothrips rubrocinctus* (Girad), *Frankliniella occidentalis* (Pergante) y *Thrips palmi* Karny (Echeverry-Flórez y Loaiza, 1998; Vergara, 1999; Sánchez,

2000; Barragán *et al.*, 2010; Varón, 2014). Mediante diagnóstico de especies realizado por el ICA (Ever Ebratt), se detectó que la especie predominante en las flores de aguacate es *Frankiniella gardeniae*; mientras la proporción de las especies *Thrips palmi* y *Thrips* sp. es menor (Barragán *et al.*, 2010*).*

F. *gardeniae* es un insecto pequeño, delgado, de un mm de longitud, de color amarillo, que viven en las flores de aguacate. Las alas son plumosas y, aunque son malos voladores, son transportados por el viento a grandes distancias.

Biología

El ciclo biológico de algunos trips es de alrededor de 21 días. Las hembras pueden ovipositar hasta 37 huevos (González *et al.*, 2000).

Hospederos

En flores *Bidens pilosa*, una maleza presente en cultivos de aguacate del Valle del Cauca, se encontraron especímenes de trips del género *Frankliniella*. No se asegura que corresponda exactamente a *F. gardeniae*; pero se observó y cuantificó que la población de *F. gardeniae* aumenta cuando esta maleza florece (Barragan, *et al.*, 2010).

Daños y pérdidas

El daño consiste en un raspado del tejido vegetal, debido a la alimentación de la larva y el adulto; la hembra hace daño en el fruto al punzarlo con el ovipositor. El ataque en frutos pequeños, recién formados, causa malformación en la cáscara la cual se manifiestan en forma venas protuberantes. También hacen raspaduras en la epidermis de los frutos dejando manchones de color café, de aspecto corchoso, las cuales deterioran la calidad de la fruta. Estas raspaduras en el fruto joven, se convierten en puerta de entrada de enfermedades como la antracnosis del fruto. La cuantificación de los daños causados por este insecto en frutos en Fresno-Tolima ascendió solo al 6,34%. (Echeverri *et al.*, 2004). Sin embargo, las experiencias de asistentes técnicos en otras regiones del país indican que el daño suele ser mayor (Observaciones del autor). Se ha reportado en México que los trips inhiben la fecundación de flores y causan caída de las mismas, lo cual puede incrementar el porcentaje de daño (Ascensión-Betanzos *et al.*, 1999). En las hojas hace perforaciones en varios puntos antes de colocar los huevos y la herida se torna amarillenta y notoria (González *et al.*, 2000).

Condiciones favorables a la plaga

La época de floración de aguacate es favorable para la presencia de trips. Las temperaturas de dicha época suelen se altas y favorecen el desarrollo de estos insectos (Echeverri, *et. al*., 1998).

Manejo

Se recomienda muestrear flores en época de floración del aguacate mediante golpeteo de inflorescencias sobre una superficie blanca y verificar la presencia de trips en ellas. No se cuenta con

umbrales de acción para Colombia, pero un incremento del número de trips en muestreos semanales da suficiente criterio para tomar decisiones. Las trampas pegajosas de color azul también son útiles para detectar el aumento de la población de trips. De igual manera, se debe evitar la presencia de flores de la maleza *B. pilosa* y de otras plantas de la familia Compositae ayuda a disminuir la presión de los trips dentro de los lotes cultivados con aguacate (Barragán *et al.*, 2010).

Los hongos entomopatógenos son útiles en el manejo de trips. El hongo *Beauveria bassiana* (Corpoica, cepa Bv-043) causó una mortalidad del 62.5% cuando fue probado en condiciones de campo en el Tolima. Aspersiones de los extractos de cebolla, ají y ajo también son útiles para el manejo de trips con controles del 56,25% (Guarín, 2003; Barragán *et al.*, 2010). Aplicaciones de azufre y caldo sulfocálcico controlan el 61,25% de los trips en aguacate (Barragán *et al.*, 2010).

El control de los trips en otras regiones se realiza con aplicaciones de insecticidas y eliminación de malezas. En situaciones de población alta, pueden aplicarse insecticidas (Coria, 1993; Méndez *et al.*, 1999). En el país existen varios productos registrados para el manejo de trips en aguacate, entre los que se destacan las moléculas Spinetoram, Tiametoxam+Lambdacyalotrina, Imidaclorprid+Bifentina, Fipronil Malathion.

Las otras especies de trips encontradas en aguacate revisten menos importancia hasta el momento y por eso no serán tratadas como plagas en este documento.

Ácaros

Oligonychus yothersi Mc Gregor (Acarina: Tetranychidae)

Nombre común

Taxonomía. Se les conoce con el nombre común de ácaro rojo o arañita roja del cafeto. Se les ubica taxonómicamente en la sub clase Acari, familia Tetranichidae.

Fecha de reporte en Colombia

En Colombia se reportan ácaros de la familia Tetranichidae en aguacate desde el año 2008 produciendo manchas de color café o rosa pálido sobre las hojas (Londoño 2008). Mediante estudios posteriores se encontraron 26 especies diferentes de ácaros presentes en aguacate en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca (Kondo *et al.*, 2011), pero solo la arañita roja es considerada como plaga (Orozco *et al.*, 1990) hicieron los primeros estudios biológicos de *O. yothersi* sobre *Coffea arabica* en Colombia.

Descripción

Los ácaros son arañas pequeñas de menos de 1 mm de longitud; tienen ocho patas en estado adulto o maduro y solo seis patas en estado inmaduro (Kondo *et al.*, 2011). Las hembras son de forma ovalada, de color rojo oscuro con las patas anaranjadas (Ochoa *et al.*, 1991). Los machos son más alargados que las hembras, de color rojo claro. Los huevos son esféricos, hialinos, con

un filamento en la parte superior. Las larvas son amarillas. Las ninfas son parecidas a los adultos, pero de tamaño menor (Reyes *et al.*, 2011).

Biología

La biología de este ácaro en aguacate fue realizada en el laboratorio de acarologia de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira a 26±3°C y 56±3% HR.5. La duración total de huevo a emergencia de adulto es de 14,34 días. Los huevos duran en promedio 4,96 días. En este estudio se estimó que la supervivencia de huevo a adulto es del 53%, con una mayor mortalidad en el estado de larva (siguiente después del huevo), que asciende a 36% (Reyes *et al.*, 2011).

Hospederos

La arañita roja del cafeto se ha encontrado en Colombia en cultivos de café y de aguacate. En Chile, se conoce haciendo daños en las variedades de aguacate Hass y Fuerte (León, 2003).

Daños y pérdidas

Es un ácaro fitófago de hábitos polífagos. Los daños son causados por los adultos y los estados inmaduros. Los daños inician en las hojas grandes, pero rápidamente colonizan las hojas contiguas y avanzan hacia la punta de la rama donde están las hojas más nuevas; producen telarañas muy finas recubriendo la colonia que se ubica a lo largo de las nervaduras (Reyes *et al.*, 2011). Los ácaros hacen daño al punzar las hojas sobre el haz donde succionan la savia y causan una coloración parda característica en el follaje (Bustillo 2008). El rompimiento de las células de la epidermis, así como la remoción de la clorofila y la inyección de saliva por parte de los ácaros, conduce un aumento de la tasa de transpiración, que conlleva a la marchitez de las hojas. (Moraes & Flechtmann (2008), citados por Kondo *et al.*, 2011). En ataques severos el follaje se cae y puede ocurrir una defoliación (Kondo *et al.*, 2011).

Condiciones favorables a la plaga

Viven comúnmente en colonias debajo de las hojas y a lo largo de las nervaduras de ésta la sequía prolongada y las temperaturas altas favorecen el crecimiento poblacional del ácaro. La infestaciones suelen comenzar por los sitios donde se acumula polvo sobre las hojas, como los bordes de carreteras (Giraldo *et al.*, 2011).

Manejo

La población de ácaros es regulada de manera natural por la lluvia y por los enemigos naturales, especialmente depredadores. (Giraldo *et al.*, 2011). En aguacate se destaca los depredadores *Stethorus tridens* (Gordon) y las crisopas (Reyes *et al.*, 2011).

En veranos prolongados, se puede usar aceite agrícola o Azufre (Citroemulsión 3-5 cc/L ó Prohorticola), bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo. También pueden ser útiles los

insecticidas Abamectina (Vertimec EC) o Spiromesifen (Oberon 240 EC). Debe tenerse presente utilizar productos con registro ICA y considerar los períodos de carencia (ICA, 2012).

Escamas (Hemiptera: Coccoidea)

Las escamas son insectos pequeños, de menos de 5 mm generalmente (Kondo, 2001). Existen aproximadamente 8,000 especies de escamas descritas en el mundo (Ben-Dov *et al.*, 2008). En Colombia, en un estudio faunístico reciente (2008-2009), de insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) del aguacate Kondo y colaboradores colectaron 45 taxa de estos insectos, distribuidas en siete familias taxonómicas (Coccidae, Diaspididae, Kerriidae, Margarodidae, Monophlebidae, Pseudococcidae y Putoidae); de este modo se incrementó a 53 taxa el número de insectos escama reportados en el país. En el mismo, se registraron tres nuevas especies de insectos escama del aguacate en Colombia, que incluyen *Laurencella colombiana* Foldi & Watson (2001) (Monophlebidae), *Akermes colombiensis* Kondo & Williams (2004) (Coccidae) y *Bombacoccus aguacatae* (Kondo, (2010). Las especies más frecuentes en aguacate en Colombia son: *Ceroplastes rubens* Maskell, *Coccus hesperidum* L., *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell), *Pulvinaria psidii* Maskell, *Saissetia neglecta* De Lotto (Coccidae), *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret), *Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock) (Diaspididae), *Ferrisia* sp. (Pseudococcidae); así como, la escama blanda algodonosa del aguacate *Bombacoccus aguacatae* Kondo, (Kondo *et al.*, 2011).

Escamas o Escamas Protegidas

***Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret)**

***Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan)**

***Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock)**

(Diaspididae)

Nombre común

Estos insectos se conocen con los nombres de escamas, escamas protegidas o diaspídidos. Son insectos planos, de 1 a 2 mm de diámetro generalmente, con una cubierta de color particular. La hembra atraviesa por tres instares durante su desarrollo: primer instar o gateador, con patas y antenas desarrolladas que les sirven para explorar el árbol y el sitio donde se establecerá permanentemente para alimentarse; segundo instar con aspecto similar al futuro adulto; y el adulto hembra propiamente, que se reconoce por la presencia de tres capas cerosas (una por estadio), la presencia de una vulva y más poros que los estadios inmaduros (Kondo, 2011).

Taxonomía

***Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret)**

Abgrallaspis cyanophylli (Signoret) conocida con el nombre de escama de la palma, es una especie polífaga (Davidson & Miller, 1990); se ubica comúnmente en el envés de hojas de

aguacate de las variedades Booth 8, Choquette, Lorena y en frutos de la variedad Hass (Kondo, 2011).

***Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan)**

Chrysomphalus dictyospermi se le conoce como escama de Morgan o escama roja española. Presenta una cubierta circular, ligeramente convexa, con una coloración oscura bronceada en el centro de la cubierta (Davidson & Miller, 1990). Esta especie se encuentra comúnmente en ramas de las variedades Booth 7, Booth 8, Lorena y en frutos de la variedad Hass. *Abgrallaspis cyanophylli* y *C. dictyospermi* son los diaspídidos más comunes en frutos de la variedad Hass.

***Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock)**

Pseudoparlatoria parlatorioides es una escama pequeña que habita en el envés de hojas de aguacate en grupos grandes de hasta 600 individuos. La hembra tiene una cobertura circular delgada y translucida, que deja ver el cuerpo del adulto hacia adentro (Henderson & Crosby,2011). En Colombia se ha detectado en aguacate de las variedades Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena, Santana y Trinidad, a alturas entre 967 y 1925 m.s.n.m. Causan clorosis en las hojas (Kondo *et al.*, 2011).

Escamas Blandas

***Bombacoccus aguacatae* Kondo**

***Ceroplastes rubens* Maskell**

***Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell)**

***Pulvinaria psidii* Maskell**

***Saissetia coffeae* (Walker)**

***Toumeyella* sp.**

(Coccidae)

Descripción e importancia

Las escamas blandas son generalmente de mayor tamaño que las escamas protegidas. Son insectos pequeños, inmóviles, convexos o planos; muchos están cubiertos por una cera delgada transparente; pero también hay especies con cera abundante como las del género *Ceroplastes*. Presentan un par de placas anales, las cuales se abren para excretar la miel de rocío. La hembra tiene cuatro estadios, los cuales son: el primer instar ninfal o gateador que presenta patas y antenas; el segundo instar ninfal se parecen a los gateadores pero carecen de setas largas en las placas anales como el gateador; el tercer instar ninfal se parece a la hembra, pero son de menor tamaño que ésta. La hembra adulta es de mayor tamaño que todos los anteriores, presenta más poros y tiene una vulva (Kondo, 2008, 2011).

***Bombacoccus aguacatae* Kondo**

Conocida con el nombre de uvita por su tamaño grande y su color café con tonos morados oscuros. Se ubica en las ramas y tallos de aguacate donde se alimenta. Ataca las variedades de aguacate Booth, Hass y Lorena. Produce altas cantidades de miel de rocío, sobre la cual crece el hongo causante de la fumagina (Kondo, 2010).

***Ceroplastes rubens* Maskell**

Ceroplastes rubens Conocida con el nombre común de escama cerosa rosada o roja; presenta una cubierta cerosa rojiza a vino tinto, de donde deriva su nombre; también posee dos pares de bandas blancas típicas que se proyectan hacia las márgenes. Se ubican en el haz de las hojas en las variedades Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena y Trinidad (Kondo, 2008).

***Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell)**

Se conoce como la escama piriforme. Su cuerpo es dorso-ventralmente plano, delgado y membranoso. En vista dorsal tiene forma de pera, anchos en la parte anterior y angostos en la parte anterior. Los tres instares ninfales son de color amarillo o verde pálido; cuando están adheridos al vegetal son traslucidos (Rivera, 1989). El ovisaco es pequeño, poco perceptible. Las hembras jóvenes presentan el dorso membranoso, mientras que en las hembras viejas los bordes se oscurecen. (Hamon & Williams, 1984). Esta especie de Coccidae, es común en Colombia. Cuando hay población alta, se asocia con la presencia de fumagina. Se le ha visto en las variedades de aguacate Booth 7, Booth 8, Lorena, Santana y Trinidad (Kondo, 2014).

***Pulvinaria psidii* Maskell**

Se conoce como escama del escudo verde. El cuerpo de la hembra es de forma oval. Es de color verde intenso. El ovisaco está visible en la parte posterior, proyectado hacia fuera. Se ubica en el envés de hojas o sobre las ramas, de las variedades Booth, Lorena y Trinidad (Hamon & Williams, 1984).

***Saissetia coffeae* (Walker)**

Saissetia coffeae es conocida como la escama hemisférica. Las hembras son hemisféricas, ovales, con la superficie convexa y brillante; son de color amarillo a café oscuro. Cuando éstas están jóvenes, presentan un escudo en forma de “H” sobre el dorso. Se le ha visto tanto en el haz, como en el envés de las hojas de aguacate de las variedades Booth y Lorena (Hamon & Williams, 1984).

***Toumeyella* sp.**

Toumeyella sp. es un cóccido de color café, de aspecto rugoso en los lados. Se ha encontrado en aguacate en las variedades Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena, Santana y Trinidad, a alturas entre 1.194 y 1.651 msnm. Este insecto puede alcanzar una población alta (Kondo, 2011).

Muchos de ellos excretan miel de rocío, un líquido azucarado que promueve el desarrollo de la fumagina. Las infestaciones de escamas son poco perceptibles; se hacen visibles cuando las hojas muestran decoloraciones blanquecinas o amarillentas; o simplemente cuando se secan y caen. Son evidentes cuando aparece la fumagina. Los daños son más severos en plántulas o en árboles viejos. Cuando infestan directamente los frutos, causan un daño cosmético castigado en el mercado (Kondo, 2011).

El aguacate es más susceptible al daño de escamas en épocas de sequía o en el estado de plántulas. Las plántulas son especialmente susceptibles y pueden llegar a secarse cuando la población es muy alta. La especie más común en aguacate es *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret) (Kondo, 2011).

El monitoreo periódico es la principal herramienta de manejo para conocer el nivel de infestación. Se recomienda revisar con atención el envés de las hojas y los tallos; así como estar atentos a la aparición de fumagina en hojas, tallos y frutos. Es necesario monitorear la presencia de estados inmaduros, como gateadores; para esto se utilizan cintas adhesivas alrededor del tallo y ramas o se coloca una hoja afectada en una bolsa y luego se observa la presencia de los gateadores (Anónimo, 2007). Una vez se les detecta, la primera medida de manejo es la poda de la estructura afectada y destruir el material infestado mediante entierre profundo o bien incinerándolo (Anónimo, 2007).

Las escamas tienen abundantes enemigos naturales como depredadores y parasitoides, así como, hongos entomopatógenos. Por tal motivo hay que darles la primera opción de supresión a estos agentes naturales. Cuando la población es elevada porque acurre algún desequilibrio o condiciones climáticas adversas, se requiere de un manejo diferente. Los aceites agrícolas son útiles para el manejo de escamas en dosis que varían entre 3-5cc/litro, dependiendo de la infestación. Estos aceites matan las escamas en todas las etapas de desarrollo y suelen proporcionar un buen control. Natural oil, entre otros, pueden ser utilizados (Anónimo, 2007). El producto Citroemulsión, con registro para otras plagas del aguacate y el Coadyuvante Natural oil, pueden ser útiles para bajar la población de escamas (Observaciones personales del autor).

Durante épocas secas, cuando la población de escamas aumente y se vean daños iniciales en el fruto, se puede aplicar la mezcla de Malathion (Malathion 57%) 175 cc, aceite mineral emulsionado (Citroemulsión) 200 cc, en 100 litros de agua (Londoño, 2006). En casos severos, debe consultarse un Ingeniero Agrónomo para utilizar un producto autorizado por el ICA para su uso en aguacate y guardar rigurosamente los períodos de re entrada y de carencia (ICA, 2012). La mayoría de los insecticidas de contacto no penetran la cera de las escamas, por lo que se recomienda aplicar los plaguicidas cuando las escamas estén en la etapa de gateador. Los insecticidas en este caso deberán utilizarse después de una poda sanitaria que despeje los árboles y permita una buena cobertura interna y externa de los árboles. Es recomendable el uso de un adherente para aumentar la cobertura y eficacia del pesticida. Aplicaciones de un insecticida sistémico en "Drench" en el suelo también puede funcionar (Anónimo, 2007).

Cucarrones Marceños

***Astaena* aff *pygidialis* Moser**

***Phyllophaga obsoleta* Blanchard**

***P. menetriesi* (Blanchard)**

***Anomala undulata* Melsheimer**

***A. cincta* Say (Coleoptera: Melolonthidae)**

A estos se les denomina comúnmente "marceños", "cuaresmeros" debido a que los adultos suelen aparecer entre los meses de marzo a mayo y más comúnmente durante el tiempo de la cuaresma, cuando llegan las lluvias. Se les ubica taxonómicamente en el orden Coleoptera, Familia Melolonthidae.

***Astaena aff. pygidialis* Moser**

Astaena aff. pygidialis Moser es la especie más común en el oriente antioqueño (Acevedo, 2005). Las hembras son de color café, brillantes y ligeramente más grandes que los machos; los machos son también de color café, opacos, con la cabeza más oscura y brillante. Los élitros dan visos de colores frente a la luz, suavizando las punteaduras del torax y de los élitros. Los élitros frente a la luz dan visos de colores, encubriendo las punteaduras que tienen en el tórax y los élitros (Palacio, 2010).

***Phyllophaga obsoleta* Blanchard**

Phyllophaga obsoleta Blanchard es la especie propiamente reconocida con el nombre común de Marceño. Los adultos son de cabeza marrón, con los élitros de color amarillo "quemado". Ha tenido relevancia en el oriente antioqueño por su alta prevalencia y daño en varios cultivos (Londoño, 2009).

En ocasiones se presentan otras especies como *Anomala undulata* Melsheimer y *A. cincta* Say. *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard) es abundante en los climas medios de Colombia; se le ha detectado en la zona cafetera central y en el departamento del Cauca (Londoño, 2008).

Los cucarrones "marceños" atraviesan por cuatro estados de desarrollo, huevo, larva, pupa y adulto; están presentes en varias regiones de Colombia y su diversidad e importancia varían de una región a otra (Londoño *et al.*, 2002; Londoño, 2009). Su ciclo de vida presenta las siguientes duraciones: adulto, 30 días; huevos, 6 días; Larvas (3 estadios): 210 días y pupa: 45 días; con la posibilidad de una nueva generación cada 291 días, dependiendo de las lluvias, que marcan la salida de los adultos (Vallejo *et al.*, 2007).

Los escarabajos que hacen daño en aguacate son de hábitos crepusculares y nocturnos, por lo cual su presencia es poco visible. Los daños los hacen principalmente los adultos durante las épocas de fructificación. Estos insectos-plaga son importantes en aguacate porque deterioran la calidad de

muchos frutos y sus larvas pueden hacer daño al consumir raíces. Los productores de aguacate del oriente antioqueño consideran que pierden el 30% de la fruta por daño de "marceños". Hasta el momento no se han registrado daños confirmados de las larvas de escarabajos en cultivos de aguacate en Colombia (Vásquez *et al.*, 2010; Palacio, 2010; Vallejo *et al.*, 2007). Los adultos hacen un raspado en la corteza de los frutos pequeños de 2 a 4 cm de diámetro. Este daño deja una cicatriz de color café que recorre parte del contorno del fruto. Aunque este daño no afecta la pulpa, si demerita la fruta para la comercialización. Atacan también hojas y flores jóvenes, dejándolas rasgadas o esqueletizadas; en ataques severos dañan los meristemos apicales, atrofiando el punto de crecimiento.

Aparece entre los meses de marzo y junio, con picos de vuelo en abril para los municipios de Santa Rosa de Osos y La Union; mayo en San Vicente, Rionegro y El Carmen de Viboral y junio en el municipio de Entrerrios, departamento de Antioquia (Acevedo, 2005). Durante el día los adultos de escarabajos buscan el suelo donde permanecen escondidos hasta que llegue la noche (Londoño *et al.*, 2002).

Las especies *A. pygidialis*, *P. obsoleta* y *A. undulata* predominan entre los 2.100 y 2.500 msnm (Ruiz y Pumalpa, 1987; Yepes, 1994; Lucero *et al.*, 2006) y *P. menetriesi* entre los 1.400 y 1.800 msnm (Bran, 2005; Londoño *et al.*, 2002; Palacio, 2010; Villegas *et al.*, 2008; Yepes, 2011). La emergencia de los adultos está asociada con la llegada de las lluvias durante los meses de marzo a junio en el oriente antioqueño y septiembre a octubre en el Eje Cafetero, Cauca y norte del Valle del Cauca; por lo tanto, en dichos meses se inicia la infestación (Acevedo, 2010). Se ha observado que la acumulación de materia orgánica de origen animal atrae a los adultos para la postura (Londoño *et al.*, 2002).

El manejo del cucarrón marceño debe ser preventivo. Se recomienda la captura de adultos durante la temporada de vuelo; para ello se utiliza la trampa de luz ultravioleta, BL_b, ó la trampa de mechón con ACPM. Así mismo, realizar campañas comunitarias para la captura de los escarabajos (Londoño *et. al.*, 2002). Esta práctica elimina un gran número de adultos, de tal forma que las posturas disminuyen y por lo tanto su descendencia. La aplicación de la bacteria *Bacillus popilliae* Dutky al suelo, produce la "enfermedad lechosa" en larvas y ayuda al manejo. Los insectos infectados que mueren, se estallan y liberan las esporas infectivas de la bacteria y potencian la colonización del suelo tratado (Londoño *et al.*, 2001).

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para *Astaena pygidialis* y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) para *P. obsoleta* son útiles en dosis de 1,5 kg i.a./ha, aplicados mitad al suelo y mitad al follaje; ambos atacan todos los estados de desarrollo del insecto y les causan la muerte. Otros enemigos naturales útiles en el manejo son los nemátodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* (Sáenz, 2004; Melo *et al.*, 2010) y los parasitoides (Londoño, 2005).

Insectos del tallo y ramas

Perforador del tallo y ramas del aguacate

***Copturomimus perseae* Hustache**

Coleoptera:Curculionidae

A *Copturomimus perseae* se le conoce como el perforador de tallo o taladrador de la corteza del aguacate. Se le ubica taxonómicamente en el orden Coleoptera, familia Curculionidae. En 1946, fue reportada como especie nueva para Colombia por el Dr. Hustache (Mariño, 1947).

C. perseae es un coleóptero pequeño de 3.7 a 4.2 mm de largo de color negro-café; densamente cubierto de pequeñas escamas que le dan tonalidades cenizas o amarillas. El cuerpo tiene forma sub-elíptica. Sobre los élitros cerrados se aprecia una mancha de forma romboide, cenicienta, con dos manchas oscuras en su interior de color café o negro, separadas por la sutura. Los adultos tienen el pico curvado hacia adentro. Los huevos son puestos en las ranuras de la corteza. Las larvas son de color blanco, ápodas, con cabeza de color café, de 0.8 cm en su máximo desarrollo. Las pupas son ovoide, de colora amarillo y ojos café, con 0.6-0.7 cm de largo (Mariño, 1947).

El período de incubación de los huevos es de 8 a 11 días en promedio, a una temperatura de 35 °C (Mariño, 1947).

Las larvas barrenan el tallo o las ramas de cualquier edad (Saldarriaga, sf). Se manifiesta como puntos negros cubiertos con exudaciones blancas, que corresponden a galerías con larvas en su interior (Caicedo y Carabalí, 2014). Las galerías se cubren con los residuos de la alimentación. En ramas jóvenes las galerías pueden llegar al cilindro central causando secamiento de la misma. La salida del adulto de las galerías deja un orificio de 3-4 mm de diámetro que asemeja un tiro de munición. Cuando los ataques son severos puede ocurrir la muerte del árbol. Las pérdidas en la producción pueden ascender al 85% (Mariño, (Mariño 1947; Saldarriaga, sf; ICA, 2012). En plántulas de vivero, los daños ocurren principalmente en la parte baja del tallo principal; en ocasiones puede haber ataques en cercanías a la zona del injerto (Caicedo y Carabalí, 2014).

El monitoreo periódico en huertos permite estar atento a una infestación por esta plaga (Caicedo y Carabalí, 2014). En México se usan las trampas pegajosas para el monitoreo de adultos (Téliz y Mora, 2007). En Colombia, se recomienda utilizar la trampa piramidal para apoyar el monitoreo. Una vez se detecte en un árbol, se debe hace poda de ramas afectadas y la cicatrización de la misma con vinilo o con fungicida, así como, la marcación de dicha rama para seguimiento de la infestación (Carabalí, 2011). En caso de daños severos a un árbol, éste debe eliminarse. Los residuos de la poda deben sacarse del lote y quemarse (ICA, 2012).

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) han sido utilizados en México para una especie cercana y los resultados han sido favorables (Aguirre-Paleo *et al.*, 2011). Dada la baja eficiencia de insecticidas químicos cuando se tienen

infestaciones altas, con larvas dentro de las ramas, los hongos entomopatógenos mencionados son una alternativa válida. Los nemátodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* son considerados promisorios para el manejo de esta plaga (Carabalí, 2011).

En vivero debe seguirse procedimientos que aseguren la calidad sanitaria de la semilla sexual utilizada como patrón y de las yemas utilizadas como injerto. Así mismo, se deben hacer inspecciones periódicas que permitan la detección temprana de infestaciones. En este caso son particularmente útiles los agentes de control biológico mencionados en el párrafo anterior. Además, se sugiere pintar los tallos con un color blanco u otro visible, para la detección temprana de síntomas (Carabalí, 2011).

Insectos del Fruto

Barrenador grande de la semilla de aguacate

***Heilipus lauri* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae)**

Se le conoce comúnmente como barrenador grande o picudo del aguacate. Se ubica taxonómicamente en el orden Coleóptera, familia Curculionidae.

En Colombia, se detectó su presencia en zonas productoras entre 400 y 2450 msnm (Hoyos y Giraldo, 1984; Carabalí 2011; ICA, 2012).

El adulto es un cucarrón de color negro o marrón oscuro brillante, con dos bandas amarillas incompletas en los élitros de forma alargada, que se extienden de lado a lado; mide entre 14 a 17 mm de largo. Poseen un pico largo y curvo, siendo más prominente en las hembras (Caicedo *et al.*, 2010). Los huevos son ovalados, de color verde. La larva es de color blanco, ápoda, con la cabeza de color café; el cuerpo es robusto y curvado; mide 15-25 mm de longitud. La pupa es de forma oval, de color blanco cremoso y descubierta (Ebeling, 1950; Castañeda, 2008; Caicedo *et al.*, 2010).

El ciclo completo de *H. lauri* dura entre 72-80 días (26 ± 2° C, 60-70% HR) y los adultos presentan una longevidad entre 181 a 464 días (Castañeda, 2008). Los huevos son puestos dentro de frutos en crecimiento y tienen una duración de 12-15 días. La larva pasa por cinco instares y dura en promedio 65.35±1.42 días; la pupa dura 15.14 ± 0.33 días (Caicedo *et al.*, 2010).

El adulto se alimenta de hojas, yemas, brotes y frutos (Ebeling, 1950; Castañeda, 2008; Caicedo *et al.*, 2010); hace daños en el fruto para alimentarse y para ovipositar. Perfora el fruto con su pico y coloca el huevo en el interior. Puede hacer entre 1-5 perforaciones por fruto. La larva atraviesa la pulpa y se instala en la semilla donde se alimenta. Causa pudrición de la pulpa y destrucción de la semilla. Ocasiona la caída de fruto. La pupa se forma allí mismo (Caicedo *et al.*, 2010; Garbanzo, 2011). Este insecto-plaga ataca principalmente frutos pequeños de 3-4 cm de diámetro (ICA, 2012).

La revisión periódica de frutos permite conocer infestaciones tempranas. Se deben revisar tanto frutos adheridos al árbol, como frutos caídos al suelo. En especial, se deben revisar frutos con un

tamaño de 3-5 cm. Cuando se detecta el daño, se revisan frutos de todos los tamaños. Los frutos colectados se parten y se revisan cuidadosamente para buscar estados inmaduros de *H. lauri.* Para la detección de adultos, se sacude una rama expuesta al sol y se cuentan los adultos que caigan. Para facilitar la detección de adultos, es conveniente colocar un plástico blanco debajo del árbol antes de agitar la rama (Senasica, 2012; citado por (Caicedo *et al.*, 2010)

Cuando se encuentren insectos o síntomas de esta plaga en una finca se debe avisar a la oficina más cercana del ICA. Es importante manejar los focos inmediatamente se detectan y evitar la diseminación de la plaga (Carabalí, 2011; Senasica, 2012). Los frutos con daño se deben sacar del lote y enterrar en un hueco destinado para este fin; debe asegurarse que quedan bien tapados con una capa de suelo de 30cm, bien apretada (Carabalí, 2011).

Durante la época en que los frutos están pequeños, debe mantenerse el plato del árbol despejado de malezas. Esto reduce los niveles de infestación (Martínez, 1994).

En lotes infestados con *H. lauri* se puede aplicar un insecticida cuando los árboles tiene los frutos pequeños, menores de 5 cm (ICA, 2012). El insecticida Tiametoxan (10g/L) es útil para este propósito, ya que permite una reducción del 25% de los frutos afectados después de 20 días de aplicado (Orjuela, 2011; Carabalí, 2011).

Los hongos entomopatógenos *B bassiana* y *Metarhizuim anisopliae*, en mezcla con un aceite agrícola como coadyuvante, permiten manejar la plaga (Senasica, 2012).

En Colombia, las acciones del ICA en el Eje Cafetero y Antioquia han permitido la detección de dos enemigos naturales actuando como parasitoides de larvas de *H lauri*. Estas son las avispas *Cremaster* sp. (Hymenoptera:Ichneumonidae) y *Leptochelonus* sp. (Caicedo *et al.*, 2014).

Polilla de la semilla de aguacate

***Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Oecophoridae)**

Se le conoce con el nombre de pasador del fruto del aguacate, barrenador del hueso, taladrador del aguacate, polilla del fruto del palto, entre otros nombres. Se le ubica taxonómicamente en el orden Lepidoptera, familia Oecophoridae.

El adulto es una polilla amarillo-grisáceo, con una expansión alar de 25-28 mm. La cabeza presenta un penacho con escamas abundantes y erizadas de color café rojizo. En las alas anteriores presenta 25 manchas de color negro en forma de puntos, que forman una “S” invertida. Las antenas son filiformes y largas. Los palpos labiales son largos y extendidos hacia arriba, cubiertos con escamas de color claro. El tórax está cubierto por escamas de color café pajizo (Senasa, 2006).

Los huevos son pequeños, de 0,4 a 0,6mm de diámetro y 0.6 mm de largo en promedio, con superficie rugosa y estrías longitudinales. Recién puestos son de color verde claro y luego se tornan blanco cremoso y café (Senasica, 2012). Las larvas son de color crema recién nacidas, con la parte ventral de color violeta. En el quinto y últimos instar su color cambia a violeta en la parte dorsal y azul turquesa en la ventral (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011). Miden 22 mm.en su máximo desarrollo. Abandonan el fruto y se convierten en prepupa. En esta etapa, la prepupa es de color azul turquesa, llamativo, y luego se vuelve más oscura. En el suelo tejen un capullo débil para empupar. La pupa, de 10mm de largo, es de color café, con unas fibras de seda delgadas; es de tipo obtecta; presenta dimorfismo sexual, caracterizado por la presencia en los machos de un esclerito en el último segmento abdominal (Senasica, 2012).

Los adultos tienen una longevidad de 3 a 6 días. La hembra tiene una fecundidad promedio de 240 huevos. Coloca los huevos de manera individual o gregaria, sobre grietas, hendiduras o puntos necróticos del tallo, en la epidermis del fruto o el pedúnculo, en la inserción de éste último con el fruto y con una mayor frecuencia en las fisuras de las ramas. La presencia de huevos se observa a los 2,5 días después de la emergencia de adultos (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí 2011. El tiempo promedio de duración del estadio larval es de 19 a 21 días (Senasica, 2012). El desarrollo de la pupa se cumple en un tiempo promedio de 10,6±0,24 días (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011).

Otros hospederos, incluyen a *P. schiedeana* y a otras plantas silvestres del género *Persea*, *Beilschmiedia* spp. y *Chlorocardium rodei* (Ebeling, 1959; Cervantes *et al.*, 1999; CABI, 2005).

Es una plaga de importancia cuarentenaria para el mercado de Estados Unidos. La larva causa daño al alimentarse de la pulpa y la semilla, demeritando su calidad y causando la caída de frutos. Cada larva puede deteriorar entre 8 y 12 frutos. En este estado también barrenan las ramas verdes y terminales. Construyen túneles o galerías alargadas al interior de las ramas (Hoddle, 2011); Orjuela, 2011; Wolfenbarger y Colburn, 1966). La presencia de esta plaga se detecta por los desechos alimenticios que permanecen adheridos a los orificios realizados en frutos y ramas. Cuando la larva termina su desarrollo, sale por el mismo orificio de entrada y cae al suelo donde empupa. Las pérdidas oscilan entre 10 y 40% de la producción en el Eje Cafetero y pueden llegar hasta el 50% en el Valle del Cauca. (Carabalí, 2011).

Se ha detectado que los ataques de la plaga se presentan con más frecuencia en árboles cercanos a bordes boscosos o en lotes donde la sombra al interior de los árboles predomina (observaciones personales de asistentes técnicos y administradores de fincas).

El manejo de *S. catenifer* comienza con el monitoreo periódico del huerto, haciendo énfasis en la revisión de frutos y ramas (ICA, 2012). Las trampas de luz negra también son útiles para el monitoreo, así como, las trampas con feromona (Hoddle *et al.*, 2011; Carabalí, 2011). Cuando se detecte la plaga o un síntomas asociado a la misma, de debe reportar ante la oficina del ICA más cercana (ICA, 2012).

La principal estrategia de manejo es la práctica cultural de recolección semanal de estructuras afectadas, frutos y ramas, y su respectiva destrucción. El material infestado debe sacarse del lote y enterrarse en un hueco amplio, donde se pise con una capa de tierra de 30 cm para interrumpir el desarrollo del insecto (Carabalí, 2011). Cuando la incidencia es alta y resulta abundante material de infestado después de la poda, éste se debe eliminar a través de la quema (Orjuela, 2011; Carabalí, 2011).

Los enemigos naturales encontrados en Colombia afectando *S. catenifer* son varios. A través de la técnica de huevos centinelas de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), se detectó *Trichogramma pusillun* Querino & Zucchi en huertos de aguacate. Se ha confirmado el parasitismo de *T. pretiosum* lográndose sólo un 36% de eficiencia (Carabalí, 2011). También se detectó el parasitismo de

Apanteles sp. (Hymenoptera**:** Braconidae), como parasitoide de larvas de cuarto y quinto instar (Puentes y Moreno, 1992; Carabalí, 2011).

El manejo de *S. catenifer* con insecticidas es recomendable sólo si se observa una población alta. Las aplicaciones se realizan en el siguiente ciclo de producción, al inicio de la formación de frutos. Se enfatiza que una vez el fruto esté perforado, el manejo de larvas con químicos, no es recomendable, porque no es eficiente (ICA, 2012). Los insecticidas Carbaryl (Sevin), en dosis de 1,5-3g/L); Thiacloprid+Deltametrina (Proteus OD), en dosis de 0,9 cc/L; *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaky (Dipel polvo de 32.000 u.i.) son útiles para el manejo (Saldarriaga *et al.*, 1981; experiencias personales del autor).

ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN A TRAVÉS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA SANIDAD DEL AGUACATE

Colombia ha adelantado los siguientes proyectos de investigación relacionados con la sanidad del aguacate, los cuales contribuyen a generación de modelos de producción:

Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa.

Reconocimiento, daño y opciones de manejo de insectos perforadores de frutos y ramas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Colombia.

Reconocimiento de ácaros e insectos escama en aguacate; especies de importancia económica y enemigos naturales.

Opciones biológicas y no convencionales como estrategia para el manejo de trips en aguacate en los departamentos del Valle y Tolima.

Obtención, identificación y caracterización de microorganismos entomopatogenos nativos, con potencial uso en el control de trips (Thysanoptera) en el cultivo del aguacate *Persea americana*.

5. Determinación de los factores incidentes en la prevalencia del problema fitosanitario de mosca blanca en aguacate (*Persea americana* Mill) Hass en el norte del Tolima.

Las interacciones de la rizósfera como base para el manejo eficiente de la nutrición y sanidad del aguacate en Colombia.

Colección, caracterización y multiplicación clonal de selecciones criollas de aguacate con énfasis en la identificación de patrones con tolerancia a *Phytophthora* spp.

Delimitación y establecimiento de áreas potenciales libres o de baja prevalencia de plagas cuarentenarias de aguacate Hass en el Oriente de Antioquia y Norte del Tolima. Medidas para la mitigación de riesgos para acceder a nuevos mercados.

Aumento de la productividad del aguacate mediante el uso de polinizadores en tres zonas productoras de Colombia.

Desarrollo Tecnológico, Productivo y Comercial del aguacate en Antioquia: 11. 1 Desarrollo de programas para el manejo de plagas en aguacate. 11.2 Índices de cosecha y poscosecha para aguacate Hass en Antioquia, cumplimiento de normas y requisitos demandados por los mercados. 11.3 Desarrollo y oferta de materiales certificados de aguacate para Antioquia con calidad genética, fisiológica y sanitaria: sistemas productivos sostenibles. 11.4 Caracterización ecofisiológica y productiva de aguacate Hass. 11.5 Estudio de los ambientes potenciales y competitivos para la producción de aguacate Hass en Antioquia.

La zona tropical hace que la producción en Colombia sea diferente. Se apuesta a generar y mantener modelos productivos sostenibles de aguacate en el país, con soluciones tecnológicas amigables con el ambiente, que permitan consolidar y abastecer mercados nacionales e internacionales con fruta de calidad a precios competitivos. Los sistemas productivos en el país deben estar conformados por genotipos (patrón/copa) con identidad genética probada y crecidos en ambientes con la mejor oferta edafo-climatica para minimizar las prácticas de manejo agronómico. El país debe desarrollar sinergias entre las instituciones de ciencia y tecnología con los distintos eslabones de la cadena para apoyar la generación de modelos productivos eficaces y eficientes.

Los esfuerzos se han hecho desde las distintas entidades de ciencia y tecnología. Es necesario propender por la articulación de las mismas para hacer eficientes los recursos de financiación y las capacidades instaladas en el país. Con el esfuerzo conjunto se lograrán avances significativos en el manejo del cultivo a través de la generación de modelos productivos.

REFERENCIAS

Aguirre-Paleo S., Cuiris-Pérez H.; Ruiz-Flórez R.; Serna-Mata E.; Negrete-Nolasco R.; Gómez-Chaves J. y Lara-Chavez M. 2011. Control biológico del barrenador de ramas del aguacate *Copturus aguacatae* Kissinger. Proceedings VII World Avocado Congress Cairns, Australia.

Arango A, Arroyave H. 1991. Ciclo de vida y hábitos de la chinche del aguacate *Monalonion velezangeli* (Carvalho & Costa) (Hemiptera: Miridae) en Antioquia, Tesis Ingeniería Agronómica. Medellín, Universidad Nacional, 53 p.

Arango A, Arroyave H. 1991. Ciclo de vida y hábitos de la chinche del aguacate *Monalonion velezangeli* (Carvalho & Costa) (Hemiptera: Miridae) en Antioquia, Tesis Ingeniería Agronómica. Medellín, Universidad Nacional, 53 p.

Ascención-Betanzos, G.; H. Bravo-Mojica; H. Gónzalez-Hernández ; R. M. Johansen-Naime; A. E. Becerril-Román. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 291-296. Consultado en: http://www.avocadosource.com /WAC4/WAC4_p291.htm, con acceso febrero 17 del 2008, 9:36 am.

Avilán, L; Leal, F y Bautista, D. 1992. Lauraceae. En: Manual de fruticultura, Principios y Manejo de la producción. 2ª ed Chacaito (Venezela), Ed América. 1:666-776.

Barragán, E.; Carabalí, A.; Vanegas, M.; Ramírez, L.; Monje, V.; Varón, E.; Barrios, L.; Bernal, N y Naranjo, LT. 2010. Informe Final proyecto "Opciones biológicas y no convencionales como estrategias para el manejo de trips (Thysanoptera:Thripidae), en aguacate (*Persea americana* Mill), en los departamentos del Valle del Cauca y Tolima. Corpoica. 86 p.

Becerra L. M.; Londoño Z., M.E.; Meneses O., E. 2008. Reconocimiento de microorganismos que afectan al chinche del aguacate *Monalonion velezangeli* (Carvalho y Costa) en cultivos del Oriente antioqueño. Informe de Práctica Bacteriología Clínica. Colegio Mayor de Antioquia. Documento de Trabajo-Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. 7 p.

Bernal, J.A.; C.A., Díaz D. 2006. Generalidades del cultivo. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico No. 5. 241 p.

Bustillo-P., A. E. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

Caicedo V., A.M.; Arévalo P., E.; Torres, L.F.; González, M. del P.; Díaz N., M.F.; Benavides, M.E. 2014. Distribución de especies cuarentenarias del aguacate Hass en el Oriente de Antioquia

y e Norte del Tolima en Colombia. Boletín Técnico. ICA-Colciencias. Editorial Produmedios. 38 p. ISBN: 978-958-8779-27-0.

Caicedo V., AM y Carabalí M., A. 2014. . Insectos y Ácaros IV. Perforador del tallo y ramas del aguacate. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. pp. 249-255.

Calabrese, F. 1992. El aguacate. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. 249 p.

Camero, J.F. 2009. Aguacate Hass en Colombia: El reto de sembrar un producto de exportación, o consolidar primero un mercado doméstico con grandes posibilidades. CCI. Documento pdf. 7p.

Camero, J.F. 2011. La industria del aguacate en Colombia. Documento en pdf. 12 p Disponible en: http://worldavocadocongress2011.com/userfiles/file/Jose%20Came ro% 201540- 1600.pdf. Con acceso Sep. 12 del 2013.

Carabalí M., A. 2011. Informe Técnico Final Proyecto "Generación de tecnología para el manejo sostenible de insectos perforadores de frutos de aguacate en Colombia". Informe final proyecto de investigación finanaciado por MADR. Corpoica, C.I. Palmira. 176 p.

Cárdenas M., R.; Posada F., F.J. 2001. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Armenia, Optigraf Edit., 120 p. 2001

Cárdenas M., R.; Posada F., F.J. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Armenia, Optigraf Edit., 120 p. 2001.

Carral, P.; R. Ripa. 2007. Evaluación de la efectividad de pesticidas para el control de *Heliothrips haemorrhoidalis* (Thysanoptera: Thripidae) sobre palto (*Persea americana* Mill). Instituto de investigaciones agropecuarias, casilla 3 la cruz. Resúmenes VI Congreso Internacional de Palta, Chile. Archivo digital.

Carvalho, J.C. M.; Costa, L. A. A. 1988. Mirideos neotropicales; CCXCVII: Duas novas espécies do gênero *Monalonion* Herrich – Schaeffer (Hemiptera). Rev. Brasil. Biol. 48(4): 893-896.

Carvalho, J.C. M.; Costa, L. A. A. 1988. Mirideos neotropicales; CCXCVII: Duas novas espécies do gênero *Monalonion* Herrich – Schaeffer (Hemiptera). Rev. Brasil. Biol. 48(4): 893- 896. 1988.

Cesar en cifras. 2009. Gobernación del Cesar a alcance de todos.

Contador F.; F. Gattini. 2007. Eficacia de diferentes tratamientos y métodos de aplicación en el control de la conchuela negra del olivo (*Saissetia oleae* (Oliver) en paltos. Syngenta S.A. Departamento Investigación y Desarrollo.

Corabastos. 2013. Informe comparativo mes año, Precio promedio anual, comparativo estacional por producto-aguacate. Disponible en: http://www.corabastos.com.co/historico/ reportes/. Con acceso Septiembre 13 del 2013.

Coria, V.M.; M. Aguilera; A. Vidales; J. Muñoz. 2007. Contribución al conocimiento del gusano telarañero o enrrollador de la hoja *Amorbia emigratella* Busck (Lepidoptera: Tortricidae) en huertos de aguacate en Michoacán, México. Resúmenes VI Congreso mundial de Paltas, Chile. Archivo digital.

DANE. 2011. Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA. Dirección de Metodología y producción Estadística. 181 p. pdf disponible en: (http://hdl.handle.ne t/123456789/4202. Con acceso Septiembre 2 del 2013.

El Tiempo. 2010. Aguacate y otros frutales en Fresno. Agrofresno. Tolima, 23 de agosto del 2010. Disponible en: http://aguacate.fresnodigital.info/?page_id=2; con acceso septiembre 14 del 2013.

El Universal. 2013. Renovar el aguacate. Cartagena, 13 de Septiembre del 2013. Disponible en: http://m.eluniversal.com.co/cartagena/editorial/renovar-el-aguacate. Con acceso: 15 de septiembre del 2013.

Gallego F, Vélez R. 1992. Lista de insectos que afectan los principales cultivos, plantas forestales, animales domésticos y al hombre. Bogotá, Universidad Nacional, 142 p.

Gallego F, Vélez R. 1992. Lista de insectos que afectan los principales cultivos, plantas forestales, animales domésticos y al hombre. Bogotá, Universidad Nacional, 142 p.

García, J.; Franco, G.; Ríos, G.; Sandoval, A.; Vásquez, L.A. 2012. Zonificación de las tierras para el uso potencial del cultivo de aguacate cv. Hass en Colombia. Corpoica, MADR. Diagramación, impresión y encuadernación Francisco Vélez. 102 p.

García, J.; Franco, G.; Ríos, G.; Sandoval, A.; Vásquez, L.A. 2012. Zonificación de las tierras para el uso potencial del cultivo de aguacate cv. Hass en Colombia. Corpoica, MADR. Diagramación, impresión y encuadernación Francisco Vélez. 102 p.

Giraldo J., M.; Galindo L., L.A.; Benavides M., P. 2011. La arañita roja del café. Biología y Hábitos. Avances Técnicos Cenicafé No. 403. Chinchiná, Caldas, Colombia. 8 p. ISSN – 0120 – 0178.

Giraldo J., M.; Galindo L., L.A.; Benavides M., P.; Forero D. 2011. Aprenda a conocer las chinches depredadoras de plagas del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 412. Gerencia Técnica. Investigación científica. Fondo nacional del café. 8 p.

Gobernación de Antioquia. 2014. Antioquia le apuesta a incrementar la productividad del cultivo del aguacate Hass. (http://antioquia.gov.co/index.php/secretario-agricultura/noticias - secretrario/22625-antioquia-le-apuesta-a-incrementar-la-productividad-del-cultivo-del-agu acate-hass). Con acceso 25-Mayo del 2015. 12:15 pm.

Guarín, J. 2003. *Thrips palmi* Karny en el Oriente antioqueño. Corpoica. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. pp. 4-13.

Hidalgo G., F. 2013. Convierta su aguacate Hass en exportable. La Patria. 4-Mayo del 2013. Disponible en: http://www.lapatria.com/campo/convierta-su-aguacate-hass-en-expor table-32617. Con acceso 18-Septiembre 2013. 1:52 pm.

Hoddle, M. 2011. The avocado seed moth, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae. Applied Biological Control Research.

http://motrildigital.blogspot.com/2005/10/expertos-debaten-en-motril-sobre-el.html. Con acceso Febrero 12 del 2008; 11:35 a.m.

http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Te rritoriales/ADR%20Sur%20del%20Cesar/Otra%20Informacion/CESAR_EN_CIFRAS_2009.pdf. Con acceso 25-Septiembre del 2013. 8:53pm. http://planeacion cesar. gov.co/ index. php? =com_content&task=view&id=17&Iteemid=40. Consultada el 17 de junio de 2011.

Jiménez, R.; C. Gutiérrez, C. Parra; I. Armenteros; M.R. Hernández Y J. Álvarez. Primeros reportes de daños en ramas y troncos en plantaciones de aguacatero causados por *Neotermes castaneus* Snyder en la habana cuba. Unidad científica tecnológica de base de Alquízar. Instituto de investigaciones en fruticultura tropical. Resúmenes VI Congreso Internacional de Paltas, Chile.

Kondo R., D.T. 2014. Insectos y Ácaros IV. Escamas. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. pp. 265-273.

Kondo, T.; Muñoz, J.; López, R.; Reyes, J.; Monsalve, J. y Mesa, N. 2011. Insectos escama y ácaros comunes del aguacate en el Rje Cafetero y Valle del Cauca, Colombia. Corpoica. C.I. Palmira. Produmedios, Bogotá. 20 p. ISBN: 978-958-740-061-8.

Larrain P. 1999. Efecto de la quimigación y el pintado con Imidacloprid (Confidor) sobre la población de *Pseudococcus viburni* (Signoret) (Homoptera: Pseudococcidae) en vides de mesa. Agricultura Técnica (Chile). Enero-Marzo. 59 (1): 13-25.

León, O. 2003. Estudio de los parámetros de vida de *Oligonychus yothersi* McGregor (Acarina:Tetranichidae) en dos cultivares de palta (*Persea americana* Mill.) Hass y Fuerte. Trabajo de grado. Licenciatura en Agronomía. Universidad Austral de Chile. 90 p.

Londoño Z. M.E. 2010. Informe Técnico de Avance No. 3. “Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa” para el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corpoica, C.I. La Selva. Enero 2010. 42 p.

Londoño Z. M.E. 2011. Informe Técnico Final del proyecto: “Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa” para el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corpoica, C.I. La Selva. Diciembre 14 del 2011. 125 p.

Londoño Z. M.E. 2011. Manejo Integrado de *Monalonion velezangeli* en aguacate. Boletín Divulgativo. Corpoica, C.I. La Selva. 9p. pdf.

Londoño Z. M.E. 2012. Informe Técnico Final Proyecto “Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa”. Corpoica. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 125 p.

Londoño Z., M.E. Vargas M., H.H. 2010. Avances en la identificación de hospederos de *Monalonion veleangeli*. Resúmenes XXXVII Congreso Socolen. Bogotá.

Londoño Z., M.E. Vargas M., H.H. 2010. *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae). Porqué es una plaga de importancia en cultivos de aguacate? En: VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Agroindustria e Innovación, Medellín, Colombia. Julio 22 al 23 de 2010. Memorias. Medellín (Colombia). p. 74.

Londoño Z., M.E. Vargas M., H.H. 2010. *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae). Porqué es una plaga de importancia en cultivos de aguacate ?. En: VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Agroindustria e Innovación, Medellín, Colombia. Julio 22 al 23 de 2010. Memorias. Medellín (Colombia), 2010.PG. 74.

Londoño Z., ME. 2008. Insectos, Capítulo IV. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. pp. 119-154.

Londoño Z., Me. 2014. Manejo integrado de *Monalonion velezangeli* en aguacate. Boletín Técnico Corpoica. Rionegro, Antioquia. Impreso por Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S. 20 p. ISBN: 978-958-740-179-0.

Londoño Z., ME. 2014. Modelos productivos sostenibles de aguacate para el desarrollo de las regiones. Macroproyecto de Aguacate Corpoica V2.3 del 20-Marzo-2014 (GA-F-02. Versión: 04). 35 p.

Londoño Z., ME.; 2014. *Monalonion*, chinche del aguacate, Coclillo o Chupanga. Insectos y ácaros. En: Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de Aguacate. Manual Técnico. Segunda edición. Corpoica-Gobernación de Antioquia. Impreso en Suimagen Creativa S.A.S. Medellín. pp. 239-244. ISBN: 978-8711-50-8.

Londoño Z., ME.; Kondo R., T.; Carabalí M., A.; Varón D., EH.; Caicedo V., AM. 2014. Insectos y ácaros. En: Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de Aguacate. Manual Técnico. Segunda edición. Corpoica-Gobernación de Antioquia. Impreso en Suimagen Creativa S.A.S. Medellín. pp. 228-284. ISBN: 978-8711-50-8.

López M., L.A. 2011. Evaluaciónon de dos extractos vegetales y un jabón sobre *Monalonion Velezangeli* Carvalho & Costa. Informe de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ciencias Agrarias. 45 p.

Mejía H, A. E. 2013. Corporación de productores y exportadores de aguacate Hass de Colombia-CORPOHASS. Presentación en pdf. En: Taller vigilancia de plagas en aguacate Hass para la exportación a Estados Unidos y Experiencias en la aplicación del Enfoque de Sistemas, como medida de Mitigación de plagas cuarentenarias. Agosto 12-14 del 2013.

Mejía, A, 2010. Contexto productivo actual del aguacate en Colombia. En: Memorias del VII Seminario de Frutas Tropicales. Secretaría Técnica Consejo Nacional del Aguacate. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Medellín. p. 32–35.

Mejía, A, 2011. Cadena productiva del aguacate. Consejo Nacional del Aguacate. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Presentación en pdf.

Mejía, A. 2009. Cadena productiva del aguacate. Consejo Nacional del Aguacate. MADR. Presentación en pdf.

Mejía, A. 2013. Aguacate Hass. Agronegocios, No 85, segunda quincena de julio de 2013.

Mejía. H., A. E. 2012. Acta No. 01 de 2011. Reunión acuerdo de priorización de demandas de investigación en aguacate. Consejo Nacional del Aguacate. Corpoica, CI La Selva, Rionegro, Antioquia. Febrero 22 del 2012. 5 p.

Melo, EL.; Ortega, CA.; Gaigl, A; Bellotti, A. 2010. Evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo de *Phyllophaga bicolor* (Coleoptera: Melolonthidae). Revista Colombiana de Entomología 36 (2): 207-212 (2010).

Montilla P. J. 2012. Insecticidas de nueva generación para el manejo de *Monalonion velezangeli* (Carvalho & Costa) en aguacate. Informe final para optar al título de Magister en ciencias – Entomología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Maestría en Ciencias-Entomología. 83 p.

Montilla-Pérez, J.; Londoño Z., M.E.; Monzalve G., D.A.; Correa L., G.A. 20014. Evaluación de insecticidas para el manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera:Miridae) en aguacate. Rev.Fac.Nal.Agr Medellín, 67(1):7141-7150.

Moraes, G. & C.H.W. Flechtmann. 2008. Manual de Acarología. Acarología básica e acaras de plantas cultivadas no Brasil. Holos Editora.

Newett, S.D.; J.H., Crane; Cf., Balerdi. 2002. Cultivars and rootstocks. In: A.W. Whiley, B. Shaffer and B.N. Wolsteenholme (eds.). The avocado: Botany, production and Uses. CaBI Publishing. Wallingford, U.K.

Ochoa, R.; Aguilar, H. y Vargas, C. 1991. Ácaros Fitófagos de América Central: Guía ilustrada. Manual Técnico No.6. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 251 p. ISBN 9977 57-115-5. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=XtLVSLY-fi0C&pg=PA108&lpg=PA108&dq=Oligonychus+yothersi+Mc+Gregor&source=bl&ots=10VvDUVdlE&sig=Icn4COZyaJiaxzfo9VCp03VsXsA&hl=es&sa=X&ei=4odnVYz8IJXbsASyhIOgBg&ved=0CDoQ6AEwBA#v=onepage&q=Oligonychus%20yothersi%20Mc%20Gregor&f=false. Con acceso Mayo 28 del 2015; 5:21 pm.

Orjuela, O. 2011. Evaluación del impacto de los insectos perforadores del fruto del aguacate (*Persea americana* Miller) cv. Hass en el Eje Cafetero. Tesis de pregrado. Biología. Universidad del Quindío. 80 p.

Orozco H., J,; Duque E., M. Y Mesa C., Nc. 1990. Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en *Coffea arabica* Cenicafé 41(1):5-18.

Ortega, M. 2003. Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. En: Actas V Congreso Mundial del Aguacate. Granada-Málaga, España. p. 741-748.

Palevsky E.; Y. Maoz; S. Gal;Y. Argov; M. Berkeley; M. Zilberstein; M. Noy; Y. Izhar, J. Abrahams; M. Coll. 2007. Potenciales depredadores nativos y exóticos para el control biológico de la reciente introducción del ácaro de la palta, *Oligonychus perseae* en huertos de palto en Israel. Resúmenes VI Congreso mundial de Paltas, Chile. Archivo digital.

Peña J.; R. Duncan, W. Roltsch, R. Gagné Y F. Agudelo. 2007. Enemigos naturales del chinche de encaje del aguacate, *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae) en Florida, USA. University of Florida, Tropical Research and Education Center, Homestead, FL, USA. VI Congreso mundial de Paltas, Chile. Archivo digital.

Portal fruticola.com. 2013. Colombia: Productores y exportadores de aguacate Hass conforman Comité Nacional. 15 de abril del 2013. Disponible en: http://www.portalfruticola.com /2013 /04/15/colombia-productores-y-exportadoresde-aguacatehass-conforman-comite-nacional/?pais= colombia. Con acceso 13 de Septiembre del 2013, 10:21 pm.

Ramírez G., J. 2013. Colombia muy cerca de exportar aguacate a los Estados Unidos. El Mundo. 19 de agosto del 2013. http://www.elmundo.com/portal/noticias/economia/colombiamuy cerca deexport ar_aguacate_a_estados_unidos.php. con acceso 12 de Septiembre del 2013.

Ramírez-Cortes, H.J.; Bustillo-Pardey, A.E.; Gil-Palacio, Z.N.; Benavides-Machado, P. 2008. La Chinche de la chamusquina *Monalonion velezangeli*, una nueva plaga del café en Colombia. En: Bustillo P., A.E. (ed.) Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. Cap 30. pp. 374-380.

Ramírez-Cortes, H.J.; Bustillo-Pardey, A.E.; Gil-Palacio, Z.N.; Benavides-Machado, P. 2008. La Chinche de la chamusquina *Monalonion velezangeli*, una nueva plaga del café en Colombia. En: Bustillo P., A.E. (Ed.) Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. Cap 30. Pg. 374-380.

Reyes B., Jc.; Mesa-Cobo, Nc.; Kondo, T. 2011. Biología de *Oligonychus Yothersi* (Mcgregor) (Acari: Tetranychidae) sobre Aguacate *Persea american*a Mill. Cv. Lorena (Lauraceae). Caldasia 33(1):211-220.

Ripa S., R.; R. Vargas M.; P. Larral D.; S. Rodríguez S. 2007. Manejo de las principales plagas del palto. INIA-La Cruz; INIA-Tierra Adentro, Frutales y Viñas, Marzo-Abril. P 29-33.

Rivera R., NR. 1989. Estudio de una nueva plaga *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell), del palto (Persea americana Mill.) en la localidad de Quillota, V Región. Universidad Católica de Valparaiso. Facultad de Agronomía. Área de Frutales. Tomado de: file:///C:/Users/Martha /Local%20Settings/Desktop/P.%20piryformis-RiveraNorka1989.pdf. Con acceso 4-Junion-2015. 4:42 pm.

Rodríguez, S.; E. Mendoza, A. Flores Y J. Naranjo. 2007. Control biológico de *Olygonichus punicae* Hirst (Acari:Tetranychidae) en Michoacán, México. VI Congreso mundial de Paltas, Chile. Archivo digital.

Rojas, J., Peñuela, A., Rocío, C., Aristizábal, G. y Chaparro, M. 2004. Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos establecimiento de las normas técnicas de calidad. Cenicafé, Chinchiná. p. 163-178.

Tafur R., R.; Toro, J.C; Negrette, R. 2006. Plan Frutícola Nacional. Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en la región Caribe. Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, Fondo Nacional De Fomento Hortifruticola – FNFH, Asociación Hortofrutícola de Colombia – Asohofrucol, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca – SAG. Documento en pdf. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca _17_ANEXOS%20PFN% 20 COLOMBIA.pdf. Con acceso 14 de septiembre del 2013.

Tamayo PJ. 2014. Enfermedades y desordenes abióticos. En Actualización tecnológica en el cultivo de aguacate y buenas prácticas agrícolas Pp.249-255. Corpoica. ISBN 978-958-8711-50-8.

Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ed. Mundiprensa. México. 219 p.

Torres J., L.F.; Londoño Z., M E.; Correa L., G.; Cartagena V., J.R. 2012. Relación de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) con el estado fenológico del aguacate. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 9p. En edición.

Torres, V., M.C. 2013. Admisibilidad del aguacate colombiano al mundo. Informe final Línea Base. ICA. Presentación en pdf. En: Taller vigilancia de plagas en aguacate Hass para la exportación a Estados Unidos y Experiencias en la aplicación del Enfoque de Sistemas, como medida de Mitigación de plagas cuarentenarias. Agosto 12-14 del 2013.http://viver ojugoza.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid =24. Con acceso septiembre 12 el 2013

Torres-Jaimes, L.F. 2013. Relación del comportamiento poblacional de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa con factores del clima y la fenología del aguacate. Universidad Nacional de Colombia. Sede de Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Agronómicas.

Torres-Jaimes, L.F; Correa-Londoño, G.A.; Cartagena-Valenzuela, J.R.; Monzalve-Garcia, D.A.; Londoño-Zuluaga, M.E. 2012. Relationship of *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera:Miridae) with the fenology of avocado *Persea americana* Mill., cv. Hass. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 65(2):6659-6665.

Vargas M., H.; Londoño Z., M.E. 2009. Descripción del daño ocasionado por *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae) sobre *Persea americana* Miller. Resúmenes XXXVI Congreso Socolen. Medellín.

Vásquez G, L.A.; Ríos G., G.; Londoño Z., M.E.; Torres C., M. 2011. Caracterización biofísica y socioeconómica del sistema de producción de aguacate cv. Hass en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín divulgativo. 97 p.

Vega, J.Y. 2012. El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano. Documentos de trabajo sobre Economía Regional. Banco de la República. Centro de estudios económicos regionales (CEER)-Cartagena. 45 p. ISSN 1692 – 3715.

Velásquez, J.A. 2006. Identificación del aguacate como un rubro importante de grandes oportunidades comerciales, según los acuerdos de integración, los nuevos tratados comerciales y el comercio mundial globalizado. Secretaría de Productividad y Competitividad. Gobernación de Antioquia. Disponible Archivo digital pdf.

Villegas G. C. 2008. La chinche de la Chamusquina una nueva plaga en el cultivo del café. Cenicafé. 13 p.

Villegas I., L. I. 2011. Evaluación del efecto de hongos entomopatógenos sobre *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniería Agropecuaria. Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ciencias Agrarias. 43 p.

Williams, LO. 1977b. The avocados, a sinopsis of the genus Persea, subg.Persea. Economic Botany 31:315-320. http://aguacatescol.blogspot.com/2007/04/el-aguacate.html. Con acceso 23-Septiembre del 2013. 9:49 pm.

ANTROPOENTOMOFAGIA EN LATINOAMÉRICA: UN BREVE ABORDAJE DE LA IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS COMESTIBLES PARA LAS COMUNIDADES LOCALES

Eraldo Medeiros Costa-Neto

Ph.D. en Ecología y Recursos Naturales. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina, s/n Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana – Bahia, Brasil. E-mail: eraldont@hotmail.com

ANTHROPOENTOMOPHAGY IN LATIN AMERICA: A BRIEF ACCOUNT OF THE IMPORTANCE OF EDIBLE INSECTS TO LOCAL COMMUNITIES

Título breve: Insectos comestibles en Latinoamérica

Resumen. Antropoentomofagía se produce desde el norte a la parte sur de América Latina. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y México se destacan como los países de América Latina que tienen el hábito de consumir insectos presentando tanto biológica y una diversidad étnica. Por lo menos 735 especies de especies de insectos se consumen de acuerdo con su abundancia durante varias épocas del año cuando están disponibles. Sin embargo, si el biosociodiversity ricos se encuentran en países de América Latina se tiene en cuenta, a continuación, se puede decir que el fenómeno de la antropo-entomofagia se ha subestimado. Teniendo en cuenta las cualidades nutricionales que los insectos tienen, deben ser considerados como recursos renovables disponibles para la explotación sostenible con el objetivo de reducir el problema de la desnutrición y el hambre en muchas partes del mundo.

Palabras clave: Nutrición. Cultura. Etnicidad. Etnoentomología.

Abstract. Anthropoentomophagy occurs from northern to southern parts of Latin America. Colombia, Venezuela, Ecuador, Peru, and Mexico stand out as the Latin American countries that have the habit of consuming insects by presenting both a biological and an ethnic diversity. At least 735 species of insect species are consumed in accordance with their abundance during several seasons of the year when they are available. However, if the rich biosociodiversity found in Latin American countries is taken into account, then it can be said that the phenomenon of anthropoentomophagy has been underestimated. Considering the nutritional qualities that insects have, they should be considered as renewable resources available for sustainable exploitation aiming at reducing the problem of malnutrition and hunger in many parts of the world.

***Key words*:** Nutrition. Culture. Ethnicity. Ethnoentomology.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, los insectos siempre han sido explotados para una variedad de propósitos (Sutton, 1995). El conocimiento acerca de los insectos y otros artrópodos se ha expresado en una serie de manifestaciones espirituales, religiosas, cosmológicas, mitológicas, artísticas, orales y físicas que han permitido la supervivencia de las sociedades indígenas y locales (Ribeiro y Kenhíri, 1987; Costa-Neto, 2002; Ramos-Elorduy, 2009; Vera y Brand, 2012). Tanto los conocimientos entomológicos tradicionales (etnoentomología) y las prácticas vinculadas a ellos se han transmitido de generación en generación, especialmente a través de la tradición oral, y enriquecido con nueva información (Posey 1986; Ramos-Elorduy, 2009).

Considerando los insectos como fuente de proteínas, estos animales han sido utilizados como productos alimenticios desde los albores de la raza humana (van der Merwe *et al.*, 2003). Las estimaciones del número de especies de insectos que son consumidos por los seres humanos varían. Dependiendo de la especie y estadio, son ricos en proteínas, grasas, hidratos de carbono o sales, proporcionando a los consumidores nutrientes valiosos que son razonablemente fáciles de obtener, por lo general mediante la selección de los animales en su hábitat natural (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997, 1998a, 1998b). El consumo de insectos es generalizado ya que las especies comestibles son utilizadas por aproximadamente tres mil grupos étnicos en 120 países. Casi todos los taxones se consumen, pero algunos grupos sólo a nivel local (Ramos-Elorduy, 2000).

En América Latina los insectos contribuyen de manera significativa a la seguridad y los medios de subsistencia alimentaria de los pueblos (Vantomme, 2010; Van Huis *et al.*, 2013). Antropoentomofagía es el nuevo término utilizado para describir el consumo humano de los insectos y los productos hechos por ellos, por ejemplo la miel. Los datos etnográficos sobre la práctica de la antropoentomofagía en América Latina remonta al siglo XVI, proporcionados por cronistas, exploradores y naturalistas que hicieron los primeros registros sobre la rica biodiversidad y los pueblos indígenas que encontraron (Lenko y Papavero, 1996).

Los insectos juegan un papel importante en cualquier sistema económico, a pesar de que representan sólo una pequeña parte del total de recursos adecuados para su uso (DeFoliart 1989; Morris 2008; Vantomme 2010). Sin embargo, debido a razones etnocéntricas, ya que no se toman debidamente en cuenta en algunas culturas, se ha registrado una tendencia a ignorar u omitir su relevancia. O cuando se mencionan, tenemos sólo sus nombres nativos, y por lo que es difícil conocer su identidad taxonómica (Posey, 1987). Curiosamente, los insectos son todavía insuficientemente investigados por los antropólogos, se consideran generalmente como recursos marginales en los estudios sobre los usos de los distintos recursos disponibles. Además, la explotación racional de estos recursos sigue siendo considerado negativamente por muchos gobiernos (Costa-Neto, 2002).

Este artículo presenta una breve descripción del estado del arte de la antropoentomofagía en América Latina, llamando la atención sobre la importancia de los estudios etnoentomológicos.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ANTROPOENTOMOFAGÍA EN AMÉRICA LATINA

Respecto al uso de insectos como alimento humano en esta zona multicultural que es América Latina, seguido de un análisis bibliográfico desde 1560 hasta la actualidad, no hay representación de los datos de uso de insectos comestibles en relación con el número de especies o individuos. Se presume que el uso convencional como fuente de alimento es mucho más generalizada (Paoletti *et al.,* 2001). También se evaluó la distribución geográfica de los datos. Hay tendencias, pero para hacer un análisis completo es difícil. Como Ramos-Elorduy (2011) dice: "El grado de entomofagía en un país es muy variable y está influenciado por la historia, la tradición y la sociedad". De hecho, la predilección de los insectos comestibles difiere según el sabor, el valor nutricional, las costumbres étnicas, los tabúes locales, los antecedentes familiares y la fácil disponibilidad (van Huis, 2003).

La base de datos de Jongema (2013) enumera 735 especies de insectos que son científicamente identificados (Tabla 1). Los insectos comestibles predominantes son los escarabajos (Coleoptera), abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera), mariposas y polillas (Lepidoptera), y las termitas (Isoptera). Hay pocos informes del consumo de insectos por las personas en los países de América Central. Esto es sorprendente teniendo en cuenta el uso intensivo de insectos comestibles en México y en países como Colombia, Ecuador, Venezuela y Brasil (ver Tabla 1). El número de especies de insectos comestibles en muchos países se subestima, y los datos disponibles deben actualizarse regularmente. Como estima Ramos-Elorduy (2005), hay 545 especies comestibles registrados para México, mientras que Onore (1997) registra un total de 83 especies comestibles en Ecuador y Costa-Neto y Ramos-Elorduy (2006) registraron 95 especies utilizadas por 39 etnias de Brasil.

El consumo de insectos se produce en diversos contextos socio-culturales. Se consumen como inmaduros (ninfas, larvas y pupas) y adultos, en parte o en su totalidad, así como los productos elaborados por ellos, tales como la miel, el propóleo, polen, jalea real y cera. La ingestión ocurre tanto directa como indirectamente. El uso directo se da a través de la ingestión de larvas de escarabajos, abejas y avispas o la ingestión de hormigas, mientras que el uso indirecto ocurre con la ingestión de miel de abejas y avispas. Se observó que muchas especies de insectos se consumen no sólo como alimento sino también como medicina. Por esta razón, la hipótesis de la entomofauna nutracéutica ha sido postulado (Costa Neto *et al.,* 2006).

Los habitantes de zonas rurales, que viven en el campo y reúnen los insectos comestibles secuencialmente a lo largo del año, saben muy bien el tiempo y lugares para obtenerlos, las cantidades que se espera, el escenario preferido o el sexo, el tamaño, el tipo, el horario, las

plantas hospedantes, peligros involucrados, tipo de material utilizado en su captura y tiempo productivo (Dzerefos *et al.*, 2013). En vista de ello, es esencial registrar la cantidad rica de los conocimientos tradicionales, las costumbres y prácticas de los pueblos indígenas, ya que, sin duda, son los representantes vivos de su propia cultura (Petiza *et al.*, 2013). Ellos presentan un conocimiento íntimo de su entorno biológico, son manipuladores expertos de los procesos ecológicos y tienden a adoptar prácticas de gestión sostenible de los recursos (Posey *et al.*, 1984).

Tabla 1. Número de especies de insectos comestibles en los países de América Latina. Fuente: Jongema (2013).

País	Número de especies	Porcentaje
México	415	57
Brasil	122	17
Ecuador	78	11
Colombia	51	7
Venezuela	39	5
Indias Occidentales	6	0,8
Guyana	4	0,5
Nicaragua	4	0,5
Perú	3	0,4
Chile	3	0,5
Paraguay	2	0,2
Bolivia	1	0,13
Honduras	1	0,13
Panamá	1	0,13
Jamaica	1	0,13
Guatemala	1	0,13
Surinam	1	0,13
Trinidad	1	0,13
Barbados	1	0,13
Total	**735**	**100**

En cuanto a la comercialización, el comercio se produce generalmente con especies que han aumentado la demanda, que poseen mejor sabor, que pueden ser más fácilmente obtenidas o pueden ser manejadas de modo sencillo, y para tener una abundancia significativa o se pueden cultivar fácilmente, y son polivoltinas (Ramos- Elorduy, 2009, 2011). Por otro lado, algunas especies han sido cultivadas desde antes de la colonización, como son las cochinillas (*Dactylopius coccus*, *D. tomentosus* y *D. indicus*) y los insectos acuáticos en México. También

hay protocultivo de hormigas (*Atta* spp., *Liometopum* spp.) y avispas (*Polybia* spp.). El cultivo formal se produce con grillos, saltamontes, abejas sin aguijón, moscas, cucarachas, escarabajos, mariposas diurnas y nocturnas.

Teniendo en cuenta la rica biosociodiversidad que se encuentra por toda Latinoamérica, se podría señalar que en una sociedad que rechaza el consumo de insectos que hay algunas personas que superen dicho rechazo, pero la mayoría continuarán con esta actitud. Va a ser muy difícil convencer a toda una sociedad que los insectos son totalmente aptos para el consumo. En los países latinoamericanos, donde los insectos ya siguen consumiéndose, una parte de la población desprecia el consumo y lo asocia con la pobreza y la indianidad (Katz, 2011). También hay ejemplos de personas que han tenido el hábito de consumirlos y abandonaron ese hábito debido a la vergüenza, y porque no quieren ser clasificados como indígenas o pobres (Costa Neto, 2011). Según Katz (2011), si el consumo de insectos como alimento de lujo debe ser promovido, entonces habría más posibilidades de que algunas personas que no presentan este hábito a superar las ideas en las que fueron educados. Y esto también podría ayudar a revalorizar el consumo de insectos por aquellas personas que ya los comen.

En general, la antropoentomofagía está subestimada. Los insectos comestibles son uno de los recursos renovables que están disponibles para la exploración sostenible para aliviar la desnutrición y el hambre en el mundo. A través de la selección de insectos adecuados para el consumo humano, las personas, especialmente de los grandes centros urbanos, necesitan revisar sus hábitos alimenticios y considerar, a la luz de los conocimientos actuales, el potencial nutritivo ofrecido por los insectos, dada la gran cantidad de proteínas, grasas, vitaminas y minerales que presentan. El descubrimiento de un nuevo plato hace más por la felicidad de la humanidad que el descubrimiento de una nueva estrella (Boyle, 1992).

REFERENCIAS

Boyle, R. H. 1992. The joy of cooking insects. Audubon 94 (5): 100-103.

Costa Neto, E. M. 2011. Antropoentomofagia: sobre o consumo de insetos. p. 17-37. En: Costa Neto, E, M. (org.). Antropoentomofagia: insetos na alimentação humana. UEFS Editora. Feira de Santana, Brasil. 131 p.

Costa-Neto, E. M. 2002. Manual de etnoentomología. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. España. 104 p.

Costa-Neto, E. M.; Ramos-Elorduy, J. 2006. Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 38: 423-442.

Costa neto, E. M.; Ramos-Elorduy, j.; pino moreno, J. M. 2006. Los insectos medicinales de Brasil: primeros resultados. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 38: 395-414.

Defoliart, G. R. 1989. The human use of insects as food and as animal feed. Bulletin of the Entomological Society of America 35 (1): 22-55.

Dzerefos, C. M.; Witkowski, E. T. F.; Toms, R. 2013. Comparative ethnoentomology of edible stinkbugs in southern Africa and sustainable management considerations. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 9: 20.

Jongema, Y. 2013. World list of edible insects. Disponible en: http://www.wageningenur.nl/upload_mm/7/e/6/c79e66db-00d5-44c9-99cb-f38943723db6_LIST%20Edible%20insects%201st%20 of%20April.pdf. [Fecha revisión: 15 marzo 2014].

Katz, E. 2011. Prefácio. p. 9-16. En: Antropoentomofagia: insetos na alimentação humana. Costa Neto, E, M. (org.). Antropoentomofagia: insetos na alimentação humana. UEFS Editora. Feira de Santana. Brasil. 131 p.

Lenko, K.; Papavero, N. 1996. Insetos no folclore. Plêiade/FAPESP. São Paulo. Brasil. 468 p.

Morris, B. 2008. Insects as food among hunter-gatherers. Anthropology Today 24 (1): 6-8.

Onore, G. 1997. A brief note on edible insects in Ecuador. Ecology of Food and Nutrition 36: 277-285.

Paoletti, M. G.; Buscardo, E.; Dufour, D. L. 2001. Edible invertebrates among Amazonian Indians, a disappearing knowledge. Environment, Development, and Sustainability 2: 195-225.

Petiza, S.; Hamada, N.; Bruno, A. C.; Costa-Neto, E. M. 2013. Etnoentomología Baniwa. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 52: 323-343.

Posey, D. A. 1986. Etnobiologia: teoria e prática. p. 15-25. En: Ribeiro, B. G. (ed.). Suma Etnológica Brasileira, V. 1. Etnobiologia. Vozes, Petrópolis. Brasil. 225 p.

Posey, D. A. 1987. Temas e inquirições em etnoentomologia: algumas sugestões quanto à geração de hipóteses. Boletim Museu Paraense Emilio Göeldi, série Antropologia 3 (2): 99-134.

Posey, D. A.; Frechione, J.; Eddins, J.; Silva, L. F. 1984. Ethnoecology as applied anthropology in Amazonian development. Human Organization 43: 95-107.

Ramos-Elorduy, J. 2011. Evolución de la comercialización de insectos comestibles. p. 103-122. En: Costa-Neto, E.M. (ed.) Antropoentomofagia: insetos na alimentação humana. UEFS Editora Feira de Santana, Brazil. 131 p.

Ramos-Elorduy, J. 2009. Anthropo-entomophagy: cultures evolution and sustainability. Entomological Research 39: 271-288.

Ramos-Elorduy, J. 2005. Insects: a hopeful food source. pp. 263-292. En: Paoletti, M. G. (ed.). Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails. Science Publishers Inc., New Hampshire. Reino Unido.

Ramos-Elorduy, J. 2000. La etnoentomología actual en México en la alimentación humana, en la medicina tradicional y en el reciclaje y alimentación animal. pp. 3-46. En: Stanford, S.; Morales, A.; Padilla, J.; Ibarra, M. (eds.). Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, Guerrero, México.

Ramos-Elorduy, J.; Pino Moreno, J. M.; Prado, E. E.; Perez, M.; Otero, J. L.; Guevara, O. L. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. Journal of Food Composition and Analysis 10: 42-157.

Ramos-Elorduy, J.; Pino Moreno, J. M.; Correa, S. C. 1998a. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. Annales del Instituto de Biología de la UNAM 69 (1): 65-104.

Ramos-Elorduy, J.; Muñoz, J. J.; Pino Moreno, J. M. 1998b. Determinación de minerales en algunos insectos comestibles de México. Revista de la Sociedad de Química de México 42 (1): 18-33.

Ribeiro, B. G.; Kenhíri, T. 1987. Calendário econômico dos índios Desâna. Ciência Hoje 6 (36): 26-35.

Sutton, M. Q. 1995. Archaeological aspects of insect use. Journal of Archaeological Method and Theory 2 (3): 253-298.

Van Der Merwe, N. J.; Thackeray, J. C.; Lee-Thorp, J. A.; Luyt, J. 2003. The carbon isotope ecology and diet of *Australopithecus africanus* at Sterkfontein, South Africa. Journal of Human Evolution 44: 581-597.

Van Huis, A. 2003. Insects as food in sub-Saharan Africa. Insect Science and Its Applications 23: 163-185.

Van Huis, A.; Van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171. FAO, Roma. Italia. 201 p.

Vantomme, P. 2010. Edible forest insects, an overlooked protein supply. Unasylva 236 (61): 19-21.

Vera, C.; Brand, A. 2012. *Aramanday guasu* (*Rhynchophorus palmarum*) como alimento tradicional entre os Guarani Ñandéva na aldeia Pirajuí. Tellus 23: 97-126.

ASEDIO DE ÁCAROS POR INDUCCIÓN DE METABOLISMO SECUNDARIO VEGETAL: LA SEXTA HERRAMIENTA DEL MANEJO INTEGRADO

Eduardo Dávila S.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D., Gerente General de Talex S.A.S. para Colombia

Resumen. En la actualidad están aceptadas seis herramientas de manejo integrado de ácaros "MIA", dentro de las cuales el manejo de la resistencia y la tolerancia del hospedero es la de menos aplicación, al menos en lo referente a Colombia. La araña bimaculada *Tetranychus urticae* Koch (1836), como especie polífaga, es una de las plagas clave en la agricultura mundial y es sabido que todo vegetal, por evolución conjunta, está en condiciones de defenderse por medio del metabolismo secundario. Es así como el objetivo de este trabajo ha sido evaluar una formulación con base en glucosamina (KlingQuel® Raíces), como inductor del metabolismo secundario, para el manejo de poblaciones de ácaros en cultivos de fríjol (variedad: Ica Cerinza) y rosa (variedad: Charlotte). En este artículo se presenta una revisión bibliográfica de la fisiología en la relación planta:ácaro, junto a dos trabajos llevados en condición controlada en invernadero. Los resultados de campo muestran controles superiores al 60% a partir de los ocho días de la inducción metabólica, sin manifestar efectos negativos en los materiales vegetales evaluados, lo que viabiliza la sexta herramienta del MIA en la producción agrícola.

Palabras clave: Elicitores. Manejo integrado. Glucosamina. Antibiosis. No Preferencia.

Abstract. Currently are accepted six tools in integrated mite management "IMM", within which the handling of resistance and tolerance of the host is the least used regarding Colombia. Two spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (1836), as polyphagous specie, is a key pest worldwide in agriculture, and is well known that all plant, by evolution, can warding off attack by their natural enemies by secondary metabolism. In this way, the goal has been to evaluate glucosamine based

formulation (KlingQuel Raíces, a trade mark), as secondary metabolism inductor, to control mite populations on bean (variety: Ica Cerinza) and roses (variety: Charlotte). In this paper it is presented a theoretical framework on the plant:mite relationship, together with two trials carried out under controlled environment in greenhouses. In field tests, efficiencies were recorded up to 60%, after eight days of metabolic induction, without negative effects on plant materials, making feasible the application of the above mentioned sixth tool of MIA, in crop production.

Key words: Elicitors. Integrated Management. Glucosamine. Antibiosis. No Preference.

INTRODUCCIÓN

La palabra asediar significa importunar, molestar o incomodar con alguna pretensión. Es así como en este trabajo, bajo la anterior acepción, el blanco del asedio es la arañita bimaculada *Tetranychus urticae* Koch (1836), mientras que la pretensión ha sido lograr su decline poblacional, con el concurso de la planta hospedera. Durante los últimos años se ha venido trabajando sobre Manejo Integrado de Ácaros (**MIA**), lo cual consiste en incluir herramientas compatibles para mantener poblaciones a niveles que no impacten económicamente las producciones. La hormoligosis, entendida como el proceso fisiológico por medio del cual se estimula reproductiva y metabólicamente una población de ácaros, una vez ha sido expuesta a factores estresantes (xenobióticos o ambientales), fue quizás la justificación histórica del **MIA,** cuyos componentes según Hoy (2011) son:

- ✓ control químico,
- ✓ control cultural,
- ✓ control biológico,
- ✓ monitoreo de plaga y benéficos,
- ✓ normas regulatorias, y
- ✓ manejo de la resistencia y la tolerancia del hospedero.

El sexto componente ha sido el menos implementado, debido a la dilucidación tan reciente de los mecanismos de activación de defensa de la planta, como al escaso entendimiento que se tiene de la relación planta:ácaro.

El objetivo de este artículo es revisar los avances científicos en el campo de la fisiología de los ácaros, la fisiología de la planta y la relación planta:ácaro, para dar herramientas para inducir resistencia y alistar la planta para la tolerancia. Se presentan resultados de control por medio de activadores de defensas contra herbívoros, *in vivo*, bajo experimentos diseñados estadísticamente.

Se han detectado dos limitantes en la introducción de estas nuevas tecnologías:

- ✓ La discriminación de funciones en los manejos nutricional, fisiológico y fitosanitario que se da en muchas organizaciones, las cuales deben converger forzadamente en el sexto

componente del **MIA**, lo que exige el concurso y la coordinación de los responsables de las tres disciplinas mencionadas,

- ✓ La diferencia de los conceptos fitoterapéutico y profiláctico. En el segundo caso, se busca disminuir la densidad de ácaros/planta, prevenir incrementos súbitos de poblaciones, sin ofrecer resultados de muerte de individuos en horas. Los manejos de resistencia y tolerancia, deben ser evaluados en lapsos que incluyan dos a tres ciclos poblacionales de la plaga que se busque asediar, lo cual en el caso de *T. urticae* compromete periodos de al menos 45 días para valorar este tipo de componente en una estrategia **MIA**.

El alcance más importante que desencadenará esta clase de trabajos es la disminución en la tasa de aplicación de agroquímicos y la prevención de selección de poblaciones resistentes.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Algunos aspectos fisiologicos en Tetranychidae

El éxito de los ácaros como parásitos de plantas se debe a tres atributos aparentemente inexpugnables: (1) son criaturas muy prolíficas, (2) tienen ciclos de vida cortos y (3) tienen la capacidad para sobre alimentarse de sus hospederos. A continuación se revisa la última característica.

Todos los Tetranychidae se alimentan por digestión preoral externa, usando un estilóforo a manera de sorbete, que les permite penetrar hasta 100 micras (en adelante μm), que equivale a una quinta parte de la longitud de su cuerpo y a la longitud de dos células vegetales típicas (Nobel, 2013). Se sabe que en promedio una arañita bimaculada succiona entre 18 a 22 células por minuto (Hoy, 2011), lo que a nivel de balance alimentario implica que en diez días promedio un individuo destruye un centímetro cuadrado de follaje. Entonces, diez adultos acaban con un foliolo de 10 cm^2 en ese lapso, aunque usualmente esto no sucede pues previo a la destrucción total se presenta abscisión foliar. En condiciones de baja humedad relativa, la evaporación disminuye la calidad del jugo y el consumo puede aumentarse en varios órdenes de magnitud. El vegetal se ve afectado por pérdida de tejido fotosintético, por aumento de la transpiración y por radiación directa sobre tejidos sensibles. La barrera mecánica contra la herbivoría por ácaros es la cutícula y la lignina, ambos metabolitos secundarios. La pared celular, que en promedio puede tener un espesor de 0.5μm, no representa un obstáculo para el estilóforo, a menos que la pared secundaria esté fuertemente lignificada (metabolismo secundario).

Sobre la distribución de los principales sistemas fisiológicos, en el volumen total de un individuo, se puede hacer la siguiente estimación aproximada. A nivel de sistema digestivo y excretor, éstos ocupan cerca del 50 por ciento del volumen total del adulto. Una hembra destina cerca del 25 por ciento de su espacio interno para el aparato reproductor. En tercer lugar, está la masa nerviosa central, que es atravesada por el esófago. De acuerdo a lo anterior, el cuerpo de un ácaro ha evolucionado para alimentarse y reproducirse, de una manera desproporcional con respecto a la

gran mayoría de animales, incluidos sus compañeros de *phyllum*: los insectos. El sistema nervioso, sobre el cual se enfoca gran parte del arsenal para control químico, no supera el 12 por ciento del volumen total de un imago.

El balance hídrico es uno de los problemas fisiológicos más serios en los ácaros, en parte debido a su alta relación superficie:volumen (Hoy, 2011). El agua que pierde un ácaro, en orden de importancia se da por: difusión, secreción de fluidos digestivos, defecación, excreciones, producción de feromonas y fluidos defensivos, producción de células y líquidos reproductivos. La aplicación de polvos abrasivos, solventes, surfactantes (siliconados) o detergentes, diluyen los lípidos del integumento exponiendo a los individuos a muerte por deshidratación. Al aplicar esta clase de sustancias, lo mismo sucede en la planta, la cual pierde ceras cuticulares lo que aumenta la transpiración, quedando expuesta a rebrotes de ácaros y otras plagas, sobre todo de aparato bucal raspador o chupador, o a epidemias microbiales. Cuando hay exceso de humedad, por suculencia del liquido digestivo preoral, los ácaros pueden eliminar agua hasta el equivalente del 25 por ciento de su peso, en 30 minutos. Los individuos en diapausa son poco sensibles a la deshidratación (Hoy, 2011; Walter and Proctor, 2013).

Con respecto a los sistemas circulatorio y nervioso, *Tetranychus* spp. posee un sistema circulatorio abierto, dependiente de contracciones musculares dorsales para fluir, además tiene un sistema colinérgico completo para función nerviosa y respuesta sináptica.

La alta resistencia a acaricidas (en 2 a 4 años), se debe entre otras a las siguientes características de las especies: (1) la generaciones arrhenotókicas y haploides, eliminan genes no deseables en la población (susceptibilidad a agroquímicos), (2) la alta tasa de endocría lleva a expresiones homocigóticas resistentes en cuestión de una generación y (3) la gran actividad enzimática para detoxificación.

El genoma de *T. urticae* fue descrito recientemente (Grbić *et al.*, 2011). Se descubrió que esta especie tiene tres veces más genes asociados a actividad proteolítica que los insectos. Se determinaron 32 glutation-S transferasas, enzimas de detoxificación, muy superiores en número a las de los insectos, crustáceos y nematodos que pueden llegar máximo a catorce. Mas del 50 por ciento de los genes asociados a la citocromo p450 son usados para detoxificación por xenobióticos, además los factores de transcripción están conectados a los metabolitos de la planta hospedera; algo sin precedentes, pues en el caso de los humanos, sólo una tercera parte del arsenal de citocromos P450 trabaja en detoxificación. Para mayor complejidad, la especie ha recibido por transferencia genética lateral, genes de síntesis de carotenoides provenientes de Zygomycetes, siendo hasta la fecha de la publicación de Grbić *et al.* (2011) el único animal capaz de sintetizar carotenoides, grupo químico importante en el manejo del estrés oxidativo y protección general contra radicales libres.

1.2 Metabolismo secundario en vegetales

Las plantas terrestres, como organismos sésiles, han estado expuestas a múltiples enemigos durante más de 700 millones de años de existencia, y los ácaros las acompañan desde hace aproximadamente 400 millones de años. Para defenderse, los vegetales han desarrollado rutas metabólicas secundarias, las cuales se pueden dividir en tres grupos por el tipo de metabolito que generan: fenilpropanoides, isoprenoides (terpenos) y compuestos orgánicos nitrogenados (Heldt and Piechulla, 2011; Scott, 2008; Walters, 2011; Walters *et al.*, 2008).

La ruta metabólica del Shikimato es la responsable de la síntesis de fenilpropanoides, aunque en menor proporción la ruta del ácido malónico aporta también a su producción. Para su activación, es necesario el concurso de cerca de una docena de enzimas, cuya transcripción genética está gobernada por factores ambientales, nutricionales y bióticos, que cuando fallan generan síndromes en las plantas (Dávila *et al.*, 2013). Esta ruta, es la responsable de la producción de aminoácidos aromáticos como el triptófano, materia prima para sintetizar auxinas y generar crecimiento (Chandler, 2015). Además, a partir de la fenilalanina y la tirosina, se producen los compuestos fenólicos entre los cuales se destacan: por su toxicidad directa para ácaros, las cumarinas y los lignanos; por su efecto antialimentario, la suberina, la cutina y los taninos; como barrera física, la lignina (Tabla 1).

Los terpenos son sintetizados por las vías del acetato-mevalonato (citosol) y del methyl-erythritol fosfato (plastidios), desde un grupo químico básico conocido como el isopreno (de ahí que la denominación isoprenoides sea más correcta). Algunos de los compuestos con actividad de defensa contra ácaros son: menthol y derivados como repelentes, la azaridactina como biocida, las fitoecdisonas como miméticos de la hormona de la ecdisis y las saponinas que alteran la función del integumento (Tabla 1).

Las compuestos orgánicos nitrogenados, son sintetizados a partir de aminoácidos. Entre los más comunes están: los aminoácidos no proteicos que alteran el metabolismo de los herbívoros, los inhibidores de proteasas y amilasas que afectan la digestión, los glicósidos cianogénicos que liberan cianuro e inhiben respiración a nivel mitocondrial, las lectinas que son proteínas de acomplejamiento de carbohidratos y los alcaloides como la nicotina que produce alteraciones digestivas y paros respiratorios (Tabla 1).

Los fenilpropanoides son universales, pues toda planta vascular los produce. Los isoprenoides son los metabolitos más abundantes, aunque su producción está limitada por taxones. Los compuestos nitrogenados son muy específicos. Con lo anterior, la vía del Shikimato es útil para inducir defensas en toda especie vegetal.

Un punto importante en el diseño de un inductor, para uso comercial, es corregir el costo de asignación energética y de metabolismo primario, lo cual debe considerarse tanto en la elaboración de productos por los fabricantes, como en el uso por los productores o, más

responsable, en la prescripción por medio de la asistencia técnica profesional. En trabajo reciente (Burgos *et al.*, 2015), demostraron cómo los inductores de defensas contra *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary 1876, al aplicarse solos disminuyen la producción en el cultivo de papa respecto a un testigo sin aplicación, en ausencia de la enfermedad. Los autores encontraron que tanto el fosfito, la glucosamina, el ácido gama amino butírico y el ácido salicílico, deprimen significativamente la producción de materia seca en el mencionado cultivo, lo cual alerta sobre la necesidad de seleccionar correctamente los inductores para uso en programas de manejo integrado.

1.3. Relación planta:ácaro bajo enfoque profiláctico

Existen dos formas en la que las plantas responden el ataque de los ácaros: por estrategia de resistencia y por alistamiento para la tolerancia.

1.3.1. Estrategias defensivas

En cada ciclo de vida las plantas crean estructuras y mecanismos naturales, por evolución, que determinan el grado de susceptibilidad o resistencia a un enemigo natural. Estas estructuras y mecanismos, cuando se expresan en cada progenie, conforman la *resistencia constitutiva* de las plantas.

Por otro lado, la resistencia que se adiciona por estímulo de un enemigo natural se conoce como *resistencia inducida*, cuando ésta es sólo localizada se define como *respuesta hipersensitiva* (quemazones), y cuando es expresada en toda la planta y tiene larga duración se define como *resistencia sistémica adquirida* (**SAR**, por sus siglas en inglés). Las estrategias vegetales de defensa con respecto a artrópodos herbívoros, se evidencian por dos fenómenos: (1) **no preferencia** cuando se afecta, por características físico-químicas de la planta, la biología o el comportamiento del ácaro y (2) **antibiosis**, cuando los cambios físico-químicos del vegetal alteran la tasa de sobrevida, la fecundidad o el desarrollo del ácaro (Hoy, 2011). Desde el punto de vista del metabolismo secundario, se puede decir que causan efectos de no preferencia: la cutina, la lignina, los taninos y el mentol con sus derivados. La cumarina, los taninos, los compuestos cianogénicos y las fitoecdisonas tienen efecto de antibiosis.

Toda sustancia que no tenga efecto directo sobre el enemigo natural del cultivo, que produzca un cambio fenotípico que redunde en mejor defensa de la planta, se considera una *activador de defensas* (Sticher *et al.*, 1997). De esta manera las plantas al coevolucionar con sus plagas, han desarrollado sistemas bioquímicos para identificar moléculas a nivel de membrana por medio de proteínas o por cambios en la estructura lipídica. Algunas de las sustancias que tienen este efecto son: las fracciones de quitina, la glucosamina y los oligogalacturónidos. Además, el calcio ha sido un elemento importante en la respuesta al estrés biótico en las plantas, pues la nutrición mineral es un subcomponente del manejo de la resistencia y la tolerancia, cuando se visualiza desde la señalización (Dávila, 2014).

El género *Tetranychus* cuenta con especies que "manipulan" las defensas de los vegetales, bloqueando las rutas de protección tanto aquella dependiente del ácido salicílico (proteínica), como del ácido jasmónico (lipídica), lo cual justifica el uso de activadores de defensas como complemento al **MIA** (Sarmento *et al.*, 2011). El desarrollo de defensas en el ácaro, en contra de las defensas de la planta, es un proceso exitoso para la plaga en cultivos como flores donde se mantienen siembras durante largos periodos, en los mismos lugares, y donde se combinan variedades de plantas resistentes con susceptibles.

Tabla 1. Principales metabolitos secundarios asociados a defensa contra ácaros (*)

Tipo de Metabolito	Nombre	Efecto Reportado en Ácaros
Fenilpropanoides	Suberina y Cutina	Barrera anti herbivoría
	Cumarina	Toxina por ingestión
	Lignano	Toxina por ingestión
	Tanino	Bloqueo de enzimas digestivas
	Lignina	Barrera anti herbivoría
Isoprenoides (terpenos)	Mentol y derivados	Deterrentes
	Fitoecdisonas	Reguladores del crecimiento
	Saponinas	Alteración balance hídrico
	Piretrinas	Efecto biocida a nivel nervioso
Compuestos nitrogenados	Aminoácidos no proteicos	Alteración metabólica
	Inhibidores de proteasas	Alteraciones digestivas
	Inhibidores de amilasas	Alteraciones digestivas
	Glycósidos cianogénicos	Daño a respiración mitocondrial
	Lectinas	Inmovilización de carbohidratos
	Alcaloides	Varios

(*) Adaptado por el autor, de Heldt and Piechulla (2011).

1.3.2. Alistamiento para la tolerancia

Se entiende por tolerancia, la habilidad de la planta para reparar o soportar el daño causado por el ácaro (Hoy, 2011). Las plantas se alistan para la tolerancia de tres formas:

- ✓ incrementando la tasa fotosintética,
- ✓ aumentando la toma de nutrientes a los tejidos no vulnerados y
- ✓ alterando los patrones de almacenamiento de productos elaborados.

La primera forma de alistamiento se debe trabajar en dos frentes: la optimización de la captura de energía lumínica y la fijación de CO_2 por intermedio de la enzima Rubisco. La segundo implica una activación de la función radicular, en lo relacionado a la rizodeposición y la absorción de nutrientes. La tercera forma de alistamiento es muy importante en perennes, donde las fuentes primarias de almacenamiento son tallos y raíces.

Mediante la liberación de alcoholes cíclicos, tipo inositol, las plantas hacen sumidero en tallos y raíces, lo que además limita la cantidad de carbohidrato y aminoácido libres, quedando el ácaro con un sustrato nutricional de menor calidad. Una vez alistada la planta por descarga de asimilados desde el floema a depósitos en tallo (reserva de leña) y raíces, puede suceder, bajo dos condiciones extremas, los siguientes eventos:

- ✓ *Hay ataque de herbívoros y pérdida de área foliar*. Se convierte el floema subterráneo en floema de carga (fuente) y se genera crecimiento de nuevo tejido heterotrófico aéreo o rebrote, el cual se transforma en floema de descarga (sumidero), así se recupera rápidamente la planta; es decir, las reservas alimentan la planta mientras se genera tejido fotosintéticamente activo (autotrófico).
- ✓ *No hay ataque de herbívoros*. El superávit de sustancias elaboradas genera rizodeposición, permitiendo a la planta adaptar física, química y biológicamente la zona radicular, se controla la población de nematodos y se activa la emisión de basales, macollamiento, etc. , ganando productividad en el corto y mediano plazo. El tejido aéreo sigue siendo floema de carga (fuente) y los tallos en crecimiento y la raíz se comportan como floema de descarga o sumideros.

1.3.3 Modelamiento epidemiológico

El uso de estrategias defensivas, que involucran varias rutas metabólicas, permite declinar poblaciones de herbívoros y bajar severidad de enfermedades: ambos efectos de forma simultánea. Este fenómeno, se asocia a un mecanismo probabilístico en el cual el ataque de plagas y enfermedades, como variables aleatorias a modelar, no cumple el supuesto de independencia. En vista de ello, existen modelos de interdependencia recientemente propuestos, donde se puede inferir sobre vectores bivariados $\mathbf{Y}=(Y_1, Y_2)$, que incluyen conteos (ácaros por ejemplo, Y_1) y proporciones continuas (severidad de enfermedades, Y_2), donde el supuesto de normalidad en las dos marginales y la independencia no se satisface. La inferencia a la que se llega cuando se usan

modelos de análisis de varianza normales e independientes para modelar la media y la varianza asociadas a Y_1 y Y_2, comparados con los modelos de interdependencia para **Y**, llevan a posiciones inferenciales contrastantes, siendo claro que los modelos interdependientes son más apropiados ya que captan las posiciones marginales en los parámetros μ_1 y μ_2, las asimetrías marginales en los parámetros de dispersión σ_1^2 y σ_2^2, como la forma funcional de la relación epidemiológica, que se da entre la plaga y la enfermedad, en el parámetro de dependencia θ, véase Dávila (2015).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se presentan los detalles metodológicos de dos pruebas de campo, una en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad Ica Cerinza, y la otra en rosa (*rosa* sp.), variedad Charlotte.

2.1. Inducción metabólica en fríjol para manejo de Araña Bimaculada

Con el pie de cría de *T. urticae* del laboratorio Agroidea, se procedió a montar un ensayo sobre plantas de fríjol. El objetivo de la prueba fue evaluar el efecto profiláctico del producto **KlingQuel® Raíces**, sobre adultos de arañita bimaculada. Mediante aspersión dirigida con aerógrafo, se midió la mortalidad de adultos a los ocho (8) días de aplicado el producto, "sin uso de coadyuvante". En un diseño completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones, se asignaron los tratamientos:

1. T0: Testigo sin aplicación,
2. T1: **KlingQuel® Raíces** a concentración de 0.5 mL/L,
3. T2: **KlingQuel® Raíces** a concentración de 1.0 mL/L.

La unidad experimental la conformaron cuatro plantas con 50 adultos de *T. urticae* por planta, total 200 adultos por unidad. las variables respuesta fueron el número de adultos vivos por planta y de esto el porcentaje de control con respecto al testigo, siguiendo la fórmula de henderson & tilton.

2.2. Inducción metabólica en rosas para manejo de Araña Bimaculada

En conjunto con el centro de BIO-SISTEMAS de la universidad Jorge Tadeo Lozano, se montó un diseño completamente aleatorizado, con 20 repeticiones. La unidad de medición consistió en un pinza trampa de 20 mm (Figura 1), con 5 adultos de *T. urticae*, provenientes de una población resistente en su interior.

Un día después de infestación se aplicó el producto **KlingQuel® Raíces** a dosis de 1.0 mL/L de agua. Pasados ocho días se hizo una segunda aplicación. Los monitoreos se hicieron a diario y se midió la eficiencia de control, aplicando la fórmula de Henderson & Tilton. La prueba sería anulada si la mortalidad en el testigo absoluto superara el 20%.

Figura 1. Pinza trampa con cinco adultos provenientes de una población resistente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados en fríjol

Como resultados se destacan (Figura 1 y Tabla 2) que al día octavo, el testigo contó con 49 adultos vivos por planta (uno muerto), mientras que el T1 (**KlingQuel® Raíces** 0.5 mL/L) y el T2 (**KlingQuel® Raíces** 1.0 mL/L), tuvieron un conteo final de seis adultos vivos por planta (44 muertos en T1 y T2). Para el caso del cálculo por Henderson & Tilton, tanto T1 como T2 tuvieron un porcentaje de control del ochenta y ocho por ciento (88%).

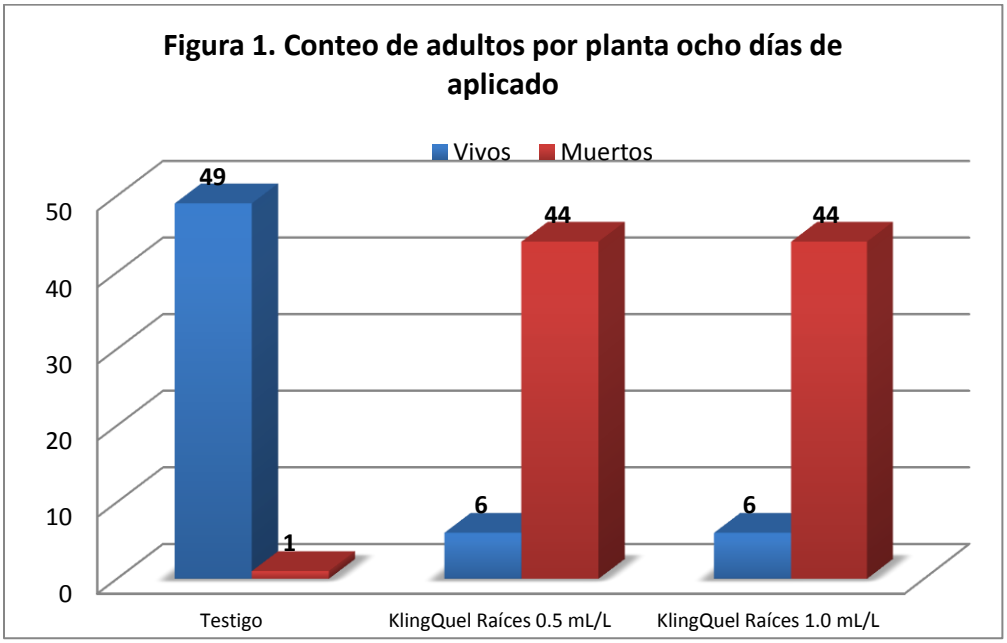


Tabla 2. Porcentajes de control para los tratamientos según Henderson & Tilton, en fríjol (variedad: Ica Cerinza).

Tratamiento	Descripción	Control porcentual
T1	**KlingQuel® Raíces** 0.5 mL/L	88%
T2	**KlingQuel® Raíces** 1.0 mL/L	88%

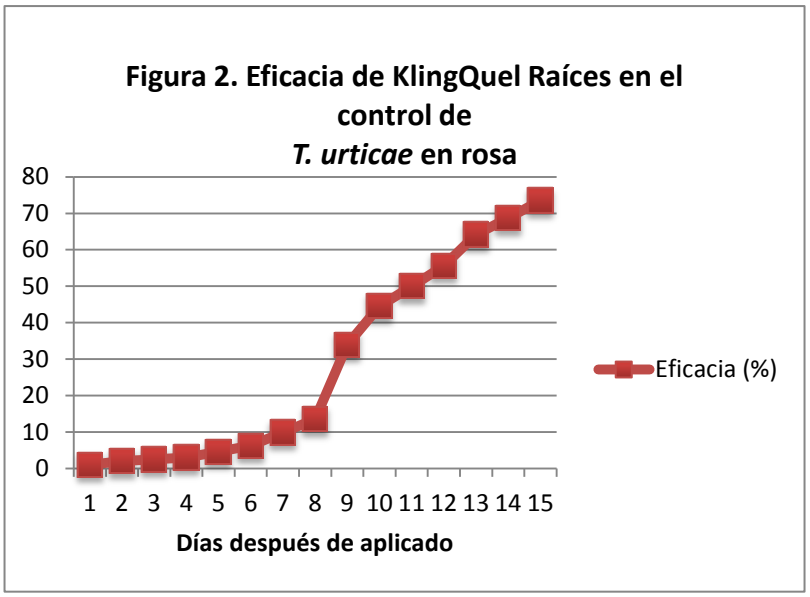
El producto **KlingQuel® Raíces**, aporta elicitores para activación de metabolismo secundario y alcoholes cíclicos para generar sumidero basipétalo. Por el tipo de resistencia que genera, las evaluaciones se trasladaron hasta los ocho días de aplicado. Se sabe que la concentración de metabolitos secundarios se aumenta a partir de las 72 horas de activada la planta, por tanto el efecto sobre *T. urticae* puede verse sólo a partir del día sexto, entonces por rigor experimental se evaluó hasta el día octavo. Los trabajos que se han hecho en cultivos comerciales de flores, no son presentados por razones de confidencialidad con las empresas del sector.

3.2. Resultados en rosas

Los resultados de eficacia se presentan en la Tabla 3 y la curva de decline poblacional aparece en la Figura 2. Como puede observarse, no hay efecto de choque pues es el cultivo de rosas, con su metabolismo, el que produce la baja en individuos por *no preferencia* y *antibiosis*. La mortalidad se incrementa a partir del día octavo, llegando a máximo control versus testigo al día 15 después de aplicado el producto. Como observación particular, se detectó que las posturas eran colocadas sobre la trampa y no sobre el tejido vegetal, en el tratamiento profiláctico.

Tabla 3. Porcentajes de control para los tratamientos, según Henderson & Tilton, durante 15 días en rosa (variedad: Charlotte).

Tratamiento	**Eficacia (%)**														
KlingQuel Raíces	Días después de aplicado														
1.0 mL/L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1.0	2.0	2.5	3.0	4.6	6.2	9.8	13.5	33.9	44.5	50.0	55.6	64.2	68.7	73.5



3.2. Discusión

En las experiencias que se tienen, es consistente el control a partir del día octavo de la aplicación. La glucosamina tiene dos fases de respuesta fisiológica en la planta, respecto al tiempo posterior a contacto con las proteínas de membrana vegetales. Lo anterior permite caracterizar una fase de respuesta temprana, que va entre las 12 a 48 horas de aplicación, y una fase de respuesta tardía que por lo general se manifiesta a partir del tercer o cuarto día (Amborabé *et al.*, 2008).

En la primera fase hay estrés oxidativo, que se manifiesta por la formación de peróxido de hidrógeno en el apoplasto. La célula elicitada pasa por despolarización de su membrana plasmática; hay pérdida de cloro, potasio y agua, por un lado, mientras se absorbe calcio, hidrógeno y peróxido, este último por medio de acuaporinas, lo que convierte el estrés oxidadtivo en señalización oxidativa, sin pérdida de energía. Lo anterior a nivel de balance energético celular implica que, por medio de la proteína de membrana (homóloga oxidativa), sale un electrón al exterior celular el cual ingresa en forma de peróxido. En esta primera fase, el cultivo puede mostrarse agobiado por pérdida de turgencia, síntoma claro de la activación metabólica para la respuesta defensiva y que es totalmente recuperable y no presenta daño directo al cultivo. Hay dos rutas importantes que son puestas en funcionamiento, las dependientes del salicilato y del jasmonato y la enzima superóxido dismutasa juega un papel importante en esta fase; por tanto, los cofactores cobre y zinc son determinantes en el éxito de la glucosamina, como activador de la señalización oxidativa.

Desde el punto de vista del MIA, la segunda fase es la que nos ofrece el resultado del decline poblacional. Por medio de la ruta del Shikimato, se producen los fenilpropanoides, en lapsos no inferiores a 72 horas posteriores al efecto elicitor de la glucosamina (Tabla 1), de ahí que el control se evidencia a partir del día octavo, pues deben pasar cerca de tres días da la fase inicial y

otro tanto en la síntesis metabólica de esta segunda fase (Heldt and Pieculla, 2011). Una forma de verificar la síntesis de metabolitos secundarios, en campo, es por la rectitud de tallos en las rosas, pues la sinuosidad disminuye drásticamente gracias a los depósitos de lignina, que a la vez es una barrera en la digestión preoral de *T. urticae* (Hoy, 2011).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

Dentro de las herramientas del manejo integrado de ácaros (**MIA**), la inducción de resistencia y la tolerancia eran conceptos teóricos de difícil aplicabilidad, hasta la aparición de las nuevas tecnologías de formulación de activadores bioquímicos para respuesta defensiva. Las pruebas in vivo, en condición controlada, permiten concluir la eficacia de la inducción de defensas contra *T. urticae*, que ofrece el producto **KlingQuel® Raíces**, el cual interactúa con la planta para que ésta sea quien produzca las sustancias deletéreas para la plaga.

Dos puntos de importancia práctica para recomendar son la interferencia entre rutas de señalización y la asignación de los costos metabólicos por la expresión defensiva. En el primer caso, se sabe que la **SAR**, inducible por la ruta del ácido salicílico, puede tener sinergismo o antagonismo con la ruta asociada al jasmonato/etileno. Un buen inductor deberá activar estas vías de mensaje defensivo de forma sinérgica o independiente, pero no antagónica, lo cual se debe valorar monitoreando ácaros y Oomycetes en los tratamientos profilácticos. Con respecto a la asignación de costos por activación de defensas, la combinación de activación con alistamiento a la tolerancia debe ser la punta de lanza en el **MIA**. No es apropiado inducir protección sin acumular reservas, pues sólo una planta con stock de metabolitos primarios puede llegar a perder tejido fotosintético sin disminuir su desempeño.

Finalmente, el trabajo futuro será hacer seguimientos para validar el alistamiento a la tolerancia y poder incluir el uso de productos comerciales, con enfoque profiláctico, en la activación de defensas y la preparación de los cultivos para soportar daños. No menos importante es el reto para técnicos e investigadores, que consiste en diferenciar las herramientas profilácticas de las fitoterapéuticas, no solo conceptualmente sino en el monitoreo de campo, pues la profilaxis va orientada al decline de poblaciones de la plaga y la fitoterapia está dirigida a aniquilar individuos. Una vez los líderes de los manejos fitosanitario, nutricional y fisiológico apliquen y transfieran coordinadamente estas tecnologías, se podrá recomendar la sexta herramienta del manejo integrado de ácaros y otras plagas de importancia agronómica.

4. AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de dos importante laboratorios de Colombia como son Agroidea (www.agroidea.com.co) y el Centro de Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (www.utadeo.edu.co). De la misma forma, aunque sin publicar aún, se han hecho trabajos con SAVE Consultores (www.save.com.co), que han arrojado resultados igualmente prometedores, en especial con la eficiencia en el control y el efecto en la

cadena trófica. Finalmente, y de manera muy especial se expresa el agradecimiento al Ing. Daniel Bastidas de Agrobiol SAS, por su apoyo y seguimiento constantes en el desarrollo de estas nuevas alternativas de control.

REFERENCIAS

Amborabé, B.-E., Bonmort, J., Fleurat-Lessard, P. And Roblib G. 2008. Early events induced by chitosan on plant cells. Journal of Experimental Botany 59 (9): 2317–2324.

Burgos, Y., Dávila E., Álvarez, J. y Pinto L. 2015. Efecto fisiológico de cuatro elicitores en el crecimiento y desarrollo de papa variedad Diacol Capiro. Por aparecer en: *Revista Ciencia y Agricultura* – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia U.P.T.C.

Chandler, J. W. 2015. Auxin Biosintesis. In: Amino Acids in Higher Plants, Edited by J. P. D'Mello. Oxfordshire: Cabi.

Grbić, M., Van Leeuwen, T., Clark, R. M., Rombauts, S., Rouzé, P., Grbić, V. and Verdon, L. 2011. The Genome of *Tetranychus urticae* Reveals Herbivorous Pest Adaptations. Nature 479(7374): 487-492.

Dávila, E. 2014. Calcio libre citoplasmático y su rol en nutrición y señalización. Revista Metroflor, 60: 54-58.

Dávila, E. 2015. Joint modelling of continuous proportions and overdispersed counts. Ph.D. thesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Dávila, E., Goméz, D., Avella, D. y Lemus, A. 2013. Síndrome de Mala Absorción radicular en Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq). En: Memorias XLIII Congreso Colombiano de Fisiología Vegetal, Cartagena, septiembre 25 al 27 de 2013.

Heldt, H-W. and Piechulla, B. 2011. Plant Biochemistry, 4th ed. Academs Press, London.

Hoy, M. A. 2011. Agricultural Acarology: Introduction to integrated mite mangement. CRS Press, London.

Nobel, P. S. 2009. Physicochemical and environmetal plant physiology, 4 ed. Academic Press, London.

Sarmento, R. A., Lemos, F., Bleeker, P. M., Schuurink, R. C., Pallini, A., Oliveira, M. G. A., and Janssen, A. 2011. A herbivore that manipulates plant defence. Ecology Letters 14(3): 229-236.

Sticher, L. Mauch-Mani, B. and Métraux, J. 1997. Sistemic acquired resistance. Annual Review of Phytopathology 33: 235-270.

Walter, D. E. and Proctor, H. E. (2013). Mites: Ecology, evolution & behaviour, 2 ed. Springer, New York.

Walters, D. R. (2011). Plant defense: Warding off attack by pathogens, herbivores, and parasitic plants. Wiley – Blackwell, Oxford.

Walters, D. R., Newton, A. and Lyon, G. 2007. Induced plant resitance for plant defence. Blackwell Publishing, Oxford.

CONTROL NATURAL DE ARTRÓPODOS --- PLAGAS DEL CAFÉ EN COLOMBIA

Pablo Benavides M.*; Luis M. Constantino Ch.; Zulma Gil P.; Carmenza Góngora B.; Gonzalo David R.; Marisol Giraldo J.

* Ph.D. Coordinador Disciplina de Entomología Cenicafe – FNC, Kilómetro 4 Vía antigua Chinchiná - Manizales - Caldas – Colombia - pablo.benavides@cafedecolombia.com

La mayoría de las plagas potenciales del café, *Coffea arabica* L, en Colombia, se encuentran bajo control natural; de tal manera, que podemos considerar a la caficultura colombiana, no solo como la más extensa, sino como aquella que requiere menos intervenciones químicas para mantener los insectos plagas por debajo del Nivel de Daño Económico. A pesar que las compañías distribuidoras de pesticidas insisten en implementar el control químico como estrategia única de manejo, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, a través del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, ha concentrado sus esfuerzos en profundizar sobre los artrópodos nativos plagas potenciales del café y la identificación de sus enemigos naturales de control. Igualmente, se avanzan en las investigaciones sobre la búsqueda de depredadores naturales que controlan la broca del café, la cual es el insecto que más limita la producción y calidad del café, especialmente en zonas de baja altitud y mayor temperatura.

Existen mas de 140 artrópodos que se alimentan de café en Colombia, sin embargo, las mayores amenazas fitosanitarias, que afectan la producción y calidad del café, son la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae); el Minador de las Hojas del Café *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae); la Arañita Roja *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae); la Chinche de la Chamusquina del Café *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) y las Cochinillas de las Raíces del Café de las especies *Puto barberi* (Cockerell) (Hemiptera: Putoidae), *Dysmicoccus texensis* (Tinsley), *Neochavesia caldasiae* Balachowsky y *Pseudococcus jackbeardsleyi Gimpel* & *Miller* (Hemiptera: Pseudococcidae). Dadas que todas estas plagas son de origen américano, excepto la broca que provino de África, las probabilidades de encontrar agentes de control natural para estas especies en el país son muy altas. Por lo anterior, los esfuerzos de control de estas plagas debe iniciar con los estudios de biología básica de los insectos y la búsqueda de los enemigos naturales de control. Las opciones químicas deben ser las últimas a considerar, y la responsabilidad de los entomólogos actuales debe propender por la sostenibilidad de la agricultura, el bienestar de los agricultores y la salud humana.

Las últimas investigaciones en plagas del café han permitido identificar los enemigos naturales nativos de la broca del café (Figura 1). A partir de este primer diagnóstico, se seleccionaron los depredadores *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville), *Ahasverus advena* (Waltl)

(Coleoptera:Silvanidae) y *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae) como candidatos para ser usados en una estrategia de control biológico por aumentación o por conservación. Para esto, se establecieron crías de cada una de estas especies con el fin de estandarizar una metodología de producción para evaluar el impacto de las liberaciones en condiciones de campo.

Con el fin de avanzar en el conocimiento sobre el Minador de las Hojas del Café, se realizaron cuatro diagnósticos de la situación de la plaga y sus enemigos naturales en el departamento de Antioquia, para lo cual se visitaron y evaluaron alrededor de 1200 fincas con la colaboración del Servicio de Extensión Rural del Comité de Cafeteros de Antioquia. En estos diagnósticos se evidenció que el Minador está bajo control natural, con porcentajes de la plaga inferiores a 3% y parasitismos naturales que oscilaron entre 55 y 90%. Se reportaron especies de parasitoides de la familia Eulophidae posiblemente nuevos para la ciencia (Figura 2), y la eficacia de *Closterocerus coffeellae* Ihering (Hymenoptera: Eulophidae) como responsable de más del 80% de este parasitismo natural. Por ningún motivo, se deberá recomendar el uso de insecticidas químicos para el control de esta plaga en Colombia, dado que se agravarían los problemas y comenzaría una dependencia innecesaria al uso de pesticidas químicos.

La chinche de la chamusquina del café, una plaga inducida en café que ataca principlamente cultivos de cacao, guayaba y aguacate, posee un número importante de enemigos naturales, entre los cuales se describen varias especies de chinches asesinas de la familia Reduviidae (Figura 3), y un reciente género de entomopatógeno, *Clonostachys* sp. Actualmente se está criando con éxito en laboratorio una especie del género *Zelus*, se espera comenzar con la evaluación del impacto de sus liberaciones en condiciones de campo, con el fin de explorar la posibilidad de que sean producidos por los caficultores, o bien por empresas privadas que puedan proveerlo a valores asequibles por los agricultores.

Tanto la Arañita Roja como la gran mayoría de las plagas del café son presa de varios depredadores identificados en los cafetales colombianos (Figura 4). Todos estos, por ser generalistas, no dependen de estos insectos plagas cuando están en bajos porcentajes. Sin embargo, es importante evaluar su impacto en especies no blanco, para evitar que las poblaciones aumentadas no desplacen otras especies benéficas.

El hallazgo de parasitoides de la cochinilla de las raíces del café, *P. barberi* (Figura 5), es muy significativo, dadas las características del ciclo de vida de la plaga la cual se encuentra bajo suelo. De manera hipotética, se espera que exista una relación tritrófica entre la planta afectada, la plaga y los parasitoides, donde las plantas afectadas expresarían volátiles específicos al ser atacadas por la plaga, de tal manera que los parasitoides identifican las raíces infestadas para depositar sus huevos. Esta relación deberá ser posteriormente investigada con el fin de establecer una estrategia de liberación en campo de especies de parasitoides, bajo un esquema de control biológico por aumentación.

Hasta la fecha se han encontrado enemigos naturales para todos los insectos herbívoros que se alimentan de plantas de café en Colombia (Figura 6). De tal manera que es imperioso socializar estos resultados en procura de un futuro libre de pesticidas en la caficultura colombiana. Nuestro llamado a las nuevas generaciones de Ingenieros Agrónomos, Entomólogos y profesionales agrícolas, es que asumamos la responsabilidad de la conservación del medio ambiente, la sostenibilidad de las familias del campo y la economía agropecuaria, incentivando las estrategias de control natural, biológico y cultural, de tal manera que aprovechemos la megadiversidad de especies que nos proporciona la naturaleza en Colombia. El futuro de la entomología debe concentrarse en bioprospección, de tal manera que los agricultores encuentren eficacia en los controles.

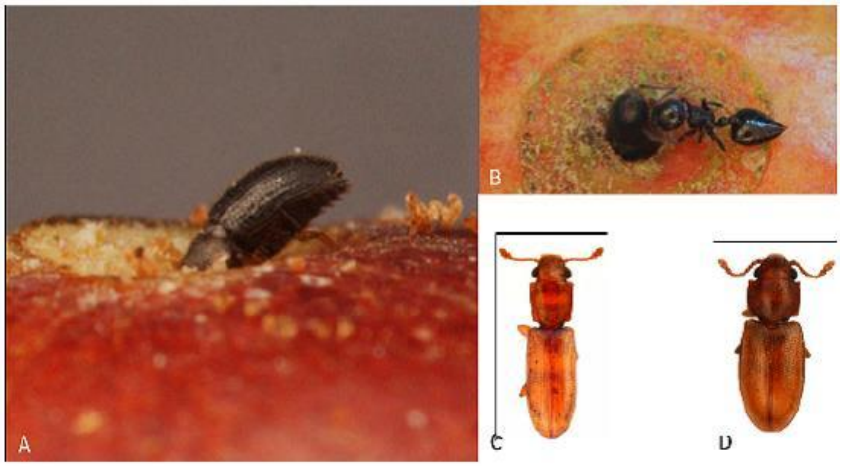


Figura 1. A. *Hypothenemus hampei* B. *Crematogaster* sp. C. *Cathartus quadricollis* D. *ahasverus advena.*

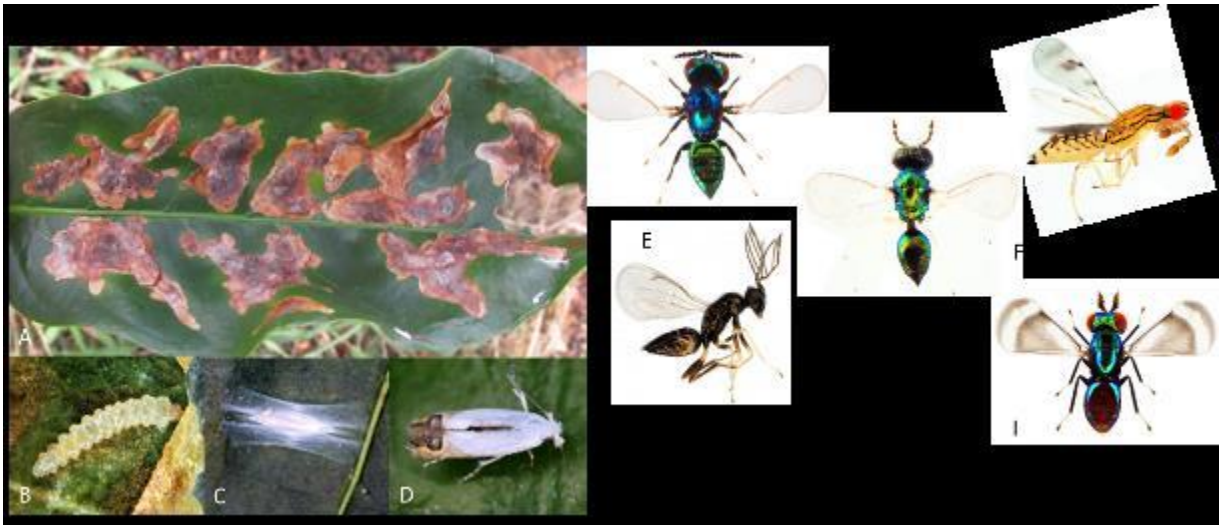


Figura 2. *Leucoptera coffeellum* (Lepidoptera: Lyonetidae) A. Minas B. Larva C. Pupa D. Adulto E. *Closterocerus lividus* F. *Zagrammosoma multilineatum* G. *Horismenus* sp. H. *Pnigalio sarasolai* I. *Closterocerus coffeellae*

Figura 3. Arañita roja del café *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranichidae) A. Adulto B. Daño C. A*zya orbigera* D**.** *Cycloneda sanguinea.* E. *Harmonia axyridis.* F. *Propylea* sp. G**.** *Stethorus* sp. H**.** *Harmonia axyridis* morfotipo rojo. I**.** *Scymnus* af. *hamatus*. J**.** *Psyllobora confluens*. K**.** *Brachiacantha bistripustulata.*

Figura 4. A. *Puto barberi* B. *Hambletonia sp.* (Encyrtidae) C. *Aenasius* pos. *bolowi* (Encyrtidae)

Figura 5. A. Chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae) B. *Zelus vespiformis* C. *Arilus* sp. (Reduviidae) D. *Repipta* sp. (Reduviidae).

Figura 6. La escama articulada del café *Selenaspidius articulatus* (Hemiptera: Diaspidae) A. En frutos B. En hojas C Escamas parasitadas por *Aphytus* sp. (Aphelinidae) D. La escama verde *Coccus viridis* (Hem: Coccidae) E. Escama verde parasitadas por *Lecanicillium lecanii* F. Larva y G. adulto de *Azya orbigera* (Col: Coccinelidae), depredador de la escama verde H. *Planococcus citri* (Hemiptera:Psuudococcodae) I. *Cryptolaemus montrouzieri* J. *Crysoperla* sp.

PLAGAS RECIENTES EN LAS PLANTACIONES FORESTALES EN COLOMBIA

Carlos Alberto Rodas P.

Ph.D. Universidad de Pretoria. Director Protección Forestal – Smurfit Kappa Colombia.
carlos.rodas@smurfitkappa.com.co

1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones comerciales en América Latina y la región del Caribe cubren aproximadamente 14,9 millones de hectáreas, lo que representa solo el 6% del total de área plantada en el mundo. Sin embargo, en la última década, Brasil, Chile, Argentina, Uruguay y Perú han reportado un incremento en el área anual plantada a una tasa de 3,2% (FAO, 2011). Colombia posee una superficie que cubre 114 millones de ha, de las cuales 60,7 millones se encuentran en bosques naturales (53%) (PROEXPORT, 2010). Aproximadamente, 477.575 ha se encuentran plantadas con bosques cultivados, principalmente representados por especies de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus* (MADR, 2014).

La gran variedad geográfica del país, el amplio rango de altitudes, condiciones ambientales y calidad de suelos ofrecen muchas ventajas agroecológicas para las plantaciones con especies de *Pinus* y *Eucalyptus*, estas características proveen a ambos géneros, óptimas condiciones para un rápido crecimiento, gran adaptabilidad y un alto potencial para incrementar su productividad. Sin embargo, esa variabilidad de climas en las diferentes regiones del país han resultado en amplio rango de patógenos e insectos, que se han adaptado a los diferentes genotipos que están siendo plantados, trayendo como consecuencia un impacto negativo en el recurso forestal (Woods *et al.*, 2005).

El fenómeno de la globalización y el libre comercio entre países han contribuido de manera significativa en la dispersión de plagas y patógenos. Igualmente, la uniformidad genética de las plantaciones incrementa el riesgo de daños.

Muchos patógenos y plagas de *Pinus* y *Eucalyptus*, no causan daños importantes en sus sitios de origen. No obstante, cuando esos géneros exóticos son plantados en nuevos ambientes, algunos patógenos e insectos pueden llegar a causar serios daños. Un buen ejemplo de lo anterior, es el caso de varias especies del hongo *Chrysoporthe* y de *Chrysoporthella hodgesiana* que en Colombia, han sido encontrados en varios miembros de la familia Melastomataceae, como también afectando seriamente plantaciones no nativas de *Eucalyptus* spp. (Wingfield *et al.*, 2001; Rodas *et al.*, 2005; Gryzenhout *et al.*, 2006).

En el caso de insectos, las hormigas cortadoras de hojas (Hymenoptera: Formicidae), insectos chupadores (Hemiptera: Miridae), perforadores de madera (Lepidoptera: Hepialidae) e insectos defoliadores, principalmente Geometridae y Phasmatidae han causado serios daños en algunas áreas. Esos insectos son en su mayoría nativos y se han adaptado a un gran rango de condiciones ambientales, donde diferentes especies introducidas de *Pinus* y *Eucalyptus* han sido plantadas.

El amplio rango de climas, altitudes sumado a la gran diversidad de hospederos y la adaptabilidad de los insectos, ha contribuido a la distribución de esas plagas a lo largo del país. Esto ha resultado en un extenso número de áreas donde han ocurrido ataques de plagas resultando en muchos casos en grandes pérdidas económicas.

Se han logrado grandes avances en el manejo integrado de esas plagas, especialmente en términos de control biológico y microbiano, componentes que han logrado fundamentarse con éxito en los ecosistemas forestales, en gran parte debido a los largos turnos para cosecha que se manejan en las plantaciones forestales, tiempo que es requerido para el establecimiento con éxito de programas de control biológico.

La inminente introducción de nuevas plagas de importancia cuarentenarias para la reforestación en Colombia, será un reto que se debe afrontar de manera inmediata si se quiere aprender a convivir con ellas y manejarlas con éxito. Estas plagas son en su mayoría originarias de países del hemisferio Norte y Sur. Algunas de ellas ya se encuentran presentes en países de Sur América y vecinos al nuestro como Brasil, Perú y Chile donde están causando serios daños y los programas para su manejo requieren aún mucho trabajo para lograr los resultados esperados. Estos antecedentes, facilitan las probabilidades de ingreso al país y nos ponen en alerta de su posible introducción.

Este documento presenta un resumen actualizado con los aspectos más relevantes acerca de las plagas de mayor importancia registradas en plantaciones de *Pinus* y *Eucalyptus* en Colombia. Otras de reciente aparición (los últimos 10 años) y de aquellas que representan un inminente riesgo de introducción. Esta información, pretende mostrar, de manera sencilla, los aspectos más importantes a considerar en el conocimiento de estas plagas. No se pretende hacer una revisión en profundidad de cada caso, existen suficientes estudios y publicaciones que pueden ser consultados con ese propósito.

2. REFORESTACIÓN EN COLOMBIA

La actividad forestal se inició en la década de los 40´s con la introducción de varias especies de *Cupressus*, principalmente *C. lusitánica*, de varias especies de *Eucalyptus* como *E. globulus, E. viminalis* y *E. citriodora* y algunas especies de *Pinus*, entre ellas *P. radiata, P. ponderosa y P. rigida* (UNAL, 1955). Posteriormente, otras especies de *Pinus*, principalmente *P. patula, P. tecunumanii* y *P. maximinoi* fueron introducidas de Centro América.

En 1868, diferentes especies de *Eucalyptus*, fueron introducidas de Australia con fines ornamentales y luego empleadas para la producción de madera solida (Noguera, 1982). A nivel comercial, el *E. grandis* y *E. urograndis* son las especies más ampliamente distribuidas.

El desarrollo de la actividad forestal en el país es muy pobre, si tenemos en cuenta que Colombia posee cerca de 17,5 millones de ha con vocación forestal disponibles para proyectos de reforestación (MADR, 2006). En contraste, cifras recientes indican que solo se tiene un área reforestada de 477.575 ha (MADR, 2014) de las cuales, las plantaciones con *Pinus* y *Eucalyptus* representan el principal componente de la reforestación en el país.

3. PRINCIPALES PLAGAS EN PLANTACIONES FORESTALES

Desde comienzos de la década de los 50's, varias especies de *Pinus* y *Eucalyptus* han sido severamente dañadas por insectos de los órdenes Lepidoptera: Geometridae. El primer reporte de defoliadores ocurrió en 1953 con la aparición de *Oxydia trychiata* causando grandes daños en plantación de *C. lusitanica* (Gallego, 1959). A partir de 1960, numerosos reportes de daños han sido causados por Geometridae, se incluyen entre otros; *Glena bisulca, O. trychiata* (Vélez, 1972), *Cargolia arana* (Wiesner y Madrigal, 1983), y *Chrysomima semilutearia* (Rodas, 1994), atacando plantaciones de *P. patula, C. lusitanica, P. maximinoi, P. tecunumanii* y *E. grandis*. Otros grupos de defoliadores incluyen insectos palos (Phasmatodea: Heteronemiidae) y hormigas cortadoras de hojas (Hymenoptera: formicidae).

3.1 *Oxydia trychiata* (Lepidoptera: Geometridae)

Distribución

El insecto se encuentra distribuido en países de Sur América (FAO, 2007). En Colombia, presenta una amplia distribución, se le ha encontrado en altitudes desde 1.400 a 2.800 msnm.

Características

Los adultos son normalmente de color café y se mimetizan confundiéndose con hojas secas (Madrigal, 2003), ovipositan en masas sobre las hojas, ramas, tallos de los árboles y vegetación. Las pupas pueden ser encontradas en el suelo al pie de los arboles afectados, y las larvas con sus características típicas de medidores se encuentran comúnmente asociadas con la vegetación y en todas las partes del árbol.

Hospederos

Se le ha encontrado causando daños en *P. patula* que es la especie más susceptible (Gallego, 1959; Bustillo, 1976). Sin embargo, en los últimos años ha causado serios daños de defoliación en *E. grandis, P. maximinoi* y recientemente en *P. tecunumanii.*

Daños

O. trychiata es uno de los insectos defoliadores más devastadores con altos niveles de mortalidad de árboles. Se le ha reportado causando daños en plantaciones forestales desde 1953.

Manejo

Periodos secos y veranos prolongados favorecen la presencia de la plaga. Actividades de tipo silvicultural como podas y entresacas, contribuyen en la prevención de daños del insecto.

El control biológico es la mejor opción para reducir las pérdidas por *O. trychiata*. Aplicaciones de *B. thuringiensis* en primeros instares larvales, el uso de parasitoides como *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Xanthoepalpus* sp. (Diptera: Tachinidae) (Madrigal, 2003), así como del parasitoide de huevos, *Telenomus alsophilae* Viereck (Hymenoptera: Scelionidae) contribuyen de manera sustancial en la reducción de la plaga y su uso ha sido la mejor opción de control.

3.2 *Glena bisulca* (Lepidoptera: Geometridae)

Distribución

Glena bisulca presenta una amplia distribución en todo el país, reportes del insecto y su frecuencia lo presentan como uno de los defoliadores más importantes en plantaciones forestales.

Características

La larva presenta cinco instares larvales y se le encuentra alimentándose del follaje y en prácticamente todas las partes del árbol y vegetación asociada al bosque. La pupa se le encuentra concentrada al pie del árbol, mezclada con la hojarasca. Los adultos de color blanco ceniza, se posan en posición orientada paralelamente a la longitud del árbol, las hembras ovipositan individualmente en las hendiduras de la corteza haciendo difícil su detección (Drooz & Bustillo, 1972).

Hospederos

El principal hospedero de *G. bisulca* es sin lugar a dudas *P. patula* (Bustillo, 1976). También se le ha encontrado haciendo daños en los últimos años en *E. grandis* y *E. urograndis*, en *P. tecunumanii* y *P. maximinoi*, particularmente cuando las plantaciones alcanzan la edad de 6 años.

Daños

Es considerada una de las especies de defoliadores más dañinas, cuando los daños ocurren en épocas secas de verano, las probabilidades de mortalidad de árboles es muy alta.

Manejo

Un manejo deficiente de las plantaciones en relación con podas y entresacas, contribuyen de forma definitiva en la aparición del insecto.

El mejor método de manejo para este insecto consiste en la aplicación de control biológico dentro de un esquema de manejo integrado incluyendo monitoreos para una detección temprana del insecto. Los agentes de regulación biológica más comúnmente empleados son: los parasitoides de larvas *Cratichneumon* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Elachertus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), *Rogas* sp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Siphoniomyia melaena* (Diptera: Tachinidae). Predadores de larvas como *Parachartergus* sp., *Polybia* sp. y *Polistes erythrocephalus* (Hymenoptera: Vespidae), *Podisus* sp., (Hemiptera: Pentatomidae). Y algunas aves de las familias: Tyrannidae, Trogonidae, Momotidae, Parulidae, Turdidae (Madrigal, 2003). Otros reguladores como *B. thuringiensis*, *Beauveria bassiana* y *Cordyceps* sp. contribuyen considerablemente en el control del insecto (Rodas, 1996; Madrigal, 2003).

3.3 *Chrysomima semilutearia* (Lepidoptera: Geometridae)

Distribución

El insecto fue detectado por primera vez en el año 1.990, en plantación de *P. patula* en la Meseta de Popayán (Rodas, 1994), posteriormente se la ha encontrado causando daños en los departamentos del Valle, Caldas, Quindío, Risaralda y Antioquia.

Características

Los adultos presentan un marcado dimorfismo sexual, la hembra oviposita los huevos en masas sobre la corteza de ramas y tallos de los arboles afectados, las larvas son fáciles de reconocer ya que presentan unos apéndices a manera de cuernos. Las pupas se encuentran en las hendiduras de la corteza cubiertas por una seda producida por ella misma.

Hospederos

El insecto presenta preferencias por *P. patula*, *C. lusitánica* y *E. grandis*. Sin embrago, también se le ha encontrado causando defoliación en *P. tecunumanii* y *P. maximinoi* en complejo con otros defoliadores.

Daños

Las especies de *Pinus* afectadas pueden soportar de dos a tres defoliaciones seguidas si hay disponibilidad de agua para la recuperación de los árboles, de lo contrario, en un verano las pérdidas pueden ser mayores. Para el caso de *C. lusitanica*, una sola defoliación es suficiente para que la plantación no se recupere.

Manejo

Un apropiado manejo silvicultural de las plantaciones contribuyen en la reducción de riesgos por plagas. El control biológico, usando el parasitoide de huevos *T. alsophilae* es muy eficiente con porcentajes de parasitismo hasta del 40%. Adicionalmente, predadores como *Podisus* sp.

(Hemiptera: Pentatomidae) y microorganismos como el *Bacillus thuringiensis* y el hongo *Beauveria bassiana* son comúnmente usados como agentes de control (Rodas, 1994).

3.4 *Cargolia arana* (Lepidoptera: Geometridae)

Distribución

Cargolia arana tiene una amplia distribución en países de Sur América. En Colombia es uno de los defoliadores más comúnmente encontrados en casi todas las plantaciones forestales (Wiesner y Madrigal, 1983; Madrigal *et al.*, 1985).

Características

El adulto se encuentra en el follaje, ramas y tallos de los arboles afectados, oviposita los huevos en masas sobre la corteza de ramas y tallos. La larva presenta un aspecto rugoso, normalmente de color oscuro y se asemeja al excremento de aves. Las pupas se encuentran a lo largo del tallo y ramas, recubiertas con una masa tejida con seda y cutícula de corteza.

Hospederos

Fue detectado inicialmente en plantaciones de *C. lusitanica*, *P. patula* y *E. grandis.* En la actualidad, se le encuentra causando daños en otras especies como *P. maximinoi* y *P. tecunumanii.*

Manejo

Los principales agentes de regulación usados en el control biológico de la plaga incluyen al parasitoide de huevos *T. alsophilae* (Hymenoptera: Scelionidae). Para control de larvas, es de gran utilidad, el uso de *Bacillus thuringiensis* y los parasitoides *Cratichneumon* sp. y *Pimpla* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae). Como predadores, el chinche *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), la avispa *Polistes* sp. (Hymenoptera: Vespidae) contribuyen en el control (Madrigal, 2003).

3.5 Phasmatodea: Heteronemiidae, Pseudophasmatidae y Bacillidae

Distribución

Se les encuentra ampliamente distribuidos en todo el país, con reportes de brotes en los departamentos de Caldas, Antioquia, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Cauca.

Características

Son insectos comúnmente conocidos como Insectos Palo, Maria Palito y Caballo de Palo. El primer ataque del insecto como plaga se registró en una plantación de *P. patula* en Pensilvania, Caldas, en el que las especies asociadas fueron *Planudes cortex* y *Libethroidea inusitata* (Madrigal y Abril, 1994; Madrigal, 1997). Posteriormente, un segundo brote se presentó en la finca la Cebada en Riosucio,

Caldas, plantación de *P. patula* con la presencia de *Heteronemia striatus* asociada a un complejo de insectos del mismo grupo. Un tercer reporte se realizó en el departamento de Antioquia en el que aparecieron involucradas varias especies de insectos. En los últimos 20 años, sucesivos ataques se han presentado en los departamentos del Cauca con *Litosermyle ocanae* y en el Quindío con un complejo de especies.

Las especies más importantes de este grupo de insectos asociados con plantaciones forestales en el país, fueron enviadas a identificar por Smurfit Kappa en el periodo 1.990 – 1.993 al National Museum of Natural History of the Smithsonian Institution, las identificaciones fueron realizadas por el Dr. David Nickle y ellas incluyen los siguientes insectos: Phasmatodea: Heteronemiidae: *L. inusitata* Hebard; *Litosermyle* sp. near *ocanae* Hebard; *Libethra strigiventrus* Hebard; *Libethra* sp.; L. *spinicollis* Hebard; *Ceroys quadrispinosus* Hebard; *Heteronemia striatus*; Phasmatodea: Pseudophasmatidae: *P. cortex* Hebard; Phasmatodea: Bacillidae: *Acanthoclina* sp.; *Acanthoclina* sp. near *hystrix* (Nickle, comunicación personal).

Recientemente fueron descritas para Colombia, 74 nuevas especies pertenecientes a 4 nuevos géneros de insectos palo (Conle *et al.*, 2011).

Estos insectos presentan reproducción sexual y asexual (Bedford, 1978). Los adultos ovipositan los huevos desde el árbol cayendo al suelo donde se incuban mezclados con la hojarasca. Una vez emergen las ninfas empiezan a alimentarse cortando las acículas de los árboles, tanto ninfas como adultos causan daños en las especies afectadas.

Hospederos

Aunque Phasmatodea tiene un amplio rango de hospederos que les proveen diferentes fuentes de alimento, solo se les ha encontrado causando daños de importancia económica en *P. patula* y particularmente plantaciones con edades superiores a 8 años. En el bosque natural presenta preferencias alimenticias por *Tibouchina lepidota* y por *Psidium guajava* en las plantaciones, pero no se le ha observado causando daños de importancia en *Eucalyptus* spp.

Daños

Los daños pueden ser de una proporción considerable, si se tiene en cuenta que tanto en estado ninfal como en adulto producen defoliación y su duración puede ser de hasta 6 meses para la ninfa y 3 meses para el adulto.

Manejo

El manejo se hace principalmente con actividades de control biológico y microbiano. Para el primer caso, se manejan directamente en campo las poblaciones del parasitoide de huevos *Adelphe* sp. (Hymenoptera: Chrysididae) y en el segundo caso se realizan aplicaciones con *B. bassiana* para reducir las poblaciones de adultos.

3.6 *Atta* y *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae)

Distribución

Se encuentran distribuidas desde el Sur de los E.U. hasta el norte de Argentina. En Colombia, dependiendo del género y especie pueden estar desde el nivel del mar hasta 2.000 msnm.

Características

Son insectos sociales que incluyen al menos tres castas; reinas, machos y obreras y su trabajo está definido por su tamaño y diferencias morfológicas (Weber, 1972; Verza **et al.**, 2007). Usan un hongo simbionte que es cultivado con las hojas de las plantas que cargan y que les sirve de fuente de alimentación (Zanetti *et al*., 2003; Camargo *et al*., 2006). El hongo *Leucoagaricus gongylophorus* forma una relación de mutualismo con los géneros *Atta* y *Acromyrmex*, proporcionando alimento y fuente de energía para el desarrollo de la colonia (Weber, 1972; Quinlan & Cherret, 1979; Silva *et al.*, 2003; Camargo *et al.*, 2008).

Hospederos

Una gran variedad de especies vegetales son usadas por las hormigas, incluyendo cultivos agrícolas, plantaciones forestales y bosques naturales.

Daños

Son consideradas como una de las cinco plagas más limitantes para las plantaciones forestales en Sur América (Forti & Castellani, 1997; Camargo et al. 2006). Se calcula que el consumo anual de un hormiguero adulto (mayor de 3 años de edad) requiere de una tonelada de hojas por año, lo que resulta equivalente a la defoliación de 86 árboles de *Eucalyptus* o 161 árboles de *Pinus*, con pérdidas promedio por ha del 7,2 y 14,6%, respectivamente. Calculando un promedio de 4 hormigueros por hectárea, las perdidas serian del orden de 4 toneladas, equivalentes al 14 y 14,5% de los arboles por ha (Forti & Boaretto, 1997).

Registros en Colombia, indican pérdidas causadas por *Atta cephalotes* en plantaciones recién establecidas con *Pinus* spp. entre 16,0 y 19,6% de árboles por ha. Adicionalmente los daños causados por el género *Acromyrmex* sp. en plantaciones de *E. grandis*, muestran pérdidas del 28,0 al 34,3% de árboles por ha.

Manejo

El manejo integrado de hormigas cortadoras de hojas incluye una serie de actividades de tipo cultural, mecánico, microbiano, biológico y químico. Todas ellas, combinadas en un programa de monitoreo para detección temprana y aplicación de actividades de control en el momento oportuno.

Existe una larga lista de agentes de control natural; parasitoides, predadores, hongos entomopatogenos y antagonistas y nematodos que contribuyen en el control de hormigas,

desafortunadamente su efecto no es suficiente para evitar el daño que este insecto produce en la plantaciones. Por lo tanto, indispensablemente se requiere de agentes de control químico; polvos insuflables, líquidos termonebulizables y cebos para lograr mantener las hormigas en niveles que no representen perdidas económica.

4. PLAGAS DE RECIENTE INTRODUCCIÓN

En la última década, nuevas plagas han aparecido en el país, algunas de ellas nativas que se han adaptado a las diferentes especies de *Pinus* y *Eucalyptus,* y otras de reciente introducción que han causado alarma en los reforestadores del país, entre ellas se destacan; la chinche del Eucalipto *Monalonion velezangeli*, el psilido de concha *Glycaspis brimblecombei* y el pulgón del pino *Pineus boerneri* (Rodas *et al.*, 2014). Para su manejo, se han iniciado estudios que regularmente toman tiempo, mientras ellas se dispersan causando un impacto negativo en las plantaciones.

4.1 *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae)

Distribución

Se cree que el insecto es originario de Centro y Sur América donde es conocido en una gran cantidad de cultivos, especialmente cacao (Vélez, 1997).

Características

Los adultos y las ninfas se alimentan de savia en las yemas y hojas tiernas de las plantas afectadas. Los huevos son insertados en los tejidos jóvenes de las yemas, ramas y tallos.

Hospederos

En Colombia se reportó por primera vez en 1.984 para aguacate (*Persea americana*) (Carvalho & Costa, 1988). Recientemente se ha reportado causando daños significativos en cultivos incluyendo; aguacate (Carvalho & Costa, 1988; Londoño y Vargas, 2010) Café (*Coffea arabica*) (Ramírez *et al.*, 2007), Guayaba (*Psidium guajava*) y Cacao (*Theobroma cacao*) (Giraldo *et al.*, 2009; Londoño y Vargas, 2010). Se reportó por primera vez afectando plantaciones de *E. grandis* en el Valle del Cauca en el año 2.011 (Rodas *et al.*, 2014).

Daños

El daño más importante de *M. velezangeli* ocurre cuando al alimentarse en tejidos jóvenes, yemas, ramas y hojas, inyecta aparentemente una saliva toxica que después de una hora produce lesiones necróticas y posteriormente la muerte de los tejidos afectados. Como consecuencia, la planta pierde dominancia apical y se genera muerte de yemas haciéndose necesario su reposición. Aparentemente, estos daños están asociados con la presencia del hongo *Neofusicoccum ribis* que causa chancros en los sitios de lesión y posterior muerte de la planta (Rodas *et al.*, 2009). Esto está siendo confirmado mediante estudios de investigación.

Manejo

Control químico para control de *M. velezangeli* en plantaciones de *Eucalyptus* no parece ser la mejor opción, por esta razón, la principal estrategia de manejo se ha concentrado en el screening de clones de *E. grandis* para identificar tolerancia al insecto y al hongo *N. ribis*. Como reguladores naturales se han encontrado predadores de la familia Reduviidae, Coccinelidae y el hongo *Beauveria bassiana* podría ofrecer una alternativa de control (Rodas *et al.*, 2014).

4.2 *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae)

Distribución

El insecto es originario de Australia y fuera de su país de origen fue reportado por primera vez en 1998, en los Ángeles, USA (Dahlsten & Rowney, 2000); 2002, en Chile (Sandoval y Rothman, 2002); 2003, se reportó en Hawaii, USA (Nagamine & Heu, 2001), Norte de México (Castillo, 2003) y en Brasil (Wilcken *et al.*, 2003); 2004, en Madagascar (Hollis, 2004); 2005, en Argentina (Bouvet *et al.*, 2005); 2007, en Venezuela (Rosales *et al.*, 2008), en Europa en 2007 (entre Portugal y España (Valente & Hodkinson, 2009); 2008, en Peninsula Iberica y Moroco y en Italia en 2010 (Laudonia & Garonna, 2010; Peris-Felipo *et al.*, 2011); 2.012, en Sur África (Brett Hurley comunicación personal).

El primer reporte del insecto en Colombia fue en el año 2005, afectando varias especies de *Eucalyptus* en el departamento del Casanare (Refocosta) (LYRodríguez unpublished data).

Características

El insecto se caracteriza por una concha de color blanco localizada sobre el haz de las hojas del Eucalipto, que sirve de protección para la ninfa. El adulto mide entre 2,5 - 3,1 mm de longitud, una vez emerge de la concha rápidamente coloniza la hoja con posturas y la formación de nuevas conchas.

Hospederos

Se alimenta de un amplio rango de hospederos del genero *Eucalyptus*, pero las especies que exhiben una mayor susceptibilidad son *E. camaldulensis, E. teriticornis, E. pellita, E. urophylla, E. urograndis* y *E. grandis,*

Daños

Los daños consisten en defoliación, secamiento descendente y muerte de individuos en casos de altos niveles de infestación, causando reducción en la productividad de las plantaciones.

Manejo

La rápida dispersión del insecto dificulta su manejo. El control químico es costoso y poco reduce las poblaciones del insecto por su mecanismo de protección. La mejor opción es el control biológico

clásico; buenos resultados se han obtenido usando el parasitoide *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae), el cual es especifico de la plaga. Otras familias reportadas que podrían ser usadas en programas de control biológico incluyen Anthocoridae, Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae y Syrphidae (Dahlsten & Rowney, 2000).

4.3 *Pineus boerneri* (Hemiptera: Adelgidae)

Distribución

Se cree que el insecto es originario de Australia, su distribución es muy amplia, incluyendo países de Europa, África, Norte América, Sur América, Australasia y Asia (Blackman & Eastop, 1994; FAO, 2007; Lazzari & Cardoso, 2011).

En Colombia se reportó por primera vez en 2008, en el Valle del Cauca para *Pinus kesiya* de 2,5 años de edad, posteriormente en los departamentos del Cauca, Caldas, Quindío, Risaralda y Antioquia (Rodas *et al.*, 2015).

Características

Las especies de *Pineus* son conocidas como insectos chupadores exclusivamente de pinos, en los que pueden causar serios daños. Son comúnmente referenciados como "Pine woolly aphids" por que forman masas algodonosa de color blanco sobre la corteza donde viven y se alimentan (Scholtz & Holm, 1985). Pueden presentar una combinación de reproducción sexual y asexual o asexual, según el hospedero en que se desarrolle.

Hospederos

Pineus pini y *P. boerneri* han sido reportados como plagas importantes en varias especies de *Pinus*, incluyendo *Pinus mugo*, *P. sylvestris*, *P. patula*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. caribaea* y *P. radiata.*

En Colombia se han registrado con alta susceptibilidad al insecto *P. kesiya* seguido por *P. maximinoi;* exhiben una alta tolerancia *P. patula*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii* (Rodas *et al.*, 2015).

Daños

Los síntomas de infestación y daños incluyen amarillamiento, enrojecimiento y secamiento de acículas desde el eje central del árbol hacia a fuera, defoliación en casos extremos, secamiento descendente y muerte de árboles. La evaluación de niveles de infestación natural de *P. boerneri* en diferentes especies, mostraron porcentajes de 88.3% para *P. kesiya*, 67.4% para *P. maximinoi* y 8.9 % para *P. tecunumanii*. Las especies de *P. patula* y *P. oocarpa* no presentaron niveles de infestación natural por el insecto (Rodas *et al.*, 2015).

Manejo

Durante periodos secos se incrementan las poblaciones del insecto, mientras que en periodos de lluvias disminuye notablemente la presencia de *P. boerneri*, actuando. Como controladores naturales se han encontrado especies de Chrysopidae, como *Chrysoperla* sp. y *Ceraeochrysa* sp. registrando este último, el más alto número de *P. boerneri* predados por día de 142 (45 huevos, 47 ninfas y 50 adultos) (Rodas *et al.*, 2015).

5. PLAGAS DE RIESGO POTENCIAL

Plagas de importancia potencial como *Sirex noctilio*, *Leptocybe invasa*, *Thaumastocoris peregrinus*, *Gonipterus* spp., *Pisodes nemorensis*, son algunos de los insectos que representan riesgo de introducción para Colombia, su dispersión en los últimos 15 años ha sido de proporciones globales. Todas ellas, presentan grandes dificultades para su manejo debido, en parte, a los largos trámites para importación de agentes de control biológico clásico, los complejos procesos de adaptación de los mismos en los nuevos ambientes de los países donde se requieren, y el factor más importante, es la falta de conciencia y de información acerca de los riesgos que representan estas plagas introducidas y de la implementación de programas serios de prevención, basadas en políticas de cooperación internacional.

5.1 *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae)

Distribución

La avispa de la madera *Sirex noctilio* es originaria de Europa y Norte de África. Fue introducida en Nueva Zelanda en 1900, luego apareció en Australia en 1952, Uruguay en 1980, Argentina en 1985, Brasil en 1988, en Sur África 1994, Chile en el año 2000, (Miller & Clarke, 1935; Gilbert & Miller, 1952; Tribe, 1995; Iede et al. 1998; Klasmer *et al.*, 1998; Maderni, 1998; Ahumada, 2002; Slippers *et al.*, 2003). Posteriormente en el año 2005 fue confirmada en USA (Hoebeke *et al.*, 2005).

Hospederos

El insecto *S. noctilio* afecta principalmente especies del genero *Pinus* plantadas comercialmente. En ellas se incluyen *P. radiata*, *P. taeda*, *P. elliottii*, *P. pinaster*, *P. canariensis*, *P. pinea* y recientemente en S. África afectando *Pinus patula*, especie ampliamente distribuida en Colombia. Otras especies en las que el insecto ha sido reportado incluyen Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*), spruce (*Picea* sp.), fir (*Abies* sp.) y larch (*Larix* sp.).

Características

La avispa adulta tiene un color azul metálico y puede medir de 10 a 40 mm de longitud. La hembra presenta una proyección al final del abdomen que le sirve de aparato ovipositor. El macho presenta unas franjas de color amarillo que cubren parte de su abdomen. El estado adulto deposita junto con sus huevos un mucus toxico, acompañado con el hongo *Amylostereum*

areolatum. El hongo crece en la madera causando secamiento y en pocas semanas o meses, la muerte de individuos afectados.

Las larvas son de color blanco cremoso con una característica particular que consiste en una terminación en punta de color negro en la parte posterior, su tamaño varía considerablemente dependiendo del hospedero y condiciones ambientales, puede alcanzar hasta 30 mm de longitud. La larva se alimenta del hongo, el cual convierte la celulosa en una forma más digerible para la larva. Una vez excava galerías en la madera, inicia su estado pupal cerca de la superficie, la avispa emerge de la madera causando orificios que son variables en tamaño y abundancia en el fuste dependiendo la población del insecto (Hurley, 2007).

Daños

El insecto no representa un problema en los países de origen, pero una vez introducido en otros países y hospederos, se convierte en un serio problema. Los daños causados por el insecto en diferentes partes del mundo son cuantiosos, por ejemplo en Australia, ha causado mortalidades superiores al 80% en ciertas áreas. En N. Zelanda, entre 1946 y 1951 causó la muerte entre el 20 y 30% de 120.000 ha de plantaciones de *P. radiata* (Rawlings, 1955). En Sur América, reportan más del 60% de mortalidades causadas por *S. noctilio* en Argentina (V. Klasmer, personal communication), en Uruguay más del 70% en algunas áreas (Maderni, 1998). En Brasil, más de 350.000 ha de *Pinus* se encuentran afectadas por el insecto, lo que representaría pérdidas por US $6.6 millones anuales si no se aplicara un programa de manejo integrado para control del insecto (Bedding & Iede, 2005).

Manejo

S. noctilio presenta un amplio número de agentes de regulación biológica, los cuales han sido usados exitosamente en muchos países, uno de los más importantes agentes para control de la avispa es el nematodo *Deladenus* (*beddingia*) *siricidicola,* el cual ha sido exitosamente usado con controles hasta del 90% de parasitismo. El nematodo complementado con el uso del parasitoide de huevos *Ibalia leucospoides* y los parasitoides de larvas *Megarhyssa nortoni*, *Rhyssa persuasoria,* con porcentajes de parasitismo variables dependiendo del sitio y de las condiciones del mismo, pueden ser un complemento para manejar con éxito las poblaciones de *S. noctilio*.

La aparición en Colombia de 3 especímenes de avispas del genero *Urocerus* posiblemente *U. gigas gigas* en la sabana de Bogotá, alertan de la posibilidad de introducción al país de *S. noctilio,* ambos géneros *Urocerus* y *Sirex* pertenecen a la misma familia de Siricidae. Sin embargo, desde el año 2007, la compañía Smurfit Kappa Colombia, tiene instaladas parcelas trampas permanentes para la detección temprana del insecto a lo largo de los departamentos de Caldas, Quindío y Cauca, pero aún no se ha detectado el insecto en esas regiones.

5.2 *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae)

Distribución

Las agallas del eucalipto como se conocen comúnmente a los síntomas causados por el insecto *Leptocybe invasa* fueron reportados por primera vez en Eucaliptos el Oriente medio y en la región del Mediterráneo en el año 2000 (Mendel *et al.*, 2004).

La avispa es nativa de Australia, en los últimos 15 años se ha distribuido rápidamente en países del sureste de Europa, Asia, de Iraq a India y Vietnam, en algunos países de África (Mendel *et al.*, 2004; Thu *et al.*, 2009; Basavana Goud *et al.*, 2010; Nyeko *et al.*, 2010; Wilcken *et al.*, 2010). En el año 2008, se detectó por primera vez en Sur América, espeificamente en Brasil (Costa *et al.*, 2008; Aquino *et al.*, 2011; Wiley y Skelley, 2008; Botto, 2010; Aquino *et al.*, 2011).

Características

Leptocybe invasa ataca principalmente especies del genero *Eucalyptus*, afectando el tejido joven como peciolos y yemas terminales, también puede encontrarse en el fuste o sobre la nervadura principal de las hojas de plantas jóvenes. La "avispa de la agalla del eucalipto" se ha convertido en una amenaza de tipo cuarentenario por afectar severamente viveros y plantaciones jóvenes (Mendel *et al.*, 2004; Nyeko *et al.*, 2009).

Los adultos ovipositan sobre los tejidos de las partes tiernas de la planta con preferencia en la nervadura central y peciolos, una vez emerge la larva se inicia el proceso de formación de la agalla, la cual va creciendo en proporción al desarrollo de la larva, allí mismo empupa. El adulto emerge dejando un orificio sobre la agalla el cual es visible fácilmente. El tejido malformado (agalla), puede contener varios individuos de diferentes instares larvales y de diferentes adultos, generando lesiones permanentes en el tiempo.

Hospederos

Leptocybe invasa ataca varias especies del género *Eucalyptus* (Thu *et al.*, 2009; Aquino et *et al.*, 2011), entre las más susceptibles y de mayor importancia en el sector forestal se encuentran *E. grandis, E. camaldulensis, E. saligna, E. globulus, E. tereticornis* (Mendel *et al.*, 2004; Nyeko *et al.*, 2009), *E. nitens* y *E. cinerea* (FAO, 2007).

Daños

En países como Israel, esta avispa ha generado cuantiosas pérdidas económicas, como consecuencia se ha generado una abstención por parte de los reforestadores en plantar *E. camaldulensis* con fines comerciales ya que es la especie más susceptible al insecto (Mendel *et al.*, 2004). En India, la principal preocupación por la introducción de este insecto se debe a que el área plantada con el género *Eucalyptus* supera los 8 millones de ha, por tanto las pérdidas están

directamente relacionadas con la extensión de área que pudiese llegar a ser afectadas por la avispa (Thu *et al.*, 2009).

A nivel de viveros y campo, material afectado por el insecto debe ser descartado, y como consecuencia las pérdidas son cuantiosas si se tiene en cuenta que los programas de manejo requieren tiempo para su establecimiento.

Manejo

Dentro las estrategias de manejo se considera esencial un programa de monitoreo para la detección temprana y manejo oportuno del insecto en viveros y plantaciones jóvenes, esto debe incluir entrenamiento y divulgación acerca de la importancia de esta plaga y de su inminente riesgo de introducción.

Mantener una estrecha vigilancia en la comercialización y distribución de plántulas de viveros, este aspecto representa el mecanismo más rápido de dispersión del insecto, su detección no es fácil, si se tiene en cuenta que el insecto oviposita dentro de los tejidos sin dejar mayores signos.

Estudios realizados han demostrado que el control químico no es una opción para el manejo de esta plaga, ya que el insecto se encuentra dentro de los tejidos y reduciría a su vez la efectividad de los agentes de regulación biológica. Con éxito se han implementado medidas iniciales de destrucción e incineración de material afectado por la plaga, acompañado de programas de control biológico que incluyen la introducción, liberación y manejo de agentes de reguladores biológicos empleando a *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) y *Selitrichodes kryceri* Kim & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), las cuales fueron inicialmente introducidas desde Australia a Israel y la región del mediterráneo; sus controles han alcanzado niveles de parasitismo del 73% y 52%, respectivamente (Kim *et al.*, 2008).

Alternativamente, se deben implementar estudios para identificar materiales resistentes a *L. invasa* que permitan a mediano y largo plazo disminuir la incidencia de la plaga en las plantaciones de *Eucalyptus*.

5.3 *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera:Thaumastocoridae)

Distribución

El insecto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé también conocido como “insecto del bronceado” es originario de Australia y fue reportado por primera vez como una plaga de árboles ornamentales de *Eucalyptus* y jardines en Sidney, Australia, en el año 2001(Noack, 2002). En el año 2005, fue descubierto en Sur África afectando varias especies de *Eucalyptus* (Jacobs & Neser, 2005), desde entonces su rápida distribución ha alcanzado países de África como Zimbabwe en 2007, Malawi en 2008 y Kenia en 2009 (Nadel *et al.*, 2010). En Sur América, *T. peregrinus* se ha dispersado a Argentina en el 2005, a Uruguay y Brasil en 2008 y recientemente

ha sido reportado en Chile y Paraguay (Carpintero & Dellapé, 2006; Noack & Coviella 2006; Martinez & Bianchi 2010; Nadel *et al.*, 2010; Wilcken *et al.*, 2010).

Características

Thaumastocoris peregrinus es una chinche de 2 - 3 mm de longitud, oviposita en grupos o en forma individual sobre la superficie de la hojas, son normalmente de color oscuro y una vez emergida la ninfa, inicia el proceso de alimentación succionando savia. Tanto el adulto como las ninfas, causan una sintomatología inicial que incluye amarillamiento y coloración blanquecina del follaje, posteriormente el aspecto del área foliar del árbol se torna de un color rojizo bronceado, característica con que se reconoce al insecto (Bicho del broceado del Eucalipto). Ataques severos pueden producir defoliación total y posteriormente la muerte del árbol, dependiendo de la susceptibilidad de la especie afectada

La dispersión del insecto en ambientes favorables para su desarrollo es muy rápida, el adulto puede durar hasta 40 días dependiendo de las condiciones en que se desarrolle y puede ovipositar hasta 60 huevos. Estas características, posibilitan su dispersión y establecimiento en nuevos ambientes donde sea introducido (Noack & Rose, 2007).

Hospederos

El insecto se ha reportado en más de 30 especies e híbridos del genero *Eucalyptus* (Jacobs & Neser, 2005; Noack & Coviella, 2006; Martínez & Bianchi, 2010; Nadel *et al.*, 2010.

Estudios acerca del desarrollo biológico de los diferentes estados del insecto y de su capacidad reproductiva en diferentes hospederos, muestran a *E. urograndis* seguido por *E. grandis* como las especies más propicias para un óptimo desempeño del insecto. En Colombia, una de las especies del genero *Eucalyptus* más ampliamente plantada es *E. grandis* y algunos híbridos de *E. urograndis*, especies que han mostrado ser adecuadas para un alto potencial de desarrollo del el insecto.

Daños

La rápida capacidad que tiene el insecto para colonizar nuevos ambientes, áreas y hospederos ha hecho difícil la cuantificación de daño. En gran parte, porque muchos de esos hospederos son removidos de sus áreas a raíz de su daño. En otros casos puntuales de árboles ornamentales en el área metropolitana de Sidney, se ha calculado el costo de control por árbol entre AU$ 500 –1800 (Noack & Coviella, 2006). Estos costos harían inviable un control del insecto en plantaciones forestales.

Manejo

El manejo del insecto por métodos convencionales con el uso de pesticidas, ha sido dependiendo del caso efectivo en corto tiempo, sin poder garantizar un método de control a largo plazo. El control biológico usando el parasitoide de huevos *Cleruchoides noackae* Lin & Huber

(Hymenoptera: Mymaridae) es el más importante regulador, considerado como la mejor opción para control biológico de *T. peregrinus*.

La oportuna detección del insecto en el país, mediante campañas de divulgación, así como medidas cuarentenarias por parte del estado y la agilidad en los procesos de introducción de organismos reguladores, permitirán al país posibilidades de reducción de daño por esta importante plaga.

5.4 *Gonipterus* spp (Coleoptera: Curculionidae)

Distribución

Los escarabajos del eucalipto como se les conoce comúnmente a los insectos del complejo *Gonipterus*, el género *Gonipterus* abarca cerca de 20 especies que ocurren naturalmente en Australia y Tasmania. En la actualidad se encuentran distribuidos en Nueva Zelanda, África, Europa, Norte y Sur América, donde rápidamente se han establecido causando daños de importancia económica en plantaciones del género *Eucalyptus*.

Características

Los adultos son de color café rojizo, miden aprox. 9 mm de longitud y presentan en el dorso una X más oscura, característica típica del insecto. Tanto las larvas como los adultos se alimentan del follaje causando defoliación, un síntoma inicial que indica la presencia de larvas, es la defoliación de yemas terminales con perforaciones irregulares sobre la lámina foliar. Los adultos tienen como preferencia alimentarse de las márgenes de las hojas hasta defoliar completamente el árbol. Los huevos son colocados en capsulas de color oscuro, conteniendo aprox. de 8 - 10 huevos y localizados sobre las hojas del árbol.

Hasta hace muy poco la literatura se ha referido a este insecto solo como *G. scutellatus*, recientes estudios basados en biología molecular y patrones morfológicos de la genitalia controvierten dicha identificación, indicando que hay más de una especie y mejor forma para referirse a ellos es como "El complejo de *Gonipterus scutellatus*" que incluyen a *G. balteatus*, *G. platensis*, *G. pulverulentus* y *G. scutellatus*, otras aun no descritas se refieren a *Gonipterus* sp. n. 1 a 4 (Mapondera *et al.*, 2012).

Hospederos

El insecto se alimenta de un amplio rango de hospederos del genero *Eucalyptus* que incluyen entre otros a *E. viminalis*, *E. globulus*, *E. smithii* y *E. dunnii*, los cuales son particularmente más susceptibles. Otras especies como *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata* y *E. fraxinoides* son ocasionalmente susceptibles. Entre las especies más tolerantes se encuentran *E. fastigata*, *E. saligna*, *E. nitens* y *E. grandis*. Sin embargo, este último ha sido reportado recientemente en S. África y Brasil como fuente de alimento para el insecto.

Daños

El insecto ha sido reportado a nivel global como uno de los principales defoliadores de especies del genero *Eucalyptus*, sucesivas defoliaciones durante un año, teniendo en cuenta que tanto el estado larval como el adulto se alimentan del follaje, sumado al traslape de generaciones hacen difícil la recuperación de los árboles, causando en muchos casos sus muerte y como consecuencia cuantiosas pérdidas económicas.

Manejo

El control químico puede ser una alternativa temporal para el control del insecto, sin embargo, esto debe ser usado con precaución ya que el control biológico puede ser afectado de manera negativa. Uno de los principales agentes de control usados a nivel mundial ha sido el parasitoide de huevos *Anaphes nitens* (Girault) (Hymenoptera: Mymaridae), el cual ha sido introducido desde Australia, su país de origen a países donde el complejo de *Gonipterus* ha sido un problema. El uso de este parasitoide ha sido exitoso en muchos casos en que las condiciones han sido favorables para el parasitoide.

6. CONCLUSIONES

Es muy poco lo que se conoce acerca de los riesgos que representan patógenos e insectos en las plantaciones de *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. en Colombia. Esos agentes, se han venido incrementando gradualmente en importancia, representando un serio riesgo para el crecimiento y la productividad de las plantaciones forestales en el futuro. Adicionalmente, el hecho de que las plantaciones forestales se han incrementado en magnitud, en muchos casos con materiales genéticos que no han tenido ningún screening para identificar su susceptibilidad o tolerancia a agentes dañinos, crea condiciones propicias y una gran preocupación por los riesgos que esta situación genera en el sector forestal.

Realizar investigación que permita ganar información sobre las plagas y enfermedades forestales, como también entender la biología de los agentes causales es esencial para reducir los riesgos en el futuro.

La necesidad de hacer inversiones a nivel nacional en programas serios de monitoreo, detección temprana y manejo integrado de plagas de importancia cuarentenaria, deberán ser montados de manera conjunta entre el sector forestal del país y el gobierno, si se quiere garantizar la sostenibilidad forestal en el futuro.

REFERENCIAS

Aquino, D.A.; Botto, E.N.; Loiácono, M.S.; Pathauer, P. 2011. “Avispa de la agalla del eucalipto” *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae), en Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias 37: 159-164.

Basavana, Goud, K.; Kavitha Kumar, N.; Vastrad, A.S.; Bhadragoudar, M.; Kulkarni, H.D. 2010. Screening eucalyptus clones against *Leptocybe invasa* Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). Karnataka Journal of Agricultural Sciences 23: 213–214.

Blackman, R.L.; Eastop, V.F. 1994. Aphids on the world's trees: an identification and information guide. Wallingford: CAB International.

Bedding, R.A.; Iede, E.T. 2005. Application of *Beddingia siricidicola* for *Sirex woodwasp* control. Nematodes as Biocontrol Agents (ed. by P. S. Grewal, R. Ehlers and D. I. Shapiro-Ilan), pp. 385- 400. CAB International, U.K.

Bedford, G. 1978. Biology and ecology of the Phasmatodea. Annual Review of Entomology 23: 125-149.

Bouvet, J.P.R.; Harrand, L.; Burckhardt, D. 2005. Primera cita de *Blastopsylla occidentalis* y *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) para la República Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 64: 99–102.

Bustillo, A.E. 1976. Estudio biológico del medidor gigante *Oxydia trychiata*, plaga de coníferas en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 2: 41-61.

Botto, E.N.; Aquino, D.A.; Loiácono, MS.; Pathauer, P.; Briano, A.E. 2010. Presencia de *Leptocybe invasa* Fischer & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), la "avispa de la agalla del eucalipto", en Argentina. Boletín MIP Manejo Integrado de Plagas N°16, Junio 2010. IMYZA, INTA.

Castillo, J.V. 2003. Condición de insectos forestales en México. In: Proceedings of the 1st Joint Meeting of the 12th National Symposium on Forest Parasites and the 54th Western Forest Insect Work Conference. 3-6 November 2003. Guadalajara, México. pp 61.

Camargo, R.S.; Forti, LC.; Lopes, J.F.S.; Nagamoto, N.S. 2006. Studies on Leaf-cutting ants, *Acromyrmex* spp. (Formicidae, Attini): Behaviour, reproduction and control. Recent Research Developments in Entomology 5: 1-21.

Camargo, R.S.; Forti, L.C.; Lopes, J.F.S.; Matos, C.A. 2008. Growth of populations and fungus gardens of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae) Response to Foraged Substrates. Sociobiology 52: 1-11.

Carpintero, D.L.; Dellapé, P.M. 2006. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera:Thaumastocorinae) Zootaxa. 1228:61–68.

Carvalho, J.C.M.; Costa, L.A.A. 1988. Mirídeos Neotropicais, CCXCVII: Duas Novas Espécies do Gênero *Monalonion* Herrich-Schaeffer (Hemiptera). Revista Brasileira Biologia 48: 893-896.

Conle, O.; Hennemann, F.; Gutiérrez, Y. 2011. The stick insects of Colombia. Books on Demand. Norderstedt, Germany.

Costa VA, Berti-Filho E, Wilcken CF, Stape JL, La Salle J, Teixeira LD. 2008. *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fischer & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) in Brazil: New Forest Pest Reaches the new world. Revista de Agricultura 83: 136-139.

Dahlsten, D.L.; Rowney, D.L. 2000. The red gum Psyllid, a new pest of *Eucalyptus* species in California. University of California at Berkeley, College of Natural Resources, Center for biological Control. Available at: http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/dahlsten/rglp/ Dahlsten-handout _rglp.pdf [accessed 17 October 2012].

Drooz, A.T.; Bustillo, A.E. 1972. *Glena bisulca*, a serious defoliator of *Cupressus lusitanica* in Colombia. Journal of Economic Entomology 65: 89-93.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Forest Health & Biosecurity Working Papers. Overview of Forest Pest: Colombia. Forestry Department. Working Paper FBS/14E. FAO, Rome:

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Situación de los bosques del mundo 2011. FAO, Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. World's Forests. Enhancing the socioeconomic benefits from forests. FAO, Rome:

Forti, L. C. & Boaretto, M. A. C. 1997. Formigas cortadeiras. Biología, ecología, danos e controle. Botucatu. SP. 61 pp.

Forti LC, Castellani MAP. 1997. Formigas cortadeiras: Biologia, Ecologia, Danos e Controle. FCA/UNESP Botucatu.

Gallego FL. 1959. Gusano Geometridae (medidor) de los pinos., Medellín, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía 19: 59-62.

Gilbert, J.M.; Miller, L.W. 1952. An outbreak of *Sirex noctilio*. Tasmania. Australian Journal of Biological Sciences, 22, 905 – 914.

Giraldo, M.; Acevedo, F.E.; Benavides, P.; Villegas, C. 2009. Evaluación morfológica y molecular de insectos del género *Monalonion* spp. (Hemiptera: Miridae) alimentándose de cultivos de café, guayaba, cacao y aguacate. In: Resúmenes: XXXVI Congreso, Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN, 29-31 Julio 2009, Medellín, Colombia. pp 105.

Gryzenhout, M.; Rodas, C.A.; Mena, Portales, J.; Clegg, P.; Wingfield, B.D:; Wingfield M.J. 2006. Novel host of the *Eucalyptus* canker pathogen *Chrysoporthe cubensis* and a new *Chrysoporthe* species from Colombia. Mycological Research 110: 833-845.

Hoebeke, E.R.; Haugen, D.A.; Haack, R.A. 2005. *Sirex noctilio*: discovery of a Palearctic siricid woodwasp in New York. Newsletter of the Michigan Entomological Society 50: 24- 25.

Hollis, D. 2004. Australian Psylloidea: Jumping Plant Lice and Lerps Insects, Australia Biological Resources Study, Canberra, Australia.

Hurley, B.P.; slippers, B.; WINGFIELD, M. J. 2007. A comparison of control results for the alien invasive woodwasp, *Sirex noctilio*, in the southern hemisphere. Agricultural and Forest Entomology 9: 159-171.

Iede, E.T.; Penteado, S.R.C.; Schaitza, E.G. 1998. *Sirex noctilio* problem in Brazil – detection, evaluation and control. Proceedings of a Conference: Training in the Control of *Sirex noctilio* by Use of Natural Enemies (ed. by E. Iede , E. Shaitza , S. Penteado, R. Reardon and T. Murphy), pp. 4 5 – 52. FHTET 98-13. USDA Forest Service, Morgantown, MV.

Jacobs DH, Neser S. 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to Eucalyptus trees. S Afr J Sci. 101:233–236.

Kim, I.-K.; Mendel, Z.; Protasov, A.; Blumberg, D.; La Salle, J. 2008. Taxonomy, biology and efficacy of two Australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae). Zootaxa 1910: 1–20.

Klasmer, P.; Fritz, G.; Corley, J.; Botto, E. 1998. Current status of research on *Sirex noctilio* F. in the Andean-Patagonian region in Argentina. Proceedings of a Conference: Training in the Control of *Sirex noctilio* by Use of Natural Enemies (ed. by E. Iede, E. Shaitza , S. Penteado , R. Reardon and T. Murphy), pp. 89 – 90. FHTET 98-13. USDA Forest Service, Morgantown, MV.

Laudonia. S.; Garonna, A. P. 2010. The red gum lerp psyllid, *Glycaspis brimblecombei*, a new exotic pest of *Eucalyptus camaldulensis* in Italy. Bulletin of Insectology 63: 233–236.

Lazzari, S.M.N.; Cardoso, J. T. 2011. *Pineus boerneri* Annand, 1928 (Hemiptera, Adelgidae) – a new species to Brazil: morphology of eggs, nymphs and adults. Revista Brasileira de Entomologia 55: 459–466.

Londoño, M.E.; Vargas, H. H. 2010. Avances en la identificación de hospederos de *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae). Resúmenes: XXXVII Congreso, Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN, 30 Junio – 2 Julio 2010. Bogotá, Colombia.

Maderni, J.F.P. 1998. *Sirex noctilio* F. present status in Uruguay. Proceedings of a Conference: Training in the Control of *Sirex noctilio* by Use of Natural Enemies (ed. by E. Iede , E. Shaitza, S. Penteado , R. Reardon and T. Murphy), pp . 81–82. FHTET 98-13. USDA Forest Service, Morgantown, MV.

Madrigal, A. 1997. Los fásmidos como plaga potencial de la reforestación en Colombia. In: Résumenes Congreso De La Sociedad Colombiana De Entomología XXIV. 16-18 Julio 1997. Pereira, Colombia. pp. 225-249.

Madrigal, A. 2003. Insectos Forestales en Colombia. Biología, Hábitos, Ecología y Manejo. Universidad Nacional de Colombia. Editorial Marín, Viecco. Medellín, Colombia.

Madrigal, A.; Wiesner, R. L.; Arango, E. M. I. 1985. *Oxydia platypterata* guenée, *Sabulodes glaucularia* (Snellen) y medidor campanita, tres nuevos defoliadores de importancia forestal en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 11: 21-26.

Madrigal A, Abril G. 1994. Biología y hábitos del insecto-palo (*Libethroidea inusitata* Hebard) defoliador del *Pinus patula* en Antioquia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente 19: 25-36.

Martínez G, M. Bianchi. 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé, 2006 (Heteroptera: Thaumastocoridae). Agrociencia 14(1): 15-18.

Mendel, Z.; Protasov, A.; Fischer, N.; La Salle, J. 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on Eucalyptus. Australian Journal of Entomology, 43, 101–113.

MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2006. Colombia: Un país de oportunidades para la inversión forestal. Colombia.

MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2014. Sector forestal comercial en Colombia – contextualización certificado de incentivo forestal (CIF). Available at https://vuf.min agricultura.gov.co/ [accessed 2 June 2014].

Mapondera, T. S.; Burgess, T.; Matsuki, M.; Oberprieler, R. G. 2012. Identification and molecular phylogenetics of the cryptic species of the *Gonipterus scutellatus* complex (Coleoptera: Curculionidae: Gonipterini). Australian Journal of Entomology 51: 175–188.

Miller, D.; Clarke, A. F. 1935. *Sirex noctilio* (Hym.) and its parasites in New Zealand. Bulletin of Entomological Research 26: 149–154.

Nadel, R. L.; Slippers, B.; Scholes, M. C.; Lawson, S.A.; Noack, A.E.; Wilcken, C.F.; Bouvet, J. P.; Wingfield, M. J. 2010. DNA barcoding reveals source and patterns of *Thaumastocoris peregrinus* invasions in South Africa and South America. Biol Invasions. 12(5):1067–1077.

Nagamine, W. T.; Reu, R. A. 2001. Red Gum Lerp Psyllid. *Glycaspis brimblecombei* Moore (Homoptera: Psyllidae). State of Hawaii. Deparment of Agriculture. New Pest Advisory No. 01-02. Available at: http://hawaii.gov/hdoa/pi/ppc/npa-1/npa01-02_rpsyllid.pdf [accessed 17 October 2012].

Nyeko, P.; Mutitu, E.K.; Day, R. K. 2009. Eucalyptus infestation by *Leptocybe invasa* in Uganda. African Journal of Ecology 47: 299-307.

Nyeko, P.; Mutitu, K.E.; Otieno, B. O.; Ngae, G. N.; Day, R. K. 2010. Variations in *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) population intensity and infestation on eucalyptus germplasms in Uganda and Kenya. International Journal of Pest Management, 56:137–144.

Noack, A. E. 2002. Thaumastocoridae – An investigation [Internet]. Available from: http://pandora.nla.gov.au/pan/32881/20030204/www.thaumastocoridae.org/index.html (cited8 July 2011).

Noack, A. E.; Coviella, C. E. 2006. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): First record of this invasive pest of Eucalyptus in the Americas. Gen Appl Entomol. 35:13–15.

Noack, A. E.; Rose, H. A. 2007. Life-history of *Thaumastocoris peregrinus* and *Thaumastocoris* sp. in the laboratory with some observations on behaviour. Gen. Appl Entomol. 36: 27–33.

Noguera, A. 1982. Colombia bajo la sombra de sus árboles. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Fondo Cultural Cafetero, Colombia.

Peris-Felipo, F. J.; Mancusi, G.; Turrisi, G. F.; Jiménez-Peydró, R. 2011. New corological and biological data of the red gum lerp psyllid, *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 in Italy (Hemiptera, Psyllidae). Biodiversity Journal 2: 13–17.

PROEXPORT (Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones). 2010. Sector Forestal en Colombia. Bogotá, Colombia.

Quinlan, R. J.; Cherret, J. M. 1979. The role of fungus in the diet of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L). Ecological Entomology 4: 151-160.

Ramírez HJ, Gil ZN, Benavides P, Bustillo AE. 2007. Estudio de los insectos asociados a un Nuevo disturbio en café denominado Chamusquina. Universidad de Nariño. Revista de Agronomía 24: 63-75.

Rawlings, G. B. 1955. Epidemics in Pinus radiata forests in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry, 7, 53 – 58.

Rodas, C. A. 1994. *Chrysomima semilutearia* (Felder & Rogenhofer) Nuevo defoliador de plantaciones forestales en Colombia. Smurfit Kappa Cartón Colombia 164: 1-7.

Rodas, C. A. 1996. Una nueva especie de *Glena* (*Glena* sp. Lepidoptera: *Geometridae*) defoliador de *Pinus patula* en Colombia. Smurfit Kappa Cartón Colombia 172: 1-7.

Rodas, C. A.; Gryzenhout, M.; Myburg, H.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J. 2005. Discovery of the *Eucalyptus* canker pathogen *Chrysoporthe cubensis* on the *Miconia* (Melastomataceae) in Colombia. Plant Pathology 54: 460-470.

Rodas, C.A.; Slippers, B.; Gryzenhout, M.; Wingfield, M. J. 2009. Botryosphaeriaceae associated with *Eucalyptus* canker diseases in Colombia. Forest Pathology 39: 110-123.

Rodas, C. A.; Serna, R.; Hurley, B. P.; Bolaños, M. D.; Granados, G. M.; Wingfield M. J. 2014. Three new and important insect pests recorded for the first time in Colombian plantations. Southern Forests 2014: 1–8

Rodas, C. A.; Serna, R.; Bolaños, M. D.; Granados, G.M.; Wingfield, M.J.; Hurley. 2015. Biology, incidence and host susceptibility of *Pineus boerneri* (Hemiptera: Adelgidae) in Colombian pine plantations. Southern Forests 2015: 1–7.

Rosales, C. J.; Lobosque, O.; Carvalho, P.; Bermúdez, L.; Acosta, C. 2008. *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae) "Red Gum Lerp". Nueva plaga forestal en Venezuela.Entomotropica 23: 103–104.

Sandoval, A.; Rothman, S. 2002. Detección del psílido de los eucaliptos rojos, *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964, en Chile (Hemiptera: Pysillidae). In: Resumen XXIV Congreso Nacional de Entomología. 12-14 Noviembre 2002. Santiago, Chile. pp 2.

Scholtz, C. H.; Holm, E. 1985. Insects of southern Africa. Pretoria: University of Pretoria.

Silva, A.; Bacci, M.; Siqueira, C. G.; Bueno, O. C.; Pagnocca, F. C.; Hebling, M. J. A. 2003. Survival of *Atta sexdens* workers on different food sources. Journal of Insect Physiology 49: 307-313.

Slippers, B.; Coutinho, T. A.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J. 2003. The genus *Amylostereum* and its association with woodwasps: a contempary review. South African Journal of Science: 99, 70 – 74.

Thu, P. Q.; Dell, B.; Burgess, T. I. 2009. Susceptibility of 18 eucalypt species to the gall wasp *Leptocybe invasa* in the nursery and young plantations in Vietnam. Science Asia 35: 113–117.

Tribe, G. D. 1995. The woodwasp *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), a pest of Pinus species, now established in South Africa. African Entomology 3: 215–217.

UNAL (Universidad Nacional de Colombia). 1955. Apuntes sobre reforestación en Antioquia. Revista Facultad Nacional de Agronomía 47: 5-65.

Valente, C.; Hodkinson, I. 2009. First record of the red gum psyllid, *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hem.: Psyllidae), in Europe. Journal of Applied Entomology 133: 315–317.

Vélez, R. A. 1972. El defoliador del ciprés *Glena bisulca* Ringde. Revista Facultad Nacional de Agronomía 29: 7-8.

Vélez, A. R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. 2da ed. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Verza, S. S.; Forti, L. C.; Lopes, J. F. S.; Carmargo, R. S.; Matos, C. A. O. 2007. Influence of physical and chemical factors during foraging and culture of the symbiont fungus in *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Insect Science 14: 295-300.

Weber, N. A. 1972. Gardening ants, the *Attinae*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Wiesner, R. L.; Madrigal, C. A. 1983. Principales plagas del Ciprés, *Pinus patula* y Eucalipto en Colombia. In: Primer seminario internacional sobre manejo de plagas forestales. SOCOLEN-FUNDEF. Medellin, Colombia pp: 1-33.

Wingfield, M. J.; Rodas, C.; Myburg, H.; Venter, M.; Wright, J.; Wingfield, B. D. 2001. *Cryphonectria* canker on *Tibouchina* in Colombia. Forest Pathology 31: 297-306.

Wilcken, C. F.; Couto, E. B.; Orlato, C.; Ferreira-Filho, P. J.; Firmino, D. C. 2003. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto do Brasil. Circular Técnica IPEF 201: 1-11.

Wilcken, C.F.; Soliman, E. P.; De S´A, L. A. N.; Barbosa, L. R.; Dias, T. K.; Ferreira-Filho, P. J.; Oliveira, R. J. R. 2010. Bronze Bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. Journal of Plant Protection Research 50: 201–205.

Wiley, J.; Skelley, P. 2008. Pest Alert, A Eucalyptus Pest, *Leptocybe invasa* Fisher and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), Genus and Species New to Florida and North America. Florida Department of Agriculture and Consumer Services.

Woods, A.; Coates, KD.; Hamaan, A. 2005. Is An Unprecedented *Dothistroma* Needle Blight Epidemic Related To Climate Change?. Bioscience 55: 761-769.

Zanetti, R.; Zanuncio, JC.; Mayhé-Nunes, AJ.; Barros, AG.; Souza-Silva, A. 2003. Combate sistemático de formigas-cortadeiras con iscas granuladas, en Eucaliptais com cultivo mínimo. Sociedade de Investigações Florestais. Revista Árvore 27: 387-392.

THE STATUS OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN THE LATIN AMERICA

Patricia Jacqueline Thyssen

Ph.D, UNICAMP, Department of Animal Biology, IB, Campus Universitário Zeferino Vaz, Rua Monteiro Lobato, 255, Barão Geraldo, Campinas, State of São Paulo, Brazil. CEP 13083-862. P.O. box 6109.
thyssenpj@yahoo.com.br

Run title: Forensic Entomology & Latin America

EL ESTADO DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN LATINOAMÉRICA

Abstract: Arthropods are among the main terrestrial taxa because they are disseminated in a variety of environments and organic substrates, among which include cadavers not infrequently localized at crime scenes. This approach is becoming more popular in the world scenario, especially to be helpful to get answers related to criminal investigations.

Key words: insects. necrophagous. criminal investigation.

The potential contribution of entomology to legal investigations is known just more than a century, especially after the publication of Mégnin (1894), although the observation of the insect association with the bodies of animals is quite old (Benecke, 2001).

Since 1920 species of insects of forensic importance has been listed and cataloged, focusing mainly on their anatomy and morphology, metabolism or biology, ecology and geographic distribution.

Between 1960 and 1980 the modern forensic entomology has gained significant place on the world scene, mainly because of the activities of the Belgian doctor, Marcel Leclercq, and the Finnish biologist, Pekka Nuorteva. Since then, the application of entomology in legal investigations has become routine in countries like the United States, Canada, France, Japan, England, among others, emerging great names such as Bernard Greenberg, Madison Lee Goff and Jeffrey D. Wells.

In Latin American countries such as Brazil, Argentina and Colombia have produced their studies using several dead animals as a model and focusing on aspects such as the processes of decomposition and ecological succession in different environments, locations and altitudes (Monteiro-Filho and Penereiro, 1987; Souza and Linhares, 1997; Moura *et al*., 1997; Carvalho *et al*., 2000; Carvalho and Linhares, 2001; Wolff *et al*. 2001; Centeno *et al*. 2002; Carvalho *et al*. 2004; Pérez *et al*. 2005; Salazar 2006; Martinez *et al*. 2007; Mise *et al*. 2007; Moretti *et al*.

2008a; Salazar-Ortega 2008; Barbosa *et al*. 2009; Rosa *et al*. 2009; Barrios and Wolff 2011; Battán-Horenstein *et al*. 2012; Ortloff *et al*. 2012; Mise *et al.* 2013; Vasconcelos *et al*. 2013; Zanetti *et al*. 2015b), biology, ecology, behavior, identification and register of necrophagous species (Linhares 1981; Linhares 1988; Von Zuben *et al*. 1996; Oliva, 1997; Bassanezi *et al*. 1997; Boldrini *et al*. 1997; Moura *et al.*, 1997; Amorim and Ribeiro, 2001; Gomes *et al.* 2002; Moura *et al.* 2005; Thyssen *et al.* 2005; Thyssen and Linhares 2007; Moretti *et al*. 2008b; Velásquez 2008; Ururahy-Rodrigues *et al*. 2008; Estrada *et al.* 2009; Moretti *et al*. 2009; Biavati *et al*. 2010; Martins *et al*. 2010; Rabêlo *et al.* 2011; Vairo *et al.* 2011; Aballay *et al*. 2012; Mulieri *et al*. 2012; Farias *et al.* 2013; Nassu *et al.* 2013; Santos *et al.* 2013; Simões *et al.* 2013; Thyssen *et al.* 2014; Alonso *et al*. 2015; Dufek *et al.* 2015; Gines-Carrillo *et al*. 2015; Vasconcelos *et al*. 2015; Zanetti *et al*. 2015a), and detection and observation of the effect of toxic substances in the larvae of Diptera (Carvalho *et al*. 2001; Ferrari *et al*. 2008; Ferrari *et al*. 2009; Oliveira *et al.* 2009; Souza *et al*. 2011; Thyssen and Grella 2011; Souza *et al*. 2013; Rezende *et al*. 2014). Record of species colonizing human bodies and/or the use of insects to clarify issues related to the time of death or negligence has also been increasingly frequent in this region of the world (Salviano *et al*. 1996; Oliva 2001; Oliveira-Costa *et al*. 2001; Oliveira-Costa and Mello-Patiu 2004; Pujol-Luz *et al.* 2006; Pujol-Luz *et al.* 2008a; Oliveira and Vasconcelos 2010; Kosmann *et al*. 2011; Thyssen *et al.* 2012; Vasconcelos *et al*. 2014).

Currently, Brazil stands out both by pioneering, with the first works of Roquete-Pinto (1908) and Oscar Freire (1914; 1923), as the number of national and international publications. Historical brief about the history of forensic entomology in their respective countries were produced by Oliva *et al.* (1995), Oliva (1997), Pujol-Luz *et al*. (2008b), and Amat and Gomez-Piñérez (2012).

Insects can only become reliable evidence in the forensic context when considering the following aspects:

- study the process of decomposition of the corpses that serve as substrate for rearing the offspring of different necrophagous species, once numerous intrinsic factors may contribute to the occurrence or non-colonization, and can directly affect the life cycle of insects;
- know the life cycle, ecology and geographical distribution of insects, since much of this information can be used to estimate the postmortem interval, to infer whether there were body displacement, to find possible cause of the death or associate suspects to authorship a crime;
- know correctly identify the insects or know tools and alternatives that enable achieving the diagnosis of species. This is the fundamental step for any forensic application.

A lot of knowledge has already been produced in Latin America taking into consideration what was presented previously. However, for those countries considering using forensic entomology in his routine, in the near future, they should know that they can only do this by conducting basic

studies in their respective localities, especially because the fauna of a given location from the genetic point of view may differ of the fauna from another location, even if morphologically are similar.

REFERENCES

Aballay, F. H.; Domínguez, M. C.; Fernández-Campón, F. 2012. Adult Fanniidae associated to pig carcasses during the winter season in a semiarid environment: initial examination of their potential as complementary PMI indicators. Forensic Science International 219 (1-3): 284.e1-4.

Alonso, M. A.; Souza, C. M.; Linhares, A. X.; Thyssen, P. J. 2015. Egg Developmental time and survival of *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) under different temperatures. Journal of Medical Entomology 53: 1-6.

Amat, E.; Gomez-Piñérez, L. M. 2012. La entomología forense como evidencia científica en Colombia: métodos, estúdios y perspectivas. In: RÚA, M.M.B. (coord) Derecho probatorio contemporáneo – prueba científica y técnicas forense. Universidad de Medellin, Colombia. pp. 443-456.

Amorim, J. A.; Ribeiro, O. B. 2001. Distinction among the puparia of three blowfly species (Diptera: Calliphoridae) frequently found on unburied corpses. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 96: 781-784.

Barbosa, R. R.; Mello-Patiu, C. A.; Mello, R.P.; Queiroz, M. M. 2009. New records of calyptrate dipterans (Fanniidae, Muscidae and Sarcophagidae) associated with the decomposition of domestic pigs in Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 104 (6): 923-926.

Barrios, M.; Wolff, M. 2011. Initial study of arthropods succession and pig carrion decomposition in two freshwater ecosystems in the Colombian Andes. Forensic Science International 212 (1-3): 164-172.

Bassanezi, R. C.; Leite, M. B. F.; Godoy, W. A. C.; Von Zuben, C. J.; Von Zuben, F. J.; Reis, S. F. 1997. Diffusion model applied to postfeeding larval dispersion in blowflies (Diptera: Calliphoridae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 92: 281-286.

Battán-Horenstein, M.; Rosso, B.; García, M.D. 2012. Seasonal structure and dynamics of sarcosaprophagous fauna on pig carrion in a rural area of Cordoba (Argentina): their importance in forensic science. Forensic Science International 217 (1-3): 146-156.

Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. Forensic Science International 120: 2-14.

Biavati, G. M.; Assis Santana, F. H.; Pujol-Luz, J. R. 2010. A checklist of Calliphoridae blowflies (Insecta, Diptera) associated with a pig carrion in central Brazil. Journal of Forensic Science 55 (6): 1603-1606.

Boldrini, J. L.; Bassanezi, R. C.; Moretti, A. C.; Von Zuben, F. J. V.; Godoy, W. A. C.; Reis, S. F. 1997. Non-local interactions and the dynamics of dispersal in immature insects. Journal of Theory Biology 185: 523-531.

Carvalho, L. M. L.; Linhares, A.X. 2001. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in Southeastern Brazil. Journal of Forensic Science 46: 604-608.

Carvalho, L. M. L.; Thyssen, P. J.; Linhares, A. X.; Palhares, F. B. 2000. A checklist of arthropods associated with carrion and human corpses in southeastern Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 95: 135-138.

Carvalho, L. M. L.; Linhares, A. X.; Trigo, J. R. 2001. Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil. Forensic Science International 120: 140-144.

Carvalho, L. M. L.; Thyssen, P. J.; Goff, M. L.; Linhares, A. X. 2004. Observations on the succession patterns of necrophagous insects onto a pig carcass in an urban area of Southeastern Brazil. Aggrawal's Internet Journal of Forensic and Medicine Toxicology 5: 33-39.

Centeno, N.; Maldonado, M.; Oliva, A. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires province (Argentina). Forensic Science International 126: 63-70.

Dufek, M. I.; Oscherov, E. B.; Mulieri, P. R. 2015. Preliminary survey and inventory of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in the province of Corrientes, Argentina, with new records of species with forensic importance. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 74 (1-2): 37-46.

Estrada, D. A.; Grella, M. D.; Thyssen, P. J.; Linhares, A. X. 2009. Taxa de desenvolvimento de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae) em dieta artificial acrescida de tecido animal para uso forense. Neotropical Entomology 38: 203-207.

Farias, R. C. A. P.; Bó, D. D.; Santos, W. E.; Creão-Duarte, A. J.; Thyssen, P. J. 2013. First Record of Scirtidae (Coleoptera) Associated With Decaying Carcasses in the Neotropical Region. EntomoBrasilis 6: 171-172.

Ferrari, A. C.; Soares, A. T. C.; Guimarães, M. A.; Thyssen, P. J. 2008. Efeito da testosterona no desenvolvimento de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). Medicina (Ribeirão Preto) 41 (1): 30-34.

Ferrari, A. C.; Thyssen, P. J.; Soares, A. T. C.; Amorim, D. S.; Guimarães, M. A. 2009. Comparação dos padrões de atratividade de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) associada a carcaças de *Rattus norvergicus* enterradas e tratadas com hormônios esteróides. Revista Brasileira de Entomologia 53: 565-569.

Freire, O. 1914. Algumas notas para o estudo da fauna cadavérica da Bahia. Gazeta Medicina da Bahia 46: 110-125.

Freire, O. 1923. Fauna cadavérica brasileira. Revista de Medicina 3: 15-40.

Gines-Carrillo, E.; Alcántara-Mimbela, M. A.; Calderón-Arias, C.; Infante-Valdez, C.; Villacorta-Ângulo, M. 2015. Entomofauna de interés forense asociada a restos cadavéricos de cerdos (*Sus scrofa* L.), expuestos a condiciones de campo en Lambayeque – Perú. Revista Peruana de Entomología 50 (1): 1-11.

Gomes, L.; Von Zuben, C. J.; Govone, J. S. 2002. Comportamento da dispersão larval radial pós-alimentar em moscas-varejeiras do gênero *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae): busca por novas fontes de alimento. Entomolgía y Vectores 9: 115-132.

Kosmann C.; Macedo M. P.; Barbosa T. A. F.; Pujol-Luz J. R. 2011. *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) and *Hemilucilia segmentaria* (Fabricius) (Diptera, Calliphoridae) used to estimate the postmortem interval in a forensic case in Minas Gerais, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 55: 621–623.

Linhares, A. X. 1981. Synanthropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in the city of Campinas, São Paulo, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 25: 189-215.

Linhares, A. X. 1988. The gonotrophic cycle of *Chrysomya megacephala* (Diptera, Calliphoridae) in the laboratory. Revista Brasileira de Entomologia 32: 383-392.

Martinez, E.; Duque, P.; Wolff, M. 2007. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. Forensic Science International 166: 182-189.

Martins, E.; Neves, J. A.; Moretti, T. C.; Godoy, W.A.; Thyssen, P.J. 2010. Breeding of *Ornidia obesa* (Diptera: Syrphidae: Eristalinae) on pig carcasses in Brazil. Journal of Medical Entomology 47 (4): 690-694.

Megnin P. 1894. Faune des cadavres. Aplication de L'entomologie a la Médicine Légale. Paris, Masson et Gauthiers-Villars. 214 p.

Mise, K. M.; Almeida, L. M.; Moura M. O. 2007. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. Revista Brasileira de Entomologia 51 (3): 358-368.

Mise, K. M.; Corrêa R. C.; Almeida L. M. 2013. Coleopterofauna found on fresh and frozen rabbit carcasses in Curitiba, Paraná, Brazil. Brazilian Journal of Biology 73 (3): 543-548.

Monteiro-Filho, E. L. A.; Penereiro J. L.; 1987. Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia 47: 289-295.

Moretti, T. C.; Ribeiro, O. B.; Thyssen, P. J.; Solis, D. R. 2008a. Insects on decomposing carcasses of small rodents in a secondary forest in Southeastern Brazil. European Journal of Entomology 105: 691-696.

Moretti, T. C.; Thyssen, P. J.; Godoy, W. A. C. & Solis, D. R. 2008b. Necrophagy by the social wasp *Agelaia pallipes* (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini): possible forensic implications. Sociobiology 51(2): 393-398.

Moretti, T. C.; Thyssen, P. J.; Solis, D. R. 2009. Breeding of the Scuttle Fly *Megaselia scalaris* in a fish Carcass and Implications for the use in Forensic Entomology (Diptera: Phoridae). Entomologia Generalis 31: 349-353.

Moura, M. O.; Carvalho, C. J. B.; Monteiro, E. L. A. 1997. A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Parana. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 92: 269-274.

Moura, M. O.; Carvalho, C. J. B.; Monteiro-Filho E. L. A. 2005. Estrutura de comunidades necrófagas: efeito da partilha de recursos na diversidade. Revista Brasileira de Zoologia 22 (4): 1134-1140.

Mulieri P. R.; Mariluis, J. C.; Aballay, F. H. 2012. Two species of *Microcerella* (Diptera: Sarcophagidae) found in highland arid landscapes of Argentina, during forensic studies. Journal of Medical Entomology 49 (1): 183-191.

Nassu, M. P.; Thyssen, P. J.; Linhares, A. X. 2013. Developmental Rate Of Immatures Of Two Fly Species Of Forensic Importance: *Sarcophaga (Liopygia) ruficornis* and *Microcerella halli* (Diptera: Sarcophagidae). Parasitology Research 113: 217-222.

Oliva, A. 1997. Insectos de interés forense de Buenos Aires (Argentina). Primera lista ilustrada y datos bionómicos. Revista del Museo argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Entomología 7: 14-59

Oliva, A.; Ravioli, J.; Trezza, F.; Navarri, C. 1995. Entomologia forense. La Prensa Médica Argentina 82: 229-234.

Oliva, A. 2001. Insects of forensic significance in Argentina. Forensic Science International 120: 145-154.

Oliveira, T. C.; Vasconcelos, S. D. 2010. Insects (Diptera) associated with cadavers at the Institute of Legal Medicine in Pernambuco, Brazil: Implications for forensic entomology. Forensic Science International 198: 97-102.

Oliveira, H. G.; Gomes, G.; Morlin Junior, J. J.; Von Zuben, C. J.; Linhares A. X. 2009. The effect of Buscopan® on the development of the blow fly *Chrysomya megacephala* (F.) (Diptera: Calliphoridae). Journal of Forensic Science 54 (1): 202-206.

Oliveira-Costa, J.; Mello-Patiu, C. A. 2004. Application of forensic entomology to estimate of the post mortem interval (PMI) in homicide investigations by the Rio de Janeiro Police Department in Brasil. Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology 5: 40–44.

Oliveira-Costa, J.; Mello-Patiu, C. A.; Lopes, S. M. 2001. Dípteros muscóides associados com cadáveres humanos na cena da morte no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Boletim do Museu Nacional 464: 1-6.

Ortloff, A.; Peña, P.; Riquelme, M. 2012. Preliminary study of the succession pattern of necrobiont insects, colonising species and larvae on pig carcasses in Temuco (Chile) for forensic applications. Forensic Science International 222 (1-3): e36-41.

Pérez S. P.; Duque, P.; Wolff, M. 2005. Successional behavior and occurrence matrix of carrion-associated arthropods in the urban area of Medellín, Colombia. Journal of Forensic Sciences 50 (2): 448-454.

Pujol-Luz, J. R.; Marques, H.; Ururahy-Rodrigues, A.; Rafael, J. A.; Santana, F. H. A.; Arantes L. C.; Constantino R. 2006. A forensic entomoly case from the Amazon rain forest of Brazil. Journal of Forensic Sciences 51: 1151–1153.

Pujol-Luz, J. R.; Francez, P. A. C.; Ururahy-Rodrigues, A.; Constantino, R. 2008a. The black soldier-fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomuidae), used to estimate the postmortem interval in a case in Amapá state, Brazil. Journal of Forensic Sciences 53: 476-478.

Pujol-Luz J. R.; Arantes, L. C.; Constantino, R. 2008b. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). Revista Brasileira de Entomologia 52(4): 485-492.

Rabêlo, K. C. N.; Thyssen, P. J.; Salgado, R. L.; Araújo, M. S. C.; Vasconcelos, S. D. 2011. Bionomics of two forensically important blowfly species *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) reared on four types of diet. Forensic Science International 210: 257-262.

Rezende, F.; Alonso, M. A.; Souza, C. M.; Thyssen, P. J.; Linhares, A. X. 2014. Developmental rates of immatures of three *Chrysomya* species (Diptera: Calliphoridae) under the effect of methylphenidate hydrochloride, phenobarbital, and methylphenidate hydrochloride associated with phenobarbital. Parasitology Research 113: 1897-1907.

Roquete-Pinto, E. 1908. Nota sobre a fauna cadavérica do Rio de Janeiro. A Tribuna Médica 21: 413-417.

Rosa, T. A.; Babata, M. L.; Souza, C. M.; Sousa, D.; Mello-Patiu, C.A.; Mendes, J. 2009. Dipterans of forensic interest in two vegetation profiles of cerrado in Uberlândia, State of Minas Gerais, Brazil. Neotropical Entomology 38 (6): 859-866.

Salazar, L. 2006. Insectos de importancia Forense em Cadáveres de ratas, Carabobo - Venezuela. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica 23(1): 33-38.

Salazar-Ortega, J. 2008. Estudio de la entomofauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo. Revista de la Facultad de Ciencias 13(1): 21-32.

Salviano, R. J. B.; Mello, R. P.; Santos, R. F. S.; Beck, L. C. N. H.; Ferreira, A. 1996. Calliphoridae (Diptera) associated with human corpses in Rio de Janeiro, Brazil. Entomologia y Vectores 3 (5-6): 145-156.

Santos, W. E.; Alves, A. C. F.; Farias, R. C. A. P.; Creão-Duarte, A. J. 2013. Ecological roles of Coleoptera associated with carcasses in Caatinga. EntomoBrasilis 6 (3): 248-250.

Simões, M. H.; Guedes, A. O.; Thyssen, P. J.; Souza-Silva, M. 2013. Ecological and forensic implications of social wasps on pig carcass degradation in Brazilian Savannah. Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioetics 3: 285-292.

Souza, A. M.; Linhares, A. X. 1997. Diptera and Coleoptera of potencial forensic importance in Southeastern Brazil: relative abundance and sasonality. Medical and Veterinary Entomology 11: 8-12.

Souza, C. M.; Thyssen, P. J.; Linhares, A. X. 2011. Effect of Nandrolone Decanoate on the Development of Three Species of *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae), Flies of Forensic Importance in Brazil. Journal of Medical Entomology 48: 111-117.

Souza, C. M.; Lima, C. G. P.; Alves Jr, M. J.; Silva, W. W. A.; Giorgio, S.; Linhares, A. X.; Thyssen, P. J. 2013. Standardization of Histological Procedures for the Detection of Toxic Substances by Immunohistochemistry in Dipteran Larvae of Forensic Importance. Journal of Forensic Sciences 58: 1015-1021.

Thyssen, P. J.; Linhares, A. X. 2007. First description of immature stages of *Hemilucilia segmentaria* (Diptera: Calliphoridae). Biological Research 40: 271-280.

Thyssen, P. J.; Grella, M. D. 2011. Efeito da escopolamina sobre o desenvolvimento de *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) e sua importância para a estimativa do intervalo pós-morte. Revista Brasileira de Criminalística 1: 39-42.

Thyssen, P. J.; Lessinger, A. C; Azeredo-Espin, A. M. L.; Linhares, A. X. 2005. The value of PCR-RFLP molecular markers for the differentiation of immature stages of two necrophagous flies (Diptera: Calliphoridae) of potential forensic importance. Neotropical Entomology 34 (5): 777-783.

Thyssen, P. J.; Nassu, M. P.; Costella, A. M. U.; Costella, M. L. 2012. Record of oral myiasis by *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): case evidencing negligence in the treatment of incapable. Parasitology Research 111: 957-959.

Thyssen, P. J.; Souza, C. M.; Shimamoto, P. M.; Salewski, T. B.; Moretti, T. C. 2014. Rates of development of immatures of three species of *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) reared in different types of animal tissues: implications for estimating the postmortem interval. Parasitology Research 113: 3373-3380.

Ururahy-Rodrigues, A.; Rafael, J. A.; Wanderley, R. F.; Marques, H.; Pujol-Luz, J. R. 2008. *Coprophanaeus lancifer* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Scarabaeidae) activity moves a man-size pig carcass: Relevant data for forensic taphonomy. Forensic Science International 182: 19-22.

Vairo, K. P.; Mello-Patiu, C. A.; Carvalho, C. J. B. 2011. Pictorial identification key for species of Sarcophagidae (Diptera) of potential forensic importance in southern Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 55 (3): 333-347.

Vasconcelos, S. D.; Cruz, T. M.; Salgado, R.; Thyssen, P. J. 2013. Dipterans Associated with a Decomposing Animal Carcass in a Rainforest Fragment in Brazil: Notes on the Early Arrival and Colonization by Necrophagous Species. Journal of Insect Science 13: 1-11.

Vasconcelos, S. D.; Soares, T. F.; Costa, D. L. 2014. Multiple colonization of a cadaver by insects in an indoor environment: first record of *Fannia trimaculata* (Diptera: Fanniidae) and *Peckia (Peckia) chrysostoma* (Sarcophagidae) as colonizers of a human corpse. International Journal of Legal Medicine 128: 229-233.

Vasconcelos, S. D.; Barbosa, T. M.; Oliveira, T. P. B. 2015. Diversity of forensically-important dipteran species in different environments in Northeastern Brazil, with notes on the attractiveness of animal baits. Florida Entomologist 98 (2): 770-775.

Velásquez, Y. 2008. A checklist of arthropods associated with rat carrion in a montane locality of northern Venezuela. Forensic Science International 174 (1): 68-70.

Von Zuben, C. J.; Bassanezi, R. C.; Reis, S. F.; Godoy, W. A. C.; Von Zuben, F. J. V. 1996. Theoretical approaches to forensic entomology: I. Mathematical model of postfeeding larval dispersal. Journal of Applied Entomology 120: 379-382.

Wolff, M.; Uribe, A.; Ortiz, A.; Duque, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. Forensic Science International 120 (1-2): 53-59.

Zanetti, N. I.; Visciarelli, E. C.; Centeno, N. D. 2015a. Marks caused by the scavenging activity of *Necrobia rufipes* (Coleoptera: Cleridae) under laboratory conditions. Journal of Forensic Legal Medicine 33: 116-120.

Zanetti, N. I.; Visciarelli, E. C.; Centeno, N. D. 2015b. Associational patterns of scavenger beetles to decomposition stages. Journal of Forensic Science. doi: 10.1111/1556-4029.12781

LA TAXONOMÍA INTEGRATIVA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TAXONÓMICOS COMPLEJOS EN INSECTOS: UN CASO DE ESTUDIO EN MARIPOSAS DIURNAS NEOTROPICALES

Carlos Eduardo Giraldo

Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Candidato a doctor en Biología-Universidad de Antioquia
cegiral0@gmail.com

La diversidad biológica es definida por la WWF (2014) como el término dado a la variedad de la vida en la tierra, dentro y entre las especies de plantas, animales y microorganismos y de los ecosistemas dentro de los cuales ellos viven e interactúan. No obstante, después de la convención de Río en 1992, los "números" que reflejaban la riqueza de especies de una nación parecieron convertirse en el objetivo central hacia el cual se destinaron la mayor parte de los recursos que las naciones invirtieron para el estudio de la biodiversidad en sus territorios. Mora *et al.* (2011) estimaron la existencia de aproximadamente 8.7 millones de organismos vivos en el planeta (cifra muy conservadora), de los cuales 1.2 millones estarían válidamente descritos. Este número representa un limitado 13.8% de la riqueza estimada de organismos y sugiere, que la humanidad no conseguirá nunca describir y asignar un nombre a las especies restantes estimadas. Sería necesario que al menos 0.1% de la población mundial que alcanza hoy mucho más de 7000 millones de habitantes se le fuese asignada una nueva especie por describir y le dieran como plazo toda su vida para hacerlo, quizá de esta forma en medio siglo podríamos estar acercándonos a la descripción de todas las especies estimadas a la fecha.

Aun así, imaginando que el ser humano consiguiera llegar a dicha cifra mágica de especies descritas, este esfuerzo podría quedarse limitado solo a un número y un listado de nombres y descripciones, sin saber más allá de la historia natural de las mismas, ni su relación con su ambiente. Esto definitivamente no refleja lo que es biodiversidad en un sentido amplio. Si la vida involucra tiempo y procesos, dichas cifras mágicas nada podrán decir acerca de la vida. Boero (2010) se refiere a dicho afán por encontrar la cifra mágica de "número" de especies como "la historia de la estupidez", ya que según él no tiene sentido alguno alcanzar dichos números mágicos y nombrar cada especie cuando nada más se conoce o se conocerá sobre ellas. Aun así, el afán de las personas involucradas en las ciencias biológicas y más aún, de aquellas preocupadas por la conservación y la integridad ecológica, continua siendo descubrir y conocer cuanto más sea posible de la diversidad de la vida en el planeta antes que esta se pierda para siempre.

En insectos, la cifra de especies válidas descritas está cercana al millón de especies y el estimado total varía entre 5 y 10 millones de especies en todo el mundo (Stork 2009). Así pues, los esfuerzos por estudiar la diversidad en este grupo, aún después de varios siglos, continúan siendo

mínimos en comparación con otros grupos biológicos y parecería tarea de no acabar el identificar y describir las especies restantes.

Con la aparición de las herramientas moleculares, se impulsó el descubrimiento de especies crípticas en muchos grupos animales, especialmente en insectos. Incluso se propusieron las secuencias "barcode" como una forma prometedora de identificación molecular, que acompañada de información taxonómica clásica podría globalizar y democratizar la biodiversidad (Janzen *et al.*, 2009). Inicialmente, las secuencias de ADN mitocondrial del primer fragmento del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I (COI), surgieron como una forma prometedora de acceder a la identificación rápida de especies crípticas, cuando otros caracteres morfológicos no fueron suficientes para realizar identificaciones adecuadas en grupos taxonómicamente complejos. Muchos ejemplos de uso exitoso de las secuencias "Barcode" para la identificación de especies crípticas en animales, han sido reportados desde que su uso se propagó en la comunidad científica. No obstante, estudios moleculares más profundos y detallados (ej. Whitworth *et al.*, 2007.; Elias *et al.*, 2007) han mostrado como en varios grupos taxonómicamente complejos, el uso de una única secuencia de ADN no permite comprender la diversidad evolutiva de los mismos la cual se refleja, entre otras, en el número de especies diferentes que lo componen.

Así pues, aproximaciones mucho más integrales al estudio de grupos complejos, han mostrado ser la mejor manera de aproximarse a la resolución de problemas taxonómicos, involucrando evidencia múltiple que incluye en muchos casos datos genéticos, ecológicos, morfológicos y comportamentales de las especies bajo análisis. De esta forma, y sin ser el objetivo primario de dicha aproximación, la taxonomía integrativa aporta información biológica y ecológica importante que hablan de la historia natural de los organismos y van más allá de dar un nombre adecuado y estimar un número "real" de especies en un grupo de interés.

En este trabajo se abordará el uso de diferentes herramientas como una forma de aproximase al problema taxonómico en un género de mariposas neotropicales de taxonomía compleja. Se mencionan los fundamentos conceptuales que fueron necesarios para abordar el problema desde una perspectiva diferente a la tradicional y las posibles implicaciones de asumir los cambios taxonómicos y nomenclaturales propuestos para el grupo.

Taxonomía integrativa en mariposas

Uno de los grupos de insectos mejor estudiados en su taxonomía y relaciones ecológicas son las mariposas. Particularmente, las mariposas neotropicales, involucradas en anillos miméticos, han sido objeto de estudio de naturalistas, taxónomos y ecólogos de todo el mundo y se constituyen como un grupo modelo, en el cual el uso de evidencia obtenida de múltiples disciplinas, ha permitido avanzar hacia una mejor comprensión de su diversificación y su relación con el entorno.

Dayrat (2005), definió la taxonomía integrativa o taxonomía integral como la ciencia que estudia la diversidad de la vida desde múltiples disciplinas complementarias. Por su parte, Will *et al.* (2005) argumentaron que dicha aproximación integral es el futuro de la sistemática y la investigación de la biodiversidad, dado que aprovecha un gran número de caracteres que incluyen tanto secuencias de ADN como otros tipos de datos para delimitar, descubrir e identificar especies y taxones naturales en todos los niveles. En la última década, dichas aproximaciones integrales han venido aumentando para resolver problemas taxonómicos en mariposas. Tal vez uno de los primeros trabajos y relevantes en este sentido fue el de Hebert *et al.* (2004), quienes mediante el uso de caracteres morfológicos de los estados inmaduros, la información sobre las plantas hospedantes y caracteres moleculares obtenidos de secuencias de ADN del gen COI, lograron identificar 10 grupos diferentes de lo descrito previamente como una sola especie *Astraptes fulgerator* (LEP: Hesperiidae). Recientemente, algunos trabajos han comenzado a involucrar otros datos a dichas aproximaciones, como la morfometría geométrica complementada con datos moleculares (Dincă *et al.,* 2011, Barão *et al.,* 2014). En la tribu Ithomiini (Nymphaliidae: Danainae) se usaron caracteres provenientes de la morfología de estados inmaduros, el estudio de las estructuras genitales y la microscopía electrónica para evaluar el estatus taxonómico de los géneros *Dircenna* y *Hyalenna* (Willmott y Lamas 2006). Así pues, estas aproximaciones más integrales están señalando un nuevo rumbo hacia el cual los trabajos taxonómicos deberían proyectarse para resolver problemas en grupos de mariposas con taxonomía compleja.

Estudio de caso en mariposas *Mechanitis* (Nymphalidae: Danainae: Ithomiini)

Las mariposas de la tribu Ithomiini son un grupo de distribución exclusivamente neotropical, conformado por aproximadamente 370 especies (Lamas 2004). Comúnmente pueden encontrarse en bosques desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altura (Willmott y Freitas 2006), sin embargo han sido también reportadas para ambientes suburbanos y urbanos (Brown y Freitas 2003; Giraldo *et al.,* 2014). Sus especies han servido como modelo en investigaciones de ecología química, evolución y biogeografía, y conforman diferentes añillos miméticos que pueden coexistir en un mismo microhábitat (Elias *et al.,* 2008). Existen problemas taxonómicos en casi todos los géneros que conforman el grupo, incluso en aquellas mariposas de frecuente ocurrencia y que son reportadas comúnmente en los trabajos de diversidad realizados en tierras bajas del neotrópico, como las mariposas del género *Mechanitis.*

El género *Mechanitis* fue tradicionalmente reconocido como un género de frecuente aparición y de pocas especies ampliamente distribuidas en el neotrópico. La identificación de sus especies se ha realizado usando exclusivamente caracteres presentes en el patrón de coloración alar y las descripciones de especies y subespecies han empleado dichos patrones, como única fuente de caracteres hasta en las descripciones más recientes. Varios autores (Fox 1967; Brown 1977), tras la revisión del género, señalaron que no se encontraron caracteres en las estructuras genitales que permitieran la separación de las especies y la identificación de las mismas se continuó realizando de la misma manera con poca exploración de nuevos caracteres. No obstante, diversos trabajos

recientes usando datos genéticos mostraron problemas en su taxonomía y sugirieron que su diversidad podría estar siendo subestimada (Elias *et al.,* 2007.; Hill *et al.,* 2012; Giraldo y Uribe 2012). Adicionalmente, la aparición de formas híbridas entre especies indudablemente diferentes (Vasconcellos-Neto y Brown 1982; Hill *et al.,* 2012), incrementa las dificultades al abordar la taxonomía del género *Mechanitis* desde la perspectiva tradicional. Lo anterior, motivó el analizar nuevamente el problema taxonómico del género *Mechanitis* desde una aproximación más integral.

Como en los demás grupos de mariposas, los nombres infraespecíficos han sido ampliamente usados bajo el concepto de subespecie. Las subespecies fueron definidas por Fox (1955) como razas geográficas y es un concepto ampliamente usado en la tribu Ithomiini y en mariposas diurnas en general. Sin embargo, la poca o nula delimitación de los ámbitos de distribución de dichas subespecies dificulta el entendimiento de los patrones generales de distribución. Asimismo, las identificaciones y asignación de nombres infraespecíficos, sin tener en cuenta el contexto geográfico, generan confusión al tratar de entender o delimitar los ámbitos de distribución y se pierde el sentido "biológico" y/o geográfico de las subespecies. En el género *Mechanitis* se incluyen 47 subespecies descritas y aceptadas a lo largo de su ámbito de distribución y la delimitación de las mismas es uno de los puntos de partida del análisis aquí presentado.

Concepto de especie y subespecie

Como se mencionó anteriormente, en mariposas el concepto de subespecie ha sido ampliamente empleado y popularizado por más de un siglo. Tradicionalmente, se hacía referencia a "subespecie" para nombrar variaciones fisiológicas, generaciones estacionales, aberraciones, "minorías" genéticas, micropoblaciones y casi cualquier otro tipo de variación morfológica identificable y agrupable al interior de una especie (Ver referencias en Fox 1955). En mariposas, tales nombres se asignan principalmente a grupos infraespecíficos con variaciones identificables en el patrón de coloración alar. Edwards (1954), definió las subespecies como "poblaciones, obviamente diferentes, cuyos miembros podrían entrecruzarse libremente si ocurrieran simpátrica y sincrónicamente bajo condiciones naturales". Para Fox (1955), este concepto no tuvo aplicación práctica al estudiar grandes series de mariposas Ithomiini en colecciones de museo. Por este motivo, dicho autor teorizó dicho concepto basado en su experiencia en el grupo y asumió el concepto de subespecie para variaciones poblacionales cuyo aislamiento reproductivo, en su momento, fue imposible de probar en la práctica. Para él, la eliminación de todas las subespecies, como fue sugerido por otros autores (Wilson y Brown 1953), en Ithomiini sería un retroceso en el conocimiento taxonómico acumulado por años y generaría caos en todas las jerarquías taxonómicas. Desde entonces, y para sus trabajos taxonómicos posteriores en Ithomiini, el concepto de subespecie lo definió como raza geográfica en la cual, en la práctica, el aislamiento reproductivo fue imposible de probar. Bajo este panorama, es claro que el concepto de subespecie se fundamentó en el concepto biológico de especie como su punto de partida. Así, la decisión de asignar un nombre subespecífico recayó sobre la incapacidad de probar el aislamiento reproductivo entre poblaciones con alguna diferencia identificable (comúnmente variaciones en

el patrón de coloración en mariposas) pero que en otras características morfológicas parecerían pertenecer a la misma especie. El aislamiento reproductivo entre poblaciones alopátricas, para grupos estudiados principalmente en colecciones depositadas en museos, como el caso aquí presentado de las mariposas Ithomiini, quedó entonces sujeto a la percepción del taxónomo y a la subjetividad del mismo, hasta que posteriormente nueva evidencia biológica fuera presentada para probar la efectividad del entrecruzamiento. No obstante, el entrecruzamiento entre especies diferentes (sin discusión taxonómica alguna para los taxónomos) en mariposas ocurre en diferentes grupos incluyendo los Ithomiini y particularmente el género *Mechanitis*. Las formas híbridas en *Mechanitis* ocurren incluso entre especies claramente definidas (Vasconcellos-Neto y Brown, 1882) donde el estatus de especie no se pone bajo interrogante alguno. Así pues serían de esperarse otros cruces interespecíficos entre poblaciones parapátricas que podrían merecer el estatus de especie, bajo un concepto diferente al concepto biológico de especie. El asumir especies politípicas en un grupo donde los cruces interespecíficos pueden ser frecuentes, podría menospreciar la diversidad en términos evolutivos y perder información biogeográfica importante para entender patrones de diversificación y especiación en el neotrópico. Ante este panorama Gill (2014) planteó abordar el problema taxonómico, con especies politípicas en aves desde una perspectiva diferente, en la cual propone que la necesidad de probar el aislamiento reproductivo esencial recaiga sobre la agrupación de taxa (probar que las poblaciones se cruzan libremente y tienen descendencia fértil sin mantener ningún otro mecanismo de aislamiento) y no sobre la separación de los mismos. En las aves el entrecruzamiento y las formas híbridas entre especies no hermanas, incluso pertenecientes a diferentes géneros, parece ser frecuente. Por ello, el comité de clasificación y nomenclatura de la Unión Americana de Ornitología (AOU, 1998) manifestó textualmente lo siguiente: *"Referente a la interpretación de la hibridación [para determinar si dos poblaciones deberían ser tratadas como especies separadas], hacemos énfasis en que un número importante de indiscutibles especies biológicas de aves retienen la capacidad, al menos limitada, de entrecruzar con otras especies . Por lo tanto, la ocurrencia ocasional de hibridación, incluso entre aves que el Comité ha reconocido desde hace tiempo como especies, de ninguna manera disminuye la realidad biológica de su aislamiento reproductivo esencial. En la práctica, el entrecruzamiento no ha sido el fundamento más fuerte para determinar la conespecificidad que algunos creen. Por lo tanto, aislamiento reproductivo esencial (ausencia de entrecruzamiento en condiciones naturales) en lugar del aislamiento reproductivo completo ha sido y continua siendo el criterio fundamental operativo para establecer el estatus de especie por los aquellos adheridos al concepto biológico de especies [es decir, "el concepto biológico de especie " de Mayr]. En particular, la hibridación de dos formas a través de estrechas y estables zonas de contacto - una vez vista como un criterio suficiente para el tratamiento como una sola especie- ahora es vista como la evidencia de la falta de libre entrecruzamiento. Como consecuencia, muchos pares de especies de aves que se fusionaron como un solo taxón la sexta edición* (edición anterior de la checklist de aves de Norte América) *[es decir, tratados como una sola especie] han sido separados nuevamente [es decir, tratados como dos especies distintas] en esta edición de la checklist".*

Ante esto, es claro que el concepto biológico de especies podría no ser el más adecuado para el estudio de estos grupos y así el planteamiento de Gill (2014) parecería también ser una buena forma de reevaluar la taxonomía de especies politípicas en mariposas y en otros grupos de insectos. De esta manera, probablemente el concepto filogenético de especie, y no el concepto biológico, sea el más adecuado para la reevaluación taxonómica del género *Mechanitis*. El concepto filogenético de especie tiene varias versiones según Coyne y Orr (2004) y particularmente en este trabajo se hará referencia a la segunda versión del mismo, que define una especie como el grupo monofilético más pequeño de ancestría común (de Queiroz and Donoghue 1988). De esta manera se pretende abordar el problema taxonómico en *Mechanitis*, sin que el entrecruzamiento ocasional entre especies sea una limitante conceptual para análisis de los datos y la evidencia recopilada.

Así pues, bajo una conceptualización clara del concepto de especie para abordar el problema taxonómico del grupo, se procedió al análisis conjunto de la evidencia recopilada, la cual se menciona a continuación.

Revisión de museos

Las colecciones entomológicas son sin duda la primera fuente de información en la cual se debe basar cualquier estudio taxonómico, incluso aún primero que los trabajos de recolecta, observación y toma de datos en el campo. La revisión de las colecciones entomológicas es así una primera fotografía general del problema a enfrentar, la cual puede proporcionar valiosa información previa al trabajo de campo. Para el trabajo particular con *Mechanitis* se revisaron y fotografiaron más de 3000 ejemplares en 12 colecciones entomológicas (7 nacionales y 5 internacionales). Se incluyó en cada fotografía una reglilla como escala y las etiquetas para la posterior digitalización de los datos de colecta del ejemplar, que permitieron la posterior elaboración de mapas iniciales de distribución de registros de colecta y la ubicación de marcas para estudios morfométricos.

Toma y depuración de datos geográficos

Existen páginas web especializadas donde pueden ser encontrados los datos de registros de colecta de muchas especies en casi cualquier grupo taxonómico (aj. GBIF). Para muchas especies de “fácil” identificación, dichas herramientas son de gran ayuda para el investigador interesado. No obstante, ante grupos cuya taxonomía es compleja y en los cuales existe una alta probabilidad de caer en errores en la identificación, es preferible el uso de datos en los cuales al menos una fotografía del espécimen sea proporcionada. En casos donde la taxonomía del ejemplar registrado no pueda ser verificada, es preferible entonces omitir el uso de dichos datos en los análisis de distribución. El uso de los registros de colecta para la elaboración de mapas generales de la distribución de las “especies” o subespecies, permite elaborar una imagen panorámica inicial del problema taxonómico. Teniendo en cuenta los procesos de especiación y la vicarianza como efecto moldeador de la diversificación, es de esperarse que *no todas las especies estén en cualquier lugar*. Así pues, la elaboración de mapas de puntos de registros, usando cualquier

programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) o elaborados a mano alzada como se hicieron tradicionalmente hace algunas décadas, proporciona una idea general de la distribución de los "nombres" en el espacio y así la elaboración de una hipótesis nula de trabajo. No obstante el uso de SIG en el análisis permite la depuración de registros de una manera mucho más precisa y el uso de herramientas que permiten definir por ejemplo, la altura máxima sobre el nivel del mar en la cual el grupo de interés o una especie en particular pueden distribuirse.

En el caso de *Mechanitis*, se alimentó una base de datos en una hoja de cálculo incluyendo los datos de colecta de cada ejemplar y las coordenadas geográficas del sitio de colecta, cuando estás estuvieron presentes en la etiqueta. Si la etiqueta de colecta del ejemplar no tenía información sobre dichas coordenadas se procedió a su búsqueda y asignación usando los datos de la localidad mediante la herramienta Google Earth® o páginas web especializadas. Posteriormente a la digitalización, fue necesario depurar y validar la información geográfica ingresada. Los datos fueron migrados al sistema de información geográfico DIVA-GIS versión 7.5.0.0. y allí se verificó la ubicación de los registros y se corrigieron las coordenadas geográficas mal asignadas. Se elaboraron mapas de los registros por subespecie en ArcGis 10.0 usando la información taxonómica depositada en las etiquetas o cajas de cada colección. Finalmente, se usó un modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 5 km, para obtener la información de altura de cada registro ingresado. Dicha información permitió realizar una depuración adicional usando la elevación sobre el nivel del mar y permitió establecer alturas máximas de distribución para las especies del género. Se eliminaron los registros con incertidumbre de ubicación superior a 20 km y aquellos cuya ubicación mostró alturas por encima de 2200 msnm según el DEM. Dichos registros fueron excluidos del proceso de modelación de nicho para la elaboración de mapas de distribución potencial.

Los datos depurados sumaron más de 5800 registros para en todo el ámbito de distribución del género. Los mapas de registros de colecta permitieron la identificación de subespecies que no cumplieron con la definición de razas geográficas (Fox 1955), dado el traslape evidente de los registros y de algunas otras que merecerían el estatus de especie a la luz de la nueva evidencia morfológica recopilada. La relevancia taxonómica de dichas subespecies, se evaluó usando los patrones de coloración (único caracter empleado para la descripción de especies y subespecies en *Mechanitis*), para establecer una nueva hipótesis taxonómica a ser evaluada a la luz de la nueva evidencia morfológica y ecológica.

Así pues, un primer análisis espacial de los datos permitió reevaluar la relevancia taxonómica de varias subespecies y construir una nueva hipótesis taxonómica soportada por la distribución geográfica de los registros de colecta para el grupo. De la misma forma, permitió identificar el llamado "*efecto botánico"* (ver Idárraga y Callejas 2011) que refleja un sesgo en el muestreo y colecta de los ejemplares correlacionado a las vías de acceso a las diferentes zonas (Autopistas, carreteras y ríos), lo cual parecería ser una constante en los diferentes grupos taxonómicos representados en los museos.

Caracteres morfológicos de adultos

Las formas adultas son sin duda las mejor representadas en todas las colecciones entomológicas del mundo, a excepción quizá de algunas especies de importancia médica o económica. Por dicha razón, gran parte de la taxonomía para muchos órdenes y familias de insectos se basan en los caracteres presentes en las formas adultas. Para las mariposas, dicha situación no es diferente. El patrón de coloración alar ha sido sin duda la principal fuente de caracteres para la identificación de las especies. Nijhout (2001), señaló que los patrones de coloración en las mariposas, presentan caracteres que permiten la evaluación de homologías y que son tan estables como lo serían caracteres en los huesos de vertebrados para el estudio de relaciones filogenéticas. Sin embargo, los escasos estudios que involucran el estudio de la variación fenotípica poblacional en mariposas, no permiten evaluar si esta condición es una constante para todos los grupos en el neotrópico y particularmente en aquellos grupos que se involucran en anillos miméticos. Por esta razón, se hace necesario buscar nuevas fuentes de caracteres morfológicos diferentes a los empleados tradicionalmente para el estudio del grupo, más aún cuando las formas inmaduras son desconocidas o poco estudiadas.

El género *Mechanitis* es uno de esos grupos en los cuales los patrones de coloración alar son altamente variables y es por esta razón por la cual Fox (1967) lo definió como un género de especies politípicas y cercanamente relacionadas. Por ello, fue necesaria la búsqueda de nuevos caracteres morfológicos que ayudaran a resolver la taxonomía del grupo. La obtención de caracteres de las formas adultas se realizó de dos maneras. La primera fue la revisión taxonómica de colecciones entomológicas, mencionada anteriormente, y la segunda fue la cría directa en campo de las formas inmaduras en hasta la obtención de las formas adultas. La obtención directa de formas adultas a partir de las crías permitió la evaluación de la variabilidad intraespecífica e intrapoblacional de las formas adultas y entender la parte de la historia que no cuentan los ejemplares una vez están depositados en una colección entomológica.

Los caracteres morfológicos obtenidos de las formas adultas y la forma de obtención de los mismos son descritos a continuación.

Patrón de coloración alar: Se emplearon las fotografías digitales tomadas en cada una de las colecciones entomológicas. De la misma manera se emplearon las imágenes de las series tipo depositadas en páginas web especializadas (Warren *et al.*, 2013. "Butterflies of America"), como punto de comparación. Se retomaron los caracteres especificados en revisiones anteriores y trabajos taxonómicos en el género (Fox 1967; Brown 1977; Hill *et al.*, 2012; Giraldo y Uribe 2012) y comparó la variación de los mismos en los ejemplares examinados en las distintas revisiones. Las variaciones encontradas en los patrones alares de *Mechanitis* demostraron que para este género, los caracteres procedentes de esta fuente de información deben ser analizados cautelosamente y estar filtrados por un análisis de la variación poblacional de los mismos. Las comparaciones entre los patrones alares de mariposas criadas procedentes de las mismas posturas obtenidas en campo, mostraron como la descripción de algunas subespecies del género están

basadas tan solo en variaciones al interior de las poblaciones que ninguna pertinencia tendrían bajo un contexto geográfico o evolutivo.

Variación cuantitativa del color en el patrón de coloración: el análisis espectrofotométrico del color, combinado con la microscopía electrónica de barrido, ha permitido la diferenciación cuantitativa en especies relacionadas de mariposas del género *Polyommatus* en la familia Lycaenidae (Bálint *et al.,* 2007). Asimismo, el análisis cuantitativo del color en mariposas pertenecientes a un mismo anillo mimético mulleriano, ha permitido identificar patrones de reconocimiento interespecífico entre las especies y el reconocimiento de un mismo anillo mimético por parte de los depredadores potenciales (Llaurens *et al.,* 2014). Así, esta fuente potencial de caracteres va más allá de ser una simple herramienta que permite la diferenciación taxonómica entre las especies y permite explorar la historia natural de los organismos en su entorno.

Como se mencionó anteriormente, el patrón de coloración es la principal forma de identificación en las especies del género *Mechanitis*. No obstante, la revisión morfológica de los ejemplares de museo y la observación en campo de las formas adultas, mostraron que podrían existir variaciones en la "intensidad" de los diferentes colores entre las diferentes especies. Por este motivo, se decidió estudiar el color desde una perspectiva más cuantitativa y menos subjetiva que la simple percepción del observador. Para ello se realizó un análisis espectrofotométrico de regiones que incluyeron tanto áreas oscuras (negras), amarillas, naranjas y blancas en las alas anteriores y posteriores, en ambas vistas y ambos sexos de cada taxa. Las mediciones se realizaron en la misma región sobre cada espécimen aprovechando las celdas originadas por las venas para la ubicación de dichas regiones. El análisis espectrofotométrico permitió medir las propiedades ópticas del color, medido como porcentaje de reflectancia. Las comparaciones se realizaron entre los 280 y 890 nm, que incluye el rango del espectro visible. Se elaboraron gráficos comparativos por color analizado entre todas las especies y entre diferentes taxa clasificados como una misma especie. De la mima forma, se compararon los diferentes espectros de especies simpátricas en Centro América, los valles interandinos, la Amazonía y la región de la Mata Atlántica. Los resultados obtenidos mostraron una amplia variación general entre los especímenes analizados que dificultarían la identificación de patrones útiles en la identificación. No obstante, algunas diferencias entre especies podrían ser identificadas cuando se analizan grupos de especies pequeños. La comparación entre especies que ocurren en simpatría permitió identificar diferencias en el porcentaje de reflectancia en algunos casos superiores al 50% para algunas regiones oscuras y amarillas de las alas de los machos. Sin embargo, es de anotar que el color en las alas depende también de factores ambientales, como el deterioro de las alas por maltrato o la edad de los especímenes, por lo cual trabajos posteriores deberían ser dirigidos a especímenes poco manipulados obtenidos idealmente de un proceso de cría. Aun así, esta primera aproximación al estudio del color desde una perspectiva cuantitativa y menos subjetiva en *Mechanitis,* es un punto de partida para futuros análisis exploratorios que comparen el color en poblaciones simpátricas de las diferentes especies y sugieren una fuente potencial de información

para el estudio de muchos otros grupos de insectos en los cuales el color puede ser un factor determinante en el reconocimiento de pareja o simplemente la mejor manera de diferenciar las especies por el taxónomo.

Patrones melánicos: El color en las alas, tal como el ojo de un depredador, una pareja potencial o simplemente un taxónomo interesado puede percibirlo, puede también ser afectado por la cantidad de melanina depositada en la membrana alar de un espécimen. La cantidad de melanina depositada en la membrana alar de un individuo, no solo puede afectar la apariencia del mismo, sino que también afecta la su termorregulación. En Europa, Hegna *et al.* (2013), encontraron efectos en reducción de aptitud Darwiniana (tradeoffs) entre el incremento de la melanización para favorecer la termorregulación y el aumento de la depredación de la polilla tigre (*Parasemia plantaginis* (Linnaeus, 1758) Erebidae: Arctiinae) en zonas más al norte de su distribución. Esto sugiere, que la melanización en el ala, aún bajo la cubierta de escamas en las alas, podría estar bajo efectos de selección natural y así ser un carácter importante para la diferenciación entre las especies y la adaptación de las mismas a condiciones ambientales particulares. Por este motivo, los patrones melánicos en las membranas de las alas fueron también estudiados en este trabajo. Para estudiar dichos patrones en *Mechanitis* fue necesario realizar la remoción de las escamas mediante un método químico, detallado en Giraldo y Uribe (2012). El desescamado se realizó para al menos un espécimen de cada sexo para cada grupo analizado. Aunque dicho carácter no mostró mucha variación en el género, se encontró que los machos de una de las especies no presentan patrón melánico bajo las escamas de la región oscura del ala posterior. Este carácter, no solo permitió la rápida identificación de los machos, de ejemplares desescamados de dicha especie, sino que genera también interrogantes sobre la biología de la especie en su ámbito de distribución y su relación con especies simpátricas miméticas.

Microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (MEB): la microscopía, principalmente la microscopía electrónica de barrido (MEB), ha sido empleada en estudios taxonómicos de mariposas para analizar la estructura de huevos (Llorente 2014), larvas (Motta 2003), estructuras genitales (Robbins y Glassberg 2013), escamas de las regiones androconiales (Willmot y Lamas 2006) y otras estructuras importantes en la liberación de feromonas (Rauser y Rutowski 2003). En este trabajo la microscopía óptica fue realizada para observar en detalle las diferentes regiones alares, en las diferentes especies. Este análisis permitió la identificación de los diferentes tipos de escamas y el establecimiento de diferencias entre las especies analizadas, en términos de composición y densidad de escamas. Por otro lado, la MEB fue empleada para estudiar la microestructura de las escamas de tres áreas seleccionadas, de las alas de los machos. La MEB permitió describir los diferentes tipos de escamas encontradas y realizar las mediciones de las mismas. Dichas observaciones permitieron establecer diferencias entre al menos tres grupos de especies en el género *Mechanitis.*

Morfometría geométrica: La descripción de las formas de manera cualitativa y el uso de proporciones en las medidas anatómicas fueron ampliamente usados en la taxonomía de insectos.

No obstante, los análisis geométricos son mucho más completos y poderosos que las simples observaciones cuantitativas (Bookstein 1978), resultando ser más útiles en el análisis de "landmarks", en la morfometría geométrica, que antiguos métodos de medir distancias lineales o ángulos en los caracteres de los organismos (Adams *et al.,* 2004). Breuker *et al.,* (2010), resumen de manera clara como los análisis morfométricos pueden ayudar a responder preguntas particulares en estudios de ecología evolutiva de mariposas y resaltan la relevancia ubicar los "landmarks" para dichos análisis sobre las venas de las alas, dada la importancia de la forma alar en el desempeño y evolución del grupo. Para el análisis morfométrico aquí presentado, se usaron las imágenes digitales, obtenidas a partir de la revisión de muesos, de adultos de ambos sexos de las diferentes especies. Un análisis exploratorio inicial sobre tres de las especies permitió identificar el ala anterior como la más informativa en términos taxonómicos, por lo cual esta fue seleccionada para el análisis taxonómico general. Fueron ubicados 17 landmarks sobre la terminación de las venas o sobre los cruces de las mismas en el ala. En total se analizaron 343 imágenes de hembras, que incluyeron 42 subespecies de las 47 descritas, y 354 imágenes de machos que incluyeron 39 de las 47 subespecies descritas. La variación de la forma fue analizada usando el método de superposición de Procrustes (Goodall 1991). Las diferencias entre las configuraciones promedio de cada grupo de análisis se analizaron mediante un análisis de variables canónicas (CVA) con reducción de PCA (análisis de componentes principales) y se realizaron pruebas de asignación de grupos de Jacknife. Los análisis mostraron que el estudio morfométrico de las alas anteriores en ambos sexos permitió la separación de grupos, en su mayoría, concordantes con la evidencia obtenida por otros métodos y el análisis de los patrones de coloración. Las pruebas de agrupación realizadas mostraron mejores porcentajes de asignación correcta bajo la nueva hipótesis taxonómica que bajo la hipótesis de clasificación actual. Estos resultados son recurrentes en todos los análisis elaborados al interior de las diferentes especies tanto para machos como para hembras. Los análisis morfométricos incluso permitieron encontrar identificaciones erróneas, que posteriormente fueron corroboradas con el patrón de coloración, para ejemplares comiméticos de especies crípticas. Los análisis al interior de las diferentes especies analizadas bajo la nueva hipótesis de clasificación mostraron en promedio un incremento en la asignación correcta de 29.34% para las hembras y 27.51% para los machos. No obstante, aun cuando la morfometría mostró ser útil para ayudar a resolver problemas taxonómicos en el género *Mechanitis*, debe ser usada con precaución dado que las variaciones en las formas alares también se encuentran afectadas por factores ambientales que podrían afectar la forma y diseño alar en muy pocas generaciones (Breuker *et al.,* 2010) y podrían identificar subdivisiones poblacionales que podrían no reflejar efectos de la cladogénesis en un grupo particular.

Estructuras genitales: El estudio de las estructuras genitales en insectos ha sido ampliamente empleado en trabajos taxonómicos, ya que es una fuente muy diversa de caracteres y permite revelar diferencias entre organismos que externamente son similares (Eberhard 1985). Por esta razón gran parte de la taxonomía en insectos ha sido elaborada a partir de caracteres aportados por las armaduras genitales de los machos (Córdoba 2000). Una de las tres hipótesis explicativas

de la evolución de la morfología genital es la hipótesis de llave – cerradura, que explica la morfología genital como mecanismo de aislamiento reproductivo entre las especies (Eberhard 1985; Arnqvist y Thornhill 1998), previniendo la aparición de híbridos de aptitud Darwiniana (fitness) reducida (Sota y Kubota 1998). Sin embargo, la existencia de híbridos entre algunas de las especies de *Mechanitis* (Vasconcelos-Neto y Brown 1982) manifiesta la falta de aislamiento precigótico entre las especies y evidencian la posible falta de diferenciación genital entre los machos de las diferentes especies. Aun así, bajo una nueva hipótesis taxonómica, se estudiaron nuevamente las estructuras genitales de los machos en los diferentes taxa. La nueva exploración de caracteres en las estructuras genitales permitió identificar al menos 5 caracteres con potencial en la identificación taxonómica de las especies del género. Probablemente, el uso de una hipótesis taxonómica que incluía varias especies como parte de un mismo grupo podría haber ocasionando una interpretación de "alta variabilidad" en las estructuras genitales y así llevar a describir estas como estructuras de poca utilidad para la discriminación taxonómica, en los trabajos de revisión previos. No obstante, la poca cantidad de especímenes machos para muchas de las especies no permitió evaluar la variabilidad de dichos caracteres en todos los grupos y se requerirá de nuevo trabajo en las diferentes especies para confirmar la utilidad taxonómica de los mismos. Así pues, una vez más es claro que un cambio en la hipótesis taxonómica evaluada inicialmente, puede traer a la luz caracteres útiles en la identificación no detectados previamente.

Caracteres morfológicos de estados inmaduros

La gran mayoría de ejemplares de insectos depositados en las colecciones entomológicas alrededor del mundo, están representadas por formas adultas. A excepción de algunos grupos particulares, como algunas familias en Diptera, poco se conoce sobre las formas inmaduras de muchos órdenes de insectos y de sus historias de vida. No obstante, en mariposas, los estados inmaduros parecen ser mucho mejor estudiados que en muchos otros grupos de insectos. Diversos trabajos han demostrado la utilidad de los caracteres de estados inmaduros en el estudio taxonómico de mariposas, considerando la forma, color y tamaño de cápsulas cefálicas, la quetotaxia del primer estadío larval, la ultraestructura del corión y la coloración de las larvas (Rougerie y Estradel 2008). Por ejemplo, Burns *et al.*(2008) encontraron que la información referente a la asociación con plantas hospedantes y los caracteres de los estados inmaduros fueron de mayor utilidad que los caracteres morfológicos de las formas adultas para la diferenciación de especies crípticas del género *Perichares* (Lepidoptera: Hesperiidae).

En este trabajo la obtención de caracteres de las formas inmaduras se realizó principalmente mediante la cría directa de estados inmaduros en el campo y el uso de información secundaria. Los estados inmaduros, aunque más difíciles de obtener y estudiar, mostraron al menos 5 caracteres útiles para la identificación de 9 especies de las cuales se pudo obtener información. En muchos casos la identificación de las especies a nivel local, usando los caracteres de los estados inmaduros, mostró ser mucho más fácil que con las formas adultas, lo cual resalta el aporte de información taxonómica valiosa en las formas inmaduras. Asimismo, atributos comportamentales como la posición de la postura y la cantidad de huevos en la misma, mostraron

ser útiles en la identificación local de las especies, corroborando lo encontrado en trabajos previos (Hill *et al.,* 2012; Giraldo y Uribe 2012)

Uso de datos genéticos

La utilización del fragmento "barcode" para la identificación molecular de especies es un tema de fuerte discusión y controversia como se mencionó anteriormente (Ver Ebach *et al.,* 2008; Packer *et al.,* 2009). Sus detractores afirman que es un método simplista y reduccionista que no refleja la diversidad innata de las entidades biológicas, como lo hace la morfología (Ebach *et al.,* 2008), y además que no podría identificar especies adecuadamente. Por otro lado, sus promotores afirman que el "barcode" no pretende construir el árbol de la vida, ni realizar taxonomía molecular (Hebert *et al.,* 2003; 2004), sino ser una herramienta simple de diagnóstico para integrar al conocimiento taxonómico tradicional, usando una librería común de referencia (Schindel y Miller 2005). Sin duda, dada las librerías existentes en la actualidad que llegan a 2.175.590 secuencias de 62.343 "especies" animales bajo taxonomía provisional (Ratnasingham y Hebert 2007), las secuencias barcode siguen siendo las más empleadas actualmente para apoyar estudios de taxonomía integrativa. No obstante, cualquier otro tipo de información genética disponible que apoye este tipo de estudios debería ser tenida en cuenta.

Para el caso del estudio taxonómico de *Mechanitis,* además de las secuencias disponibles de ADN de la región barcode, se contó con información genética adicional fueron obtenidos dados genéticos provenientes de los trabajos de Brown *et al.* (2004), quienes estudiaron el número cromosómico de varias especies de la subfamilia Danainae, incluyendo muchas de las especies de *Mechanitis.* La mayoría de las secuencias de COI fueron obtenidas localmente en trabajos previos (Giraldo y Uribe 2012) y por aportes de especialistas en el grupo vinculados a este trabajo taxonómico, sin embargo para algunas especies faltantes dichas secuencias se obtuvieron de genebank, cuyos especímenes voucher pudieron ser corroborados.

Las secuencias del gen mitocondrial COI permitieron la diferenciación de 9 de las 13 especies evaluadas bajo la nueva hipótesis taxonómica. Para dos pares de especies, se encontraron haplotipos iguales o muy similares cuyas distancias genéticas calculadas no reflejan la diferenciación de las especies. Sin embargo, esta situación parece ser frecuente en aves donde los cruces interespecíficos e intergenéricos parecen ocurrir ocasionalmente (Gill 2014). Para este autor, el hecho que dos poblaciones de organismos hibridicen ocasionalmente en sus zonas de contacto e incluso compartan parte de su genoma, no implica que sean una misma especie, si muchos otros atributos ecológicos y comportamentales las diferencian. En *Mechanitis* las formas híbridas han sido reportadas entre varias especies (Vasconcellos-Neto y Brown 1982; Neild 2008; Dasmahapatra *et al.* 2010). Así pues, la ocurrencia de formas híbridas reportada en aves puede ser también una situación frecuente en mariposas. Estudios recientes han mostrado que la hibridación y la introgresión han jugado un importante papel en la radiación adaptativa de especies miméticas del género *Heliconius* (Heliconius Genome Consortium 2012). De esta forma, la evidencia de introgresión y la escasa distancia genética encontrada en el género, podría

no ser vista como un criterio de agrupación taxonómica, sino como la evidencia de un importante motor de la diversificación y evolución del género.

Los números cromosómicos estudiados por Brown *et al.* (2004), permitieron también realizar la separación de al menos 8 de las 13 especies propuestas. Sin embargo, estudio detallado de los datos originales de dicha publicación podrían permitir la diferenciación de especies adicionales.

Patrones de distribución geográfica

En mariposas, uno de los trabajos en biogeografía más reciente para el neotrópico fue realizado para el género *Morpho* (Blandin y Purser, 2013). En él los autores relacionan directamente la evolución y diversificación del género con la historia geológica y la formación de las áreas de la región. Para la tribu Ithomiini, los trabajos de Elias *et al.* (2009), estudiando los géneros *Napeogenes* e *Ithomia*, y de de-Silva *et al.*(2010), estudiando la subtribu Olerina, relacionan los cambios geológicos debidos al levantamiento de los Andes con la diversificación de los grupos y resaltan también la importancia de procesos diferentes a la vicarianza como modeladores de la diversificación en este grupo de mariposas neotropicales. Es dicho trabajo, se resalta la importancia de los Andes como una barrera geográfica importante en los procesos de especiación del grupo y como consecuencia se generaron cambios en su taxonomía, donde varias subespecies adquirieron el estatus de especie. Para *Mechanitis* particularmente, los mapas de distribución geográfica disponibles fueron publicados hace más de 30 años (Fox 1967; Brown 1977), no obstante dadas las imprecisiones en la identificación y la evidente necesidad de nuevas revisiones taxonómicas, dichos mapas de distribución debieron ser actualizados a la luz de nueva evidencia taxonómica. Para la elaboración de los nuevos mapas de distribución geográfica, se empleó la modelación de nicho ecológico. El modelamiento de nicho ecológico (MNE) permite determinar los predictores ambientales más importantes en la distribución potencial de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000). Su propósito, es identificar lugares viables para la supervivencia de una especie, identificando los requerimientos ambientales de la misma. Es una técnica usada para estimar áreas de distribución actual y/o potencial, o los hábitats potenciales para una especie dada, usando registros de presencia (Soberon y Nakamura 2009). En este caso, los MNE, fueron usados para estimar la distribución potencial de cada una de las especies analizadas bajo la nueva hipótesis taxonómica. Las variables ambientales empleadas en la modelación fueron las 19 variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), a una resolución de 2,5 minutos. (5km aprox) y delimitadas al neotrópico usando ArcGis 10.0. El algoritmo usado para realizar la predicción climática emplea el principio de máxima entropía y fue implementado en el programa Maxent 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006). Los resultados binarios de la modelación fueron importados al programa Arcgis 10.0. para su edición posterior y se compararon también con las capas biogeográficas de Löwenberg-Neto (2014), elaboradas de la regiones biogeográficas de Morrone (2014) y con las ecorregiones de WWF (Olson 2004). Finalmente se seleccionaron las áreas máximas de distribución para cada especie y fueron excluidos los pixeles de presencia predichos que quedaron por fuera de dichas áreas.

El análisis geográfico reflejó las denominadas distribuciones Cis-Andina y Trans-Andina, al sureste y noroeste de la cordillera occidental de los andes respectivamente, para diferentes especies de *Mechanitis*, tal como ha sido reportado para otros grupos de mariposas neotropicales (Blandin y Purser 2013; Elias *et al.*, 2009; de-Silva *et al.*, 2010). En este caso, 6 especies revelaron una distribución Trans-Andina y 7 distribución Cis-Andina. El análisis permitió identificar varias zonas de contacto potencial entre especies donde podría existir entrecruzamiento ocasional. Dichas zonas son de especial interés para estudiar aspectos como el uso diferencial de plantas hospedantes, la ocurrencia de formas híbridas y el efecto de la depredación sobre las mismas. Asimismo, los análisis de las variables ambientales más importantes en la modelación de nicho, para especies emparentadas donde la delimitación de las especies fue difícil, reflejó diferencias ambientales que podrían ser importantes a la hora de entender la diferenciación en el espacio ecológico de las dos especies y soportar la idea de que poseen historias evolutivas diferentes.

Evidencia resumida

El análisis integral de la información recopilada y el uso de una hipótesis nula de clasificación, formulada desde el concepto filogenético de especie, permitió entonces dar una nueva aproximación al problema taxonómico del género *Mechanitis*. Aun cuando no fue posible el estudio de todos los taxa (47 subespecies) descritos y aceptados para género, la evidencia recopilada de la examinación de la mayoría de ellos, permitió proponer una nueva clasificación, con algunos arreglos particulares en la nomenclatura del mismo que reducen sustancialmente el número de subespecies y nombres válidos para el grupo. Esta clasificación está soportada por una hipótesis filogenética y ámbitos de distribución específicos para cada grupo. Asimismo, integrando la información recopilada bajo una perspectiva geográfica, fue posible construir una nueva clave taxonómica para la identificación de las diferentes especies del género. Esta clave taxonómica emplea los caracteres morfológicos más estables del patrón de coloración alar y la distribución geográfica de los diferentes grupos. Aun cuando otros caracteres, diferentes a aquellos del patrón de coloración alar, fueron encontrados útiles en la identificación de las especies, se usaron dichos caracteres para permitir una rápida identificación en campo de las diferentes especies. Esta clave permite identificar en campo o en laboratorio las 13 especies propuestas para el género usando ejemplares de cualquier sexo en cualquier región del ámbito de distribución del género. Para la elaboración de la misma se tuvo en cuenta la variación observadas en las diferentes especies en los más de 3000 ejemplares fotografiados en las diferentes colecciones revisadas.

La incorporación del contexto geográfico en los trabajos taxonómicos permite entender, no solo los ámbitos de distribución de grupos taxonómicos complejos, sino también los patrones de diversificación y especiación bajo una panorámica evolutiva, donde la historia de la vida se puede relacionar directamente con la historia geológica de las áreas donde los organismos se distribuyen.

Este trabajo contribuye así al conocimiento de la sistemática de un grupo taxonómicamente complejo y se espera sea un punto de comparación para el estudio de otros grupos cuya variación y diversificación reflejen la riqueza de formas y la rápida diversificación de la vida en la región neotropical.

Anotaciones finales

El estudio de problemas taxonómicos complejos en insectos, y probablemente en muchos otros grupos, podría requerir el retornar a las raíces de la observación tal como muchos maestros naturalistas lo ejemplificaron hace varios siglos. La interdisciplinariedad de los naturalistas en el pasado, reflejan su visión integral de la vida, incluso cuando la evolución no fue un tema de preocupación en esa época. Es el caso de Gregorio Mendel y sus aportes a la genética como hoy la conocemos por la aplicación de sus conocimientos en matemáticas a un problema biológico; o las observaciones de Robert Hooke a quien se le deben el nombre y las primeras observaciones de la célula, pero también reconocido por sus aportes en la física gravitacional y la ley de la elasticidad o Daniel Bernoulli, conocido ampliamente en la física por sus aportes a la mecánica de fluidos, pero a quien se debe el desarrollo de la teoría "bet-hedging" o reducción del costo bajo estrategias conservativas, la cual ha sido un gran aporte al estudio de los atributos de historias de vida y estrategias reproductivas en todos los grupos taxonómicos. En la actualidad el uso de técnicas avanzadas de última generación es mucho más accesible que hace algunas décadas y el avance en las formas de comunicación permiten contactar al instante profesionales que trabajan en muchas otras áreas de la ciencia que podrían ser de gran aporte al estudio de la taxonomía en insectos.

El manipular, medir e incluso sólo observar organismos vivos o su comportamiento, acarrea consigo una dificultad inherente que hace referencia a la autonomía, condición inevitable de los seres vivos. Por este motivo, muchos conceptos en biología y ecología deberían ser enmarcados y entendidos como el estudio de patrones y así, aceptar que conceptos únicos y planteamientos hipotéticos están y estarán lejos de ser leyes, como las empleadas para entender fenómenos físicos, ya que de ser así violarían el principio básico de la autonomía en la vida. Así pues, aceptando las limitaciones de nuestro entendimiento y aceptando el supuesto de autonomía, se podrían reanalizar muchos conceptos en biología bajo una mirada menos antropocéntrica entendiendo la vida como sistemas complejos interrelacionados y procesos, y no como eventos aislados o estáticos.

REFERENCIAS

Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. Italian Journal of Zoology 71(1): 5-16.

[AOU] The American Ornithologists' Union. (1998). Check-list of North American birds, 7th edition. AOU Press. Lawrence, Kansas. 829 p.

Arnqvist, G., & Thornhill, R. 1998. Evolution of animal genitalia: patterns of phenotypic and genotypic variation and condition dependence of genital and non-genital morphology in water strider (Heteroptera: Gerridae: Insecta). Genetical Research 71(03): 193-212.

Barão, K. R., Gonçalves, G. L., Mielke, O. H., Kronforst, M. R., & Moreira, G. R. 2014. Species boundaries in *Philaethria* butterflies: an integrative taxonomic analysis based on genitalia ultrastructure, wing geometric morphometrics, DNA sequences, and amplified fragment length polymorphisms. Zoological Journal of the Linnean Society 170(4): 690-709.

Blandin, P., & Purser, B. 2013. Evolution and diversification of Neotropical butterflies: Insights from the biogeography and phylogeny of the genus *Morpho* Fabricius, 1807 (Nymphalidae: Morphinae), with a review of the geodynamics of South America. Tropical Lepidoptera Research 23(2): 62-85.

Boero, F. 2010. The study of species in the era of biodiversity: a tale of stupidity. Diversity 2(1): 115-126.

Bookstein, F. L. 1978. The measurement of biological shape and shape change. Lecture Notes in Biomathematics 24. Springer-Verlag, 191 pp.

Breuker, C. J., Gibbs, M., Van Dongen, S., Merckx, T., & Van Dyck, H. 2010. The use of geometric morphometrics in studying butterfly wings in an evolutionary ecological context. Evolutionary Ecology 23: 473-485.

Briscoe, A. D., Bybee, S. M., Bernard, G. D., Yuan, F., Sison-Mangus, M. P., Reed, R. D., Warren, A. D., Llorente-Bousquets, J. & Chiao, C. C. 2010. Positive selection of a duplicated UV-sensitive visual pigment coincides with wing pigment evolution in *Heliconius* butterflies. Proceedings of the National Academy of Sciences 107(8): 3628-3633.

Brown Jr, K. S. 1977. Geographical patterns of evolution in neotropical Lepidoptera: differentiation of the species of *Melinaea* and *Mechanitis* (Nymphalidae, Ithomiinae). Patrones geográficos de evolución en Lepidoptera neotropicales: dfferenciación de las especies de Me*l*inaea y *Mechanitis* (Nymphalidae, Ithomiinae). Systematic Entomology 2: 161-197.

Brown Jr, K. S., & Freitas, A. V. L. 2002. Butterfly communities of urban forest fragments in Campinas, São Paulo, Brazil: structure, instability, environmental correlates, and conservation. Journal of Insect Conservation 6(4): 217-231.

Córdoba, A. 2000. Evolución y diversidad de la morfología de los genitales masculinos de insectos. Folia Entomológica Mexicana 110: 95-111.

Coyne, J. A., & Orr, H. A. 2004. Speciation (Vol. 37). Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Ebach, M. C., Williams, D. M., & Gill, A. C. 2008. O Cladistics, Where Art Thou?. Cladistics 24(6): 851-852.

Eberhard, W. G. 1985. Sexual selection and animal genitalia. Harvard University Press.

Edwards, J. G. 1954. A new approach to infraspecific categories. Systematic Biology 3(1): 1-20.

Elias, M., Gompert, Z., Jiggins, C., & Willmott, K. 2008. Mutualistic interactions drive ecological niche convergence in a diverse butterfly community. PLoS biology 6(12): e300

Dayrat, B. 2005. Towards integrative taxonomy. Biological Journal of the Linnean Society 85(3): 407-415.

de Queiroz, K., & Donoghue, M. J. 1988. Phylogenetic systematics and the species problem. Cladistics 4(4): 317-338.

de-Silva, D. L., Day, J. J., Elias, M., Willmott, K., Whinnett, A., & Mallet, J. 2010. Molecular phylogenetics of the neotropical butterfly subtribe *Oleriina* (Nymphalidae: Danainae: Ithomiini). Molecular Phylogenetics and Evolution 55(3): 1032-1041.

Dincă, V., Dapporto, L., & Vila, R. 2011. A combined genetic-morphometric analysis unravels the complex biogeographical history of *Polyommatus icarus* and *Polyommatus celina* Common Blue butterflies. Molecular Ecology 20(18): 3921-3935.

Elias, M., Hill, R. I., Willmott, K. R., Dasmahapatra, K. K., Brower, A. V., Mallet, J., & Jiggins, C. D. 2007. Limited performance of DNA barcoding in a diverse community of tropical butterflies. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 274(1627): 2881-2889.

Erwin, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. Coleopterists Bulletin 36(1): 74-75.

Fox, R. 1955. On subspecies. Systematic Zoology 4(2): 93-95.

Fox, R. 1967. A monograph of the Ithomiidae (Lepidoptera) Part III. The tribe Mechanitini Fox. Memories of the American Entomological Society 22: 190 p.

Gill, F. B. 2014. Species taxonomy of birds: Which null hypothesis?. The Auk 131(2): 150-161.

Giraldo, C. E., Ramírez-Restrepo, L., Escobar, F., & Uribe, S. 2014. Life cycle and host plants of *Mechanitis menapis doryssus* 1 (Danainae: Ithomiini) in Mexico. Southwestern Entomologist 39(4): 761-772.

Giraldo, C. E., & Uribe, S. I. 2012. Taxonomy of *Mechanitis* (F.) (Lepidoptera: Nymphalidae) from the West Colombian Andes: an Integrative Approach. Neotropical Entomology 41(6): 472-484.

Goodall, C. 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) p. 285-339.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling 135(2): 147-186.

Hebert, P. D., Cywinska, A., & Ball, S. L. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 270(1512): 313-321.

Hebert, P. D., Penton, E. H., Burns, J. M., Janzen, D. H., & Hallwachs, W. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101(41): 14812-14817.

Hegna, R. H., Nokelainen, O., Hegna, J. R., & Mappes, J. 2013. To quiver or to shiver: increased melanization benefits thermoregulation, but reduces warning signal efficacy in the wood tiger moth. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 280(1755): 20122812.

Heliconius Genome Consortium. 2012. Butterfly genome reveals promiscuous exchange of mimicry adaptations among species. Nature 487(7405): 94-98.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25(15): 1965-1978.

Hill, R. I., Elias, M., Dasmahapatra, K. K., Jiggins, C. D., Koong, V., Willmott, K. R., & Mallet, J. 2012. Ecologically relevant cryptic species in the highly polymorphic Amazonian butterfly *Mechanitis mazaeus* sl (Lepidoptera: Nymphalidae; Ithomiini). Biological Journal of the Linnean Society 106(3): 540-560.

Idárraga, P. A., & Callejas, P. R. 2011. Análisis florístico de la vegetación del departamento de Antioquia. En: Idárraga P., A., RC Ortiz, R. Callejas, and M. Merello (eds.). Flora de Antioquia: Catálogo de las plantas vasculares, 2: 271p.

Janzen, D. H, Hallwachs, W., Blandin, P., Burns, J. M., Cadiou, J., Chacon, I., Dapkey, T., Deans, A. R., Epstein, M. E., Espinoza, B., Franclemont, J. G., Haber, W. A., Hajibabaei, M., Hall, J. P., Hebert, P. D., Gauld, I. D., Harvey, D. J., Hausmann, A., Kitching, I. J., Lafontaine, D., Landry, J. F., Lemair, C., Miller, J. Miller, J. S., Miller, L. Miller, S. E., Montero, J., Munroe, E., Green, S. R., Ratnasingham, S., Rawlins, J. E., Robbins, R. K., Rodriguez, J. J., Rougerie, R., Sharkey, M. J., Smith, M. A., Solis, M. A., Sullivan, J. B., Thiaucourt, P., Wahl, D. B., Weller, S. J., Whitfield, J. B., Willmott, K. R., Wood, D. M., Woodley, N. E., Wilson, J. J. 2009. Integration of DNA barcoding into an ongoing inventory of complex tropical biodiversity. Molecular Ecology Resources 9(s1): 1-26.

Lamas, G. 2004. (ed.) Checklist: Part 4ª Hesperioidea-Papilionoidea (in) Atlas of Neotropical Lepidoptera.. ATL. & Scient. Publ. FL. 439 p.

Llaurens, V., Joron, M., & Théry, M. 2014. Cryptic differences in colour among Müllerian mimics: how can the visual capacities of predators and prey shape the evolution of wing colours?. Journal of Evolutionary Biology 27(3): 531-540.

Llorente, J. 2014. La estructura coriónica en los huevos de las mariposas. En: Asociación Colombiana de Zoología. La biodiversidad sensible: patrimonio natural irreemplazable. IV Congreso Colombiano de Zoología. Libro de resúmenes. Asociación Colombiana de Zoología. Disponible en línea: www.congresocolombianodezoologia.org/www. acz colombia.org.context. En Morphometrics for Nonmorphometricians (pp. 271-287). Springer Berlin Heidelberg.

Loewenberg-Neto, P. 2014. Neotropical region: a shapefile of Morrone's (2014) biogeographical regionalisation. Zootaxa 3802(2): 300-300.

Motta, P. C. 2003. Phylogenetic relationships of Ithomiinae based on first-instar larvae. butterflies: ecology and evolution taking flight. University of Chicago, Chicago. 409-429.

Morrone, J. J. 2014. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. Zootaxa 3782(1): 1-110.

Nijhout, H. F. 2001. Origin of butterfly wing patterns. En: Wagner, G. A. The Character Concept in Evolutionary Biology. Academic Press, pp.511-529.

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C., D'amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Taylor, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. BioScience 51(11): 933-938.

Packer, L., Gibbs, J., Sheffield, C., & Hanner, R. 2009. DNA barcoding and the mediocrity of morphology. Molecular Ecology Resources 9(s1): 42-50.

Ratnasingham, S. & Hebert, P. D. N. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). Molecular Ecology Notes 7, 355-364. DOI: 10.1111/j.1471-8286.2006.01678.x

Rauser, C. L., & Rutowski, R. L. 2003. Male-specific structures on the wings of the Gulf Fritillary butterfly, *Agraulis vanillae* (Nymphalidae). Journal-Lepidopterists Society 57(4): 279-283.

Robbins, R. K., & Glassberg, J. 2013. A butterfly with olive green eyes discovered in the United States and the Neotropics (Lepidoptera, Lycaenidae, Eumaeini). ZooKeys (305): 1.

Rougerie, R., & Estradel, Y. 2008. Morphology of the preimaginal stages of the African emperor moth *Bunaeopsis licharbas* (Maassen and Weyding): phylogenetically informative characters within the Saturniinae (Lepidoptera: Saturniidae). Journal of Morphology 269(2): 207-232.

Schindel, D. E., & Miller, S. E. 2005. DNA barcoding a useful tool for taxonomists. Nature 435(7038): 17-17.

Stork, N. 2009. Biodiversity. En: Resh, V. H., & Cardé, R. T. (Eds.). Encyclopedia of insects. Academic Press.

Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(Supplement 2): 19644-19650.

Sota, T., & Kubota, K. 1998. Genital lock-and-key as a selective agent against hybridization. Evolution pp. 1507-1513.

Vasconcellos-Neto J, Brown K. 1982. Interspecific hybridization in *Mechanitis* butterflies: a novel pathway for the breakdown of isolating mechanisms. Biotropica 14(4): 288–294.

Warren, A. D., Davis, K. J., Stangeland, E. M., Pelham, J. P., & Grishin, N. V. 2013. Illustrated Lists of American Butterflies. http://www.butterfliesofamerica.com/

Whitworth, T. L., Dawson, R. D., Magalon, H., & Baudry, E. 2007. DNA barcoding cannot reliably identify species of the blowfly genus *Protocalliphora* (Diptera: Calliphoridae). Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 274(1619): 1731-1739.

Will, K. W., Mishler, B. D., & Wheeler, Q. D. 2005. The perils of DNA barcoding and the need for integrative taxonomy. Systematic Biology 54(5): 844-851.

Willmott, K. R., & Freitas, A. V. 2006. Higher-level phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. Cladistics 22(4): 297-368.

Willmott, K. R., & Lamas, G. 2006. A phylogenetic reassessment of *Hyalenna* Forbes and *Dircenna* Doubleday, with a revision of *Hyalenna* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). Systematic Entomology 31(3): 419-468.

Wilson, E. O., & Brown, W. L. 1953. The subspecies concept and its taxonomic application. Systematic Zoology 2(3): 97-111.

WWF (2014). WWF-Australia. Pagina web. Consultada Abril/2014. Disponible en: http://www.wwf.org.au/our_work/saving_the_natural_world/what_is_biodiversity/

SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA FITOSANITARIO. CASO MÉXICO

María Guadalupe Galindo Mendoza[1]; Luis Alberto Olvera Vargas[1]; Carlos Contreras Servín[1]

[1] Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria – Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.- luisolveravargas@hotmail.com; olvera@uaslp.mx

RESUMEN

La protección del medio ambiente, de los recursos naturales y de la salud humana está en estrecha relación con las actividades que se desarrollan en el sector agropecuario y particularmente con las medidas de prevención, control y erradicación de las plagas y enfermedades de los vegetales y animales que afectan la producción nacional. Recientemente la globalización de los mercados ha traído consigo la caída de las barreras arancelarias, pero ha incrementado la importancia de las barreras sanitarias y de inocuidad como mecanismo de protección ante el posible ingreso de plagas, así como para la protección de los consumidores ante el riesgo de contaminación de alimentos de origen agropecuario. Dentro de este contexto, en México, existen sectores en donde la producción agrícola tiene un buen nivel de tecnificación y de competitividad, pero en cambio, existen otros sectores en donde la falta de políticas que impulsen la innovación tecnológica mediante la investigación se refleja en la utilización de prácticas tecnológicas obsoletas y poco competitivas para la producción rural, lo que se traduce en bajos niveles de productividad y rentabilidad. Para evitar la introducción de plagas y enfermedades en México, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha creado programas de inspección y control de la movilización en el territorio nacional mediante programas de vigilancia y atención de contingencias de sanidad vegetal, ya que es necesario conservar y mejorar las condiciones sanitarias de las regiones agrícolas, mediante programas de diagnóstico, prevención, control y erradicación de plagas, coadyuvar en la ampliación de oportunidades para el comercio internacional de productos agropecuarios mexicanos, mediante el establecimiento de normas con homologación a los parámetros internacionales. Con base en las consideraciones anteriores, se ha considerado necesario instituir en México el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF) a fin de impulsar e instrumentar acciones que contribuyan al desarrollo integral de la sanidad vegetal de nuestro país.

INTRODUCCIÓN

La vigilancia epidemiológica fitosanitaria es la observación sistemática para detectar la presencia o ausencia de plagas y su comportamiento, dentro del territorio nacional. Con el fin de perfilar el desarrollo de metodologías y esquemas de trabajo estandarizados en sistemas de vigilancia,

monitoreo y alerta de plagas con herramientas geomáticas que promuevan y faciliten el uso, análisis, interpretación e integración de la información geográfica con acciones fitosanitarias en la creación de un mapeo fitosanitario digitalizado, para el pronóstico de plagas agrícolas como herramientas en la resolución de estudios de caso. Las plagas se pueden considerar especies invasoras que pueden reducir los rendimientos de la agricultura. Además de que suponen una grave amenaza económica, por las afectaciones en los sistemas producto agrícola, y el alto costo para combatir el impacto de las plagas y lo que cuesta su erradicación. Una de las principales vías de entrada de plagas y enfermedades vegetales está relacionada, directa o indirectamente, con el comercio. El rápido crecimiento de las actividades comerciales y de transporte favorece la introducción de plagas y enfermedades, además de aumentar las presiones ambientales. Debido al comercio y transporte internacional nuevas especies se están trasladando, intencionadamente o no, de un continente a otro y están encontrando su hogar en lugares antes impensables, desplazando a sus antiguos habitantes. La movilización de mercancías de origen vegetal, sus productos y subproductos a través del intercambio comercial, conllevan un riesgo fitosanitario implícito por la posible diseminación de plagas y enfermedades, lo que hace forzoso determinar las medidas de control fitosanitario más adecuadas. Dentro de este contexto, el gobierno mexicano considera importante apoyarse en centros de investigación y enseñanza para la generación de metodologías, sistemas, lineamientos y protocolos que permitan el desarrollo de estrategias y herramientas para el monitoreo y alerta de plagas con enfoque epidemiológico, creando una metodología con sustento científico, con la participación de diversas disciplinas del conocimiento, en un esquema interinstitucional cuyas metodologías puedan ser extrapoladas hacia otras regiones del país (Galindo, 2011).

Para evitar la introducción de plagas y enfermedades la SAGARPA ha creado programas de inspección y control de la movilización en el territorio mexicano mediante programas de vigilancia y atención de contingencias de las condiciones sanitarias de las regiones agrícolas, mediante programas de diagnóstico, prevención, control y erradicación de plagas, coadyuvar en la ampliación de oportunidades para el comercio internacional de productos agropecuarios mexicanos, mediante el establecimiento de normas con homologación a los parámetros internacionales. Así, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), para dar cumplimiento con una de las responsabilidades de la SAGARPA, establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 de México, que es “Proteger al país de plagas y enfermedades y mejorar la situación sanitaria, garantizando la aplicación de la normatividad vigente en materia de sanidad e inocuidad agroalimentaria y mejorarla permanentemente para mantener el reconocimiento a nuestros status sanitarios por parte de los mercados globales” y que tiene como misión integrar las acciones de vigilancia epidemiológica fitosanitaria del sector gubernamental, la comunidad científica y los productores agrícolas, para ofrecer una plataforma informática sustentada en bases científicas sólidas con el uso de la mejor tecnología, que proporcione elementos técnicos de calidad que de soporte a las políticas públicas y las acciones de los productores en la prevención, control y/o erradicación de plagas reglamentadas. El SINAVEF, es un sistema conformado por un grupo interdisciplinario de

personas, entre las cuales se encuentran científicos especializados y conocedores en la materia de sanidad vegetal; el cual lleva por tarea la constante observación y vigilancia, monitoreo y alerta de plagas con enfoque epidemiológico, y sus objetivos son los siguientes: a) Conocer la situación fitosanitaria en México para salvaguardar el patrimonio agrícola y mantener la seguridad alimentaria del país mediante el ejercicio de la regulación, inspección, vigilancia, monitoreo y alerta que fortalezcan la competitividad comercial de los productos mexicanos en el mercado interno y externo en la red de valor de la sanidad vegetal como bien público; b) Determinar el estatus fitosanitario de plagas reglamentadas y de las amenazas fitosanitarias no presentes en los cultivos mediante prospecciones espaciales y temporales a nivel nacional, con la finalidad de contar con un mapeo fitosanitario e incorporar los datos resultantes a una plataforma informática vía web, como el sistema de trabajo a aplicar en los programas fitosanitarios con enfoque epidemiológico; c) Establecer metodologías y esquemas de trabajo con soporte técnico y científico en sistemas de monitoreo y alerta de plagas, para que mediante el uso de herramientas tecnológicas se promuevan el análisis, interpretación e integración de la información geográfica con acciones fitosanitarias en la creación de un mapeo fitosanitario digitalizado para el pronóstico de plagas agrícolas, como herramientas en la resolución de estudios de caso.

INVENTARIO NACIONAL DE PLAGAS REGLAMENTADAS

El intercambio comercial internacional, incrementa la posibilidad de introducción de plagas cuarentenarias, por lo que es necesario determinar las plagas involucradas en la importación de productos agrícolas, así como fortalecer la protección del país mediante acciones de inspección, certificación y vigilancia, y prever medidas fitosanitarias emergentes en caso de la detección de alguna plaga. El sector agropecuario es un área estratégica debido a que asegura la provisión de alimentos y reduce la dependencia alimentaria sobre las importaciones. Las aportaciones de los sectores agropecuarios a la economía de los países son muy diversas, en función de la disponibilidad de recursos naturales y de su uso racional. A nivel internacional, el fomento a las exportaciones se ha convertido en una de las principales prioridades de los países que cuentan con el potencial para producir alimentos de calidad. Una lista o inventario de plagas es un requisito o principio operativo establecido en la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) (FAO, 1997). En la ley Federal de Sanidad Vegetal, se establecen varias atribuciones de la SAGARPA como Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), entre ellas, la de evaluar los niveles de riesgo fitosanitario de una plaga de interés cuarentenario, con el propósito de determinar si debe ser reglamentada a través de un análisis de riesgo (DOF, 2007a). En este sentido, se deben realizar cumplimiento de los niveles adecuados de protección fitosanitaria acordados entre los países, ya que de lo contrario las consecuencias afectarían la producción agrícola nacional, la calidad del producto, el cierre de mercados y la imposición de barreras fitosanitarias no justificadas arrojando grandes pérdidas económicas. Todo ello, en concordancia con los principios básicos y operativos consagrados en el Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial de Comercio (OMC) (FAO, 2006a). Asimismo, se debe promueve y supervisar la operación de las principales campañas fitosanitarias

para el control y la erradicación de plagas de importancia cuarentenaria o económica presentes en el país, a fin de incrementar el número de zonas libres o de baja prevalencia que permitan mejorar la productividad y calidad de los productos.

PRIORIZACIÓN EPIDEMIOLÓGICA

Es atribución del estado la integración y operación de sistemas nacionales de vigilancia epidemiológica activa para detectar y atender en forma oportuna los brotes de plagas y enfermedades que podrían afecten a las especies vegetales (DOF, 2009). La vigilancia es una herramienta esencial de la sanidad para detectar plagas, seguir su evolución, facilitar la lucha contra éstas, apoyar solicitudes de reconocimiento de áreas libres de plagas, aportar datos al análisis de riesgos, mejorar la sanidad vegetal y justificar la adopción de medidas sanitarias. La Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria tiene por objetivos: 1) Demostrar la ausencia de una plaga o enfermedad, 2) detectar lo antes posible la presencia de plagas exóticas o emergentes y 3) determinar su presencia o su distribución. La implementación de un sistema de vigilancia contempla actividades específicas para obtener información sobre plagas, entre ellas: Prospecciones de plagas específicas que requieren identificar los lugares y el período de tiempo de la actividad, según la plaga y la temporalidad de los cultivos, prospecciones de productos básicos u hospederos, que se programan en los puntos de ingreso de mercancías de importación, en las áreas de producción o puntos de acopio de productos nacionales. Ante un escenario de más de 1,200 plagas reglamentadas, se debe establecer una metodología para la definición de prioridades epidemiológicas que permita determinar de manera sistemática, y dentro de un orden jerárquico, la importancia de una plaga respecto a otra. Debe ser un proceso analítico que jerarquiza las plagas según su potencial de impacto o afectación, y que además, considera aspectos epidemiológicos, agrícolas, económicos, sociales y ambientales de cada plaga. La metodología que facilite la fijación de prioridades debe ser entendida como un proceso a largo plazo en constante revisión e iterativo, que debe ser explícito y transparente, en el que participen actores con diferentes intereses y experticias, en el que se asegure la participación de la comunidad, ya sea directamente o bien a través de organizaciones que las representen (Lomas *et al*., 2003; Tugwell *et al.*, 2003). En el análisis de riesgo de plagas (ARP) se evalúa la probabilidad de introducción, dispersión y establecimiento de las plagas y la magnitud de las posibles repercusiones económicas en un área definida, se utilizan datos biológicos u otros datos científicos y económicos (FAO, 2006b). Los criterios que se toman en cuenta para la priorización epidemiológica son derivados de la etapa II, evaluación del riesgo (Cuadro 1)

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DEL RIESGO FITOSANITARIO

La geografía usa conceptos y metodologías de análisis espacial para investigar temas relacionados con la presencia y manejo de las plagas y enfermedades. Su abordaje es holístico, tratando de relacionar los sistemas culturales y naturales complejos. Utiliza libremente hechos, conceptos, teorías y técnicas de ciencias como sociales, físicas y biológicas, que acercan al

estudio de las plagas y enfermedades a través de sus propias perspectivas, pero con el enfoque técnico-metodológico del análisis espacial.

Cuadro 1. Criterios considerados para la priorización epidemiológica fitosanitaria

Indicador	Índice	Tipo de plagas
Potencial de introducción	Proximidad (presencia en frontera de países vecinos). Riesgo según el artículo reglamentado. Capacidad de dispersión.	Plaga cuarentenaria no presente. Plaga exótica invasora.
Potencial de establecimiento	Superficie sembrada con cultivos hospedantes. Multiplicación de la plaga Supervivencia de la plaga	Plaga cuarentenaria no presente. Plaga cuarentenaria presente.
Consecuencias económicas y sociales	Valor de la producción. Número de productores involucrados. Número de empleos generados. Valor de las exportaciones.	Plaga cuarentenaria no presente. Plaga cuarentenaria presente.

La ecología humana está relacionada con formas del comportamiento humano, con su cultura y los contextos socioeconómicos, que interactúan con las condiciones ambientales para producir o prevenir enfermedades y plagas en cultivos vulnerables. Esto constituye la evolución causal. La fenología del hospedero, su estado nutricional, las condiciones ambientales en donde se desarrolla, son componentes importantes para comprender el proceso de la enfermedad o la presencia de la plaga, por lo que debe entenderse estos puntos dentro de la investigación. Al igual que el entendimiento de la propia plaga o enfermedad, se debe entender el proceso geográfico, ya que su estudio se debe enfocar en la interacción naturaleza-sociedad. Es importante reconocer que la ecología humana y la epidemiología del paisaje proveen de un marco conceptual para el estudio tanto de la ecología y la epidemiología de las plagas y enfermedades. Este enfoque sistémico de investigación le concede igual importancia a los elementos fisiográficos –que incluyen parámetros de ubicación geográfica y geoformas–, como a los patrones de distribución y estructura espacial de las expresiones de vida (habitat y comportamiento), los recursos naturales y los patrones de cambio o alteraciones antropogénicas. Así mismo, a través del uso de tecnologías de la información geográfica se logra obtener gran cantidad de información tanto espacial como la asociada a los cambios en el tiempo o a los impactos del hombre sobre algunos sistemas ecológicos. Con esta información integrada, geográfica y ecológica, se puede analizar los elementos epidemiológicos asociados a la persistencia de las plagas en determinadas áreas geográficas. Uno de los métodos para obtener indicadores de riesgo, puede ser el basado en la obtención de índices: movilidad humana, comercialización y condiciones ambientales. Este último está conformado por todas las condiciones biológico-ambientales favorables que requieren las plagas o enfermedades para su establecimiento, cubriendo la parte natural (ambiente) del triángulo epidemiológico. El índice de movilidad humana tiene como objetivo plantear hipótesis sobre el transporte (intencional o no intencional) de plagas y enfermedades, siendo el humano el principal vector-dispersor. La migración interna y externa de jornaleros y no jornaleros, las rutas migratorias, los atractivos turísticos, la movilización de turistas la densidad de caminos, entre otras, serán las variables que conformarán este índice. Por su parte, el índice de comercialización

hace referencia a la posible movilización y concentración de hospederos, ya sea de productos importados o cosechados en el país. El índice de movilidad humana y comercialización, serán diseñados para explicar la parte social (ambiente) de dicho triangulo. En el caso de los hospedantes, se reconocerá tanto los primarios, secundarios y silvestres, apoyándose principalmente en las técnicas de percepción remota para el reconocimiento de dichos hospederos. El resultado de estos indicadores será un mapa que muestre las zonas con riesgo potencial a una plaga o enfermedad (Figura 1).

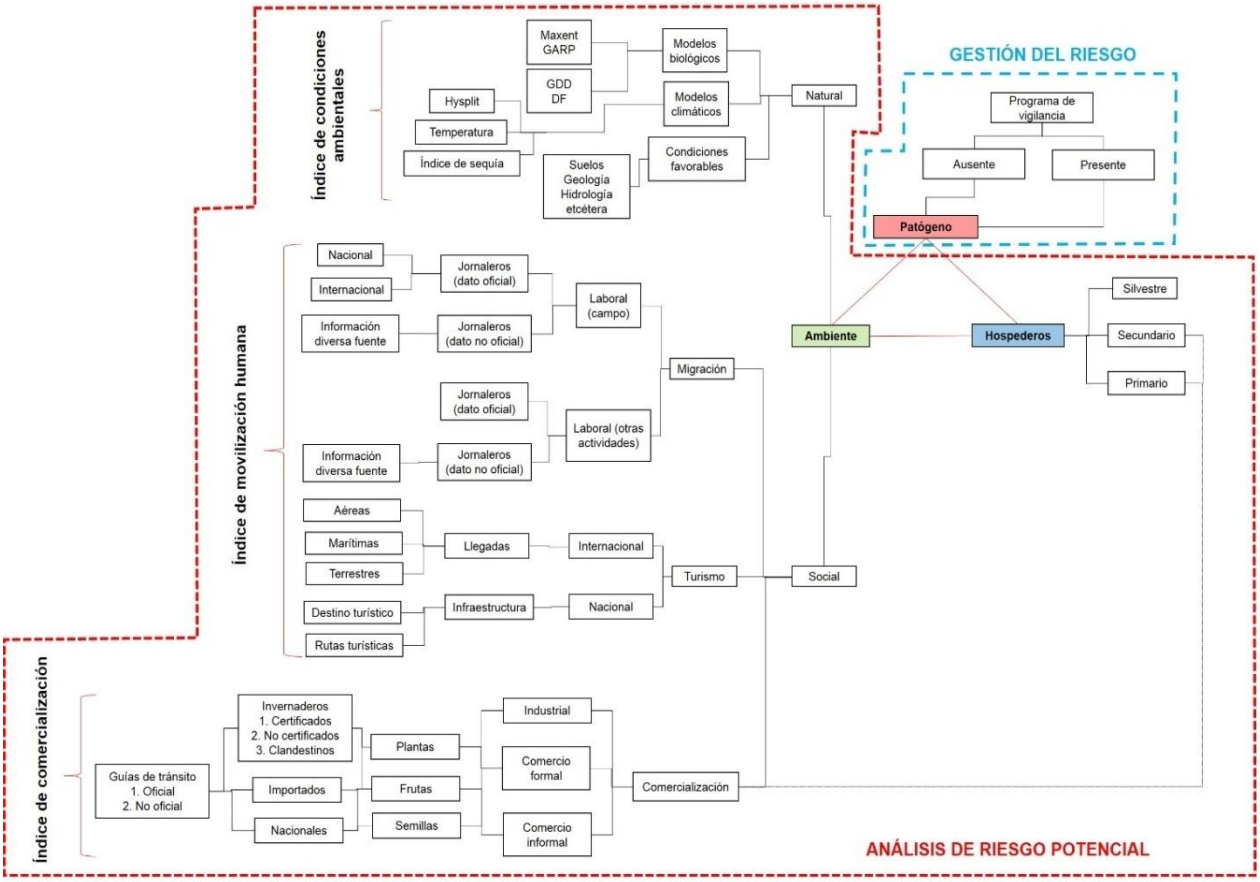


Figura 1. Esquema de elaboración de análisis de riesgo potencial

CLIMATOLOGÍA APLICADA A LA FITOSANIDAD

La necesidad de estudiar de manera integral la correlación ambiente-patógeno-hospedero se deriva del concepto del triángulo epidemiológico, que plantea la conjunción de estos tres elementos para determinar la presencia de una plaga (Scholthof, 2007). La temperatura, precipitación, humedad de suelo y ambiente son factores que determinan el desarrollo fenológico, tanto de hospedantes como de patógenos, es decir, el clima afecta directamente el establecimiento de cultivos, plagas y hasta de sus enemigos naturales. Por otro lado, si el hábitat de cierto patógeno se ve comprometido, por ejemplo, debido a una sequía, la búsqueda de alimento alienta

su dispersión. Sin embargo, los factores climáticos no afectan en igual medida a todas las especies. Por esta razón es necesario conocer los rangos de sobrevivencia donde clima, humedad y alimento son justo los necesarios para su sobrevivencia y los de supervivencia que indican la capacidad de reproducción de la especie (Trujillo, 1983; Andreawartha, 1971). La metodología para el análisis climático-fitosanitario en México es una herramienta para la vigilancia epidemiológica fitosanitaria, que permite el seguimiento en tiempo real de las condiciones climáticas que están relacionadas con los procesos biológicos de desarrollo y dispersión de las distintas plagas bajo vigilancia. La metodología consiste en la integración de la climatología a la vigilancia epidemiológica fitosanitaria, que comúnmente se ha estudiado de manera independiente. La relación del patógeno con su entorno, que se ubica espacialmente en una región con las condiciones propicias de desarrollo (hospedero y clima), define también la región epidemiológica. Es importante notar que el tiempo real, como lo propone González Morán *et al.* (2008), no existe debido a los límites físicos, desde el momento de la captación de la información, su codificación, decodificación y análisis hasta la trasmisión de resultados, pasos previos a la planificación. Sin embargo, la integración de las tecnologías de la información, a través de una plataforma de vigilancia, ofrece los medios para acortar el tiempo del proceso que deriva en medidas preventivas, reactivas y correctivas.

MODELOS ECOLÓGICOS APLICADOS AL MONITOREO DE PLAGAS REGLAMENTADAS

La distribución natural de las especies es determinada, en gran medida, por factores climáticos (Parmesan y Yohe, 2003), por lo que una premisa fundamental para evaluar su potencial de establecimiento en una determinada zona, o su dispersión, es contar con un registro histórico de variables meteorológicas que permita la construcción de escenarios de referencia sobre su comportamiento. Actualmente, existe una gran cantidad de datos disponibles para realizar estudios orientados a la caracterización de los procesos que ocurren en la biósfera. Esto obedece, entre otras causas, al advenimiento de la era espacial y los desarrollos en percepción remota (Schowengerdt, 2007); el estudio de la dinámica atmosférica y la predicción del clima, son ejemplos de áreas del conocimiento que se han visto favorecidas por estas tecnologías (Kidder *et al*., 2000; Gutman e Ignatov, 2010). Un elemento fundamental en la instrumentación de estos estudios son los modelos matemáticos empleados. Existe una gran variedad de estrategias de modelado, desde métodos basados en estadística clásica, hasta los apoyados en técnicas de inteligencia artificial, como los algoritmos genéticos y las redes neuronales (Gevrey *et al*., 2006). Algunos modelos basan sus predicciones en la correlación observada entre variables climáticas y la presencia o ausencia de especies, mientras que otros atienden a consideraciones fisiológicas (Pearson y Dawson, 2003). Independientemente de su naturaleza, con frecuencia estos modelos son implementados sobre plataformas informáticas que permiten al usuario evaluar escenarios sobre un fenómeno determinado. Un sistema computacional que permite realizar esta clase de estudios cuenta con (al menos) los siguientes elementos: a) registro histórico de variables meteorológicas; b) motor que implementa la lógica de acceso a los registros en la base de datos y

las operaciones requeridas por los modelos ecológicos y, c) interfaz para especificar los parámetros de análisis y obtener los resultados. El Sistema para la Predicción de Plagas en Plantas, del Servicio de Inspección de Salud en Plantas y Animales, y de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NAPPFAST, por sus siglas en inglés) de los Estado Unidos de Norteamérica, pertenece a esta categoría de plataformas. NAPPFAST conjuga bases de datos climatológicas y geográficas con plantillas que permiten la construcción de modelos biológicos, de esta manera, es posible producir mapas que representan una primera valoración del riesgo de infección (establecimiento y/o dispersión) de una determinada plaga (Magarey *et al*., 2007).

FITOSANIDAD ASISTIDA POR SENSORES REMOTOS

La Percepción Remota (PR) es una herramienta de análisis espacial que permite derivar información ambiental (Jensen, 2000). Los elementos proveídos por las imágenes de satélite son esenciales en la vigilancia epidemiológica, ya que permiten mantener una observación sistemática, activa y continua de un daño o posible daño causado por una plaga y los factores asociados a su presencia dentro de una determinada comunidad vegetal. La Fitosanidad en la que responda en espacio y tiempo para atender procesos de dispersión y control de agentes nocivos que pongan en riesgo la salud de las plantas y por ende los productos que de ellas deriven para el bienestar humano, requiere de actualización constante de información lo cual implica una importante inversión económica. La Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria Asistida por Sensores Remotos (FASER) o Ventanas FASER el cual debe entenderse como el uso de herramientas y técnicas de percepción remota que permiten adquirir información de plagas y enfermedades de los cultivos de manera no destructiva y eficiente sobre grandes extensiones de modo rápido. Las Ventanas FASER cuyo punto de partida son los datos de campo como observaciones directas o de trampeos, indirectas o bien de algún sensor remoto y de imágenes satelitales. La relación de datos de campo y satelitales le permiten a la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria Asistida por Sensores Remotos mantener una observación sistemática, activa y continua de un daño o posible daños causados por plaga y/o enfermedades dentro de una determinada comunidad vegetal. En este sentido, se continuó con la determinación del áreas para el Potencial de establecimiento y dispersión de una plaga bajo condiciones ecológicas/climáticas en grandes extensiones apoyado en las imágenes satelitales y específicamente mediante Índices de Vegetación como el NDVI; ya que el valor NDVI puede reflejar el estado de un cultivo o de una cubierta vegetal, lo cual permite dar seguimiento temporal a las condiciones de vigor o estrés de los hospederos susceptibles a plagas y con ello poder determinar su nivel de vulnerabilidad, 0.3 es un valor de referencia para considerar estrés (Serrano, 2004). Otros recursos satelitales también han sido utilizados en el concepto de ventanas FASER. Las escalas a las que actualmente se trabajan para apoyar la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria mediante las ventanas FASER, está definida o acotada a las resoluciones temporales, espaciales y espectrales de los sensores utilizados.

PLATAFORMAS GEOWEB PARA LA VIGILANCIA FITOSANITARIA

La tecnología moderna, su capacidad de transferir gran cantidad de datos en tiempo real y de realizar operaciones y algoritmos de alta complejidad, permite la integración de las distintas etapas que conforman una red del conocimiento. El conjunto de información, datos, desarrollo informático (hardware y software), algoritmos y sistemas de comunicación conforman una plataforma informática. Es decir, es un sistema con entrada de datos, procesos de cálculo y análisis, y la salida de resultados a través de una interfaz de distribución. En la gestión del conocimiento, como lo llama Prada Madrid (2005), las personas constituyen el principio, motor y fin del proceso, o bien, son los que aportan los insumos, operan el proceso y utilizan los resultados, es decir, se realiza desde un enfoque sistémico (Rodríguez *et al*., 2003). La ubicuidad para acceder a la plataforma de trabajo. Aunque todavía no existe un sistema ubicuo inteligente, los sistemas de telecomunicación actuales cubren la mayor parte del territorio urbano del planeta y porciones de comunidades rurales, incluso con servicios inalámbricos de Internet que ofrecen oportunidades de trabajo a escala de las nuevas micro-computadoras o smartphones. Aunque González Morán *et al*. (2008) hablan de la información en tiempo real para la vigilancia epidemiológica, es importante hacer notar que, más bien, se puede lograr un tiempo cuasi-real, es decir, lo más cercano a la inmediatez. Las tecnologías de la información reducen considerablemente los tiempos o retrasos en la diseminación de la información. Los límites físicos y el tiempo de captación, codificación, transmisión y decodificación de los datos impiden el tiempo real en el estricto sentido de la palabra. Debido a sus características multidisciplinarias y de respuesta en corto tiempo, el caso de la vigilancia epidemiológica fitosanitaria debe tener como eje una plataforma informática que sea accesible en cualquier lugar y que ofrezca un manejo intuitivo. El intercambio de información sustenta la integración de una plataforma informática para la vigilancia fitosanitaria que debe estar compuesta por un elemento privado, donde los analistas y tomadores de decisiones trabajan en conjunto, y el elemento público, donde se muestren los resultados obtenidos de una manera sencilla y útil. Por otro lado, es importante tomar en cuenta que la transferencia de tecnología conlleva un proceso de asimilación o adopción y, necesariamente, otro de adaptación, es decir, se transfiere tecnología para acelerar la innovación mientras se adapta a las necesidades propias de nuestro país y a los esquemas de administración de la sanidad vegetal. Esto subsana parte de la ineficacia histórica de los países en vías de desarrollo en sus intentos de desarrollar y aplicar tecnología agrícola (Lado, 1998). Sin embargo, es importante revisar las razones de los fracasos en transferencia y asimilación de modelos y tecnologías externas, principalmente por la falta de capacitación (Bruni *et al*., 2008). Dicho de otra manera, la asimilación de esta plataforma requiere una "postura clara desde el punto de vista epistemológico y didáctico ante las necesidades de cambio" (López Padrón, 2007) al respecto de los procesos ya implementados en la fitosanidad mexicana.

REFERENCIAS

Andreawartha, H. G. 1971. Introduction to the Study of Animal Populations. University of Chicago Press, Chicago.

Bruni, M., Calabrese, D. y Santucci, F. M. 2008. Comunicación estratégica para el desarrollo agrícola. El caso del Programa Nacional de Tecnología y Formación Técnica Agropecuaria en Nicaragua. Documento de trabajo del Banco Mundial No. 133. Washington, DC. EUA.

DOF. 2007a. Ley Federal de Sanidad Vegetal. DOF, México, D.F. 35 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. FAO. Roma, Italia. 21 p.

FAO. 2006a. NIMF No. 1, Principios fitosanitarios para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional (2006). FAO. Roma, Italia. 21p.

FAO. 2006b. NIMF No. 11, Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados (2004). FAO. Roma, Italia.

Galindo-Mendoza, G., Contreras-Servín, C. y Aldama-Aguilera, C. (Coord.). 2011. La Vigilancia Epidemiológica y Fitosanitaria en México: un acercamiento metodológico. Editorial Universitaria Potosina, 2011. ISBN 978-607-7856-40-5.

Geverey, M., S. Worner, N. Kasabov, J. Pitt and J. – L. Giraudel. 2006. Estimating risk of events using SOM models: A case study on invasive species establishment. Ecological Modelling 197: 361-372.

González Morán, F., Muñoz Criado, I. y Vanaclocha, H. 2008. La información en tiempo real. Una herramienta necesaria en vigilancia epidemiológica. Gaceta Sanitaria 22 (2): 162-167.

Gutman G. and A. Ignatov. 2010. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/ AVHRR data for use in numerical weather prediction models. International Journal of Remote Sensing 19: 1533-1543.

Jensen, J. 2000. Remote sensing of the environment: An earth resource, perspective, Prentice Hall,

Kidder, S. Q., M. D. Goldberg, R. M. Zehr, M. DeMaria, J. F. W. Purdom, C. S. Velden, N. C. Grody, y S. J. Kusselson. 2000. Satellite Analysis of tropical cyclones using the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU). Bulletin of the American Meteorological Society 81: 1241-1259.

Lado, C. 1998. The transfer of agricultural technology and the development of small-scale farming in rural Africa: case studies from Ghana, Sudan, Uganda.

Lomas, J., N. Fulop, D. Gagnon y P. Allen. (2003). On being a good listener: Setting priorities for Applied Health Services Research. The Milbank Quarterly 81 (3): 363–388.

López Padrón, A. 2007. Metodología para la asimilación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias técnicas agropecuarias. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 16(2): 63-68.

Magarey, R. D., G. A. Fowler, D. M. Borchert, T. B. Sutton, M. Colunga-García, J. A. Simpson. 2007. NAPPFAST: An internet system for the weather – Based mapping of plant pathogens. Plant Disease 91: 336- 345.

Parmesan, C. and G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 41: 37- 42.

Pearson, R. G. and T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecology & Biogeography 12: 361- 371.

Rodríguez, A., Araujo, A, Estanislao, Y., 2003, Redes virtuales para la gestión del conocimiento: El caso de las universidades. En: Revista del Centro para la gestión del conocimiento en la universidad, Universidad del País Vasco, pp. 427-439.

Scholthof, KB. G. 2007. The Disease Triangle: Pathogens, the Environment and Society. Nature Reviews Microbiology 5: 152-156.

Schowengerdt, R. A. 2007. Remote sensing, Third edition: Models and methods for image processing. Academic Press, Elsevier. California, USA. 560 p.

Trujillo Arriaga, J. 1983. La meteorología en el manejo integrado de plagas. Chapingo. 8 (42): 63-68.

Tugwell, P., Saviguy de D., Hauwber, G. y Robinson, V. 2006. Applying clinical epidemiological methods to health equity: The equity effectiveness Loop. BMJ 332: 358-361.

Serrano, V. y Laclaustra, A. 2004. NAO influence on NDVI trendsin the Iberian Peninsula (1982–2000). International Journal of Remote Sensing 25: 2871-2879.

SIMPOSIOS

ENTOMOLOGÍA AGRÍCOLA

MANEJO INTEGRADO DE ARTROPODOS FITOFAGOS EN EL CULTIVO DE ARROZ. AMTEC EXPERIENCIA EXITOSA

Cristo Rafael Pérez Cordero

I.A. M. Sc. Profesional 1. Investigación y Transferencia de Tecnología en arroz. Fedearroz -Fondo Nacional del Arroz. Seccional Montería - cristoperez@fedearroz.com.co, cristopcor@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El Manejo integrado de insectos fitófagos es el conjunto de prácticas agronómicas, ambientales y de responsabilidad social que motivadas por el sentido común combinan diversas estrategias basadas en la planificación y el conocimiento del entorno del cultivo, para mantener en equilibrio las poblaciones de los insectos, conservando el medio ambiente en un sistema productivo sostenible.

El proyecto de adopción masiva de tecnología, AMTEC, es un modelo de transferencia de tecnología propuesto por FEDEARROZ FONDO NACIONAL DEL ARROZ basado en la sostenibilidad y la responsabilidad social arrocera que propende por la organización, la competitividad y la rentabilidad del productor, implementando tecnologías en forma integral para aumentar los rendimientos y reducir los costos de producción en el cultivo del arroz. AMTEC no es un proyecto agronómico, es un proyecto integral de formación de líderes y empresarios que quieran realizar un cambio en su finca y en su región.

Cuatro aspectos importantes hacen parte del manejo integrado de insectos:

• *Monitoreo e identificación.* Para diferenciar entre los insectos que causan daño al cultivo y los que controlan los insectos fitófagos, evitando o reduciendo el uso de insecticidas.

• *Umbrales de acción:* un punto en el cual las poblaciones de los insectos dañinos o las condiciones del medio ambiente indican que se debe llevar a cabo una acción.

• *Medidas de Prevención:* mediante prácticas que desfavorezcan la adaptación de los insectos fitófagos en el cultivo.

• *Estrategias de Control:* implementando primero las medidas eficaces de reducción de la población y las de menor riesgo.

CRITERIOS PARA EL MANEJO DE LOS INSECTOS EN AMTEC

No todas las poblaciones de insectos fitófagos en un lote de arroz se constituyen en dañinos, ni todos los insectos fitófagos presentan la misma gravedad o persistencia en sus daños. Los insectos benéficos también necesitan de alguna población de insectos fitófagos para poder multiplicar su especie.

Un insecto se considera de importancia económica cuando se ha roto su equilibrio y su población causa daño económico, la evaluación de esta importancia se basa en tres criterios básicos como el daño causado, la población que causa el daño y el efecto en la reducción del rendimiento frente al costo del control.

Un daño en el follaje no necesariamente produce reducción en la cantidad o calidad del cultivo del arroz, en ocasiones estos daños estimulan el desarrollo de la planta. Ej: Cuando *Spodoptera* consume el follaje en la etapa de macollamiento de la planta de arroz, se aumenta el número de macollas por planta.

La clave del manejo integrado es aprender de los insectos, identificar sus hábitos, sus ciclos de desarrollo y establecer el umbral o sea la cantidad o población que puede permitir o que pueda soportar la planta de arroz sin que se afecte su potencial de rendimiento. Pero el número de insectos y el daño que causa están condicionados por varios factores que se deben relacionar antes de tomar una decisión de control:

• La variedad cultivada: cada variedad tienen un comportamiento diferente frente a cada insecto; unas son más resistentes o susceptibles que otras. Por arquitectura, contenido bromatológico, coloración o presencia de estructuras algunos insectos no las prefieren.

• La etapa de desarrollo del cultivo: los insectos ubican la etapa ideal del cultivo para proliferar su especie garantizando su alimento; un mismo insecto puede afectar diferentes etapas de desarrollo y el efecto del daño puede ser diferente: ejemplo: el cogollero es más importante cuando el arroz está en plántula pero pueden aceptarse mayores poblaciones o daños al final del macollamiento; los chinches de la espiga son de mayor importancia al inicio de la floración.

• Condiciones de nutrición y sanidad del cultivo: algunos enrolladores como *Salbia* sp. prefieren los sitios más verdes del cultivo para realizar sus daños y multiplicarse. En plantas pequeñas y amarillentas no prospera.

• Las Condiciones ambientales: estas determinan la habilidad de cada insecto para establecerse y hacer el daño. El cucarro, espera que inicien las lluvias para salir y atacar las plantas recién emergidas, asegurando el alimento; el tiempo seco acorta el período de vida de las larvas y pasan más rápidamente al estado de pupa. En sogata cuando el tiempo es seco tiende a aumentar sus poblaciones.

• Umbral de insectos fitófagos: No hay cultivo sin insectos, pero su daño pocas veces es de importancia económica. Los umbrales se refieren a la población y cantidad de daño que la planta soporta sin que se afecte su desarrollo y su rendimiento. Recuerde, el umbral es un número de referencia obtenido del muestreo y debemos relacionarlo con todos los demás factores para la toma de decisiones de manejo.

• Etapa de la metamorfosis: Si las larvas están próximas a empupar, comen menos, los daños no se aumentan y sus poblaciones se reducen. Si aparecen daños y no se encuentran insectos no se amerita control alguno.

• Enemigos naturales: todo insecto fitófago tiene su controlador natural que lo regula. Se debe valorar y evaluar el trabajo que realizan estos benéficos. Se debe favorecer el establecimiento de los controladores naturales permitiéndoles áreas de multiplicación y evitar aplicaciones de insecticidas.

MONITOREO Y MUESTREO DE INSECTOS

Es el primer paso en el diagnóstico del comportamiento de los insectos. El muestreo es necesario en la toma de decisiones y la eficiencia de las acciones a realizar. Una buena evaluación depende de la información que suministre el muestreo en campo: la población, sus daños y el riesgo para el cultivo. Es una herramienta para el manejo integrado, permite evaluar las poblaciones de insectos y determinar la magnitud de su daño. También indica en qué proporción se encuentran los enemigos naturales respecto a los fitófagos.

Hora del muestreo. Es importante por los hábitos de los insectos, por ejemplo: Las sogatas se encuentran en mayor cantidad en las horas de la mañana, en horas de alta radiación se ubican en la base de la planta.

El gusano *Spodoptera* en días soleados se esconde en la base de la planta y en el suelo, sus ataques los realiza bien temprano o en las horas de mínima radiación o en la noche. El enrollador de la hoja es frecuente encontrarlo comiendo en horas de alta radiación. Los adultos del chinche *Blissus* se observan con mayor frecuencia en horas soleadas pero sus ninfas se encuentran resguardadas en la base del tallo.

Cómo hacer el muestreo. El número de muestras a tomar dependerá de la uniformidad del lote, de su tamaño y de la población y/o daño que se vaya encontrando. A mayor daño mayor será la necesidad de muestreo; un mayor número de muestras hará más confiable la evaluación y más acertada será la decisión. En el campo se debe tener en cuenta las diferencias de textura de los suelos y la topografía, debido a que los insectos no se distribuyen uniformemente y tienen diferentes hábitos.

MONITOREO DE LOS PRINCIPALES INSECTOS FITOFAGOS EN AMTEC.

EL *monitoreo* es el seguimiento secuencial de las poblaciones de insectos relacionados con el cultivo que permite establecer en el tiempo la fluctuación de su población, sus hábitos y comportamiento en el agroecosistema arrocero usando las herramientas de muestreo para obtener información. El *muestreo* es una herramienta de diagnóstico que permite evaluar las poblaciones de insectos y determinar la magnitud de su daño. El muestreo, también ayuda a indicar en qué proporción se encuentran los enemigos naturales respecto a los fitófagos.

En la tabla 1 se observa la distribución de los principales insectos en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de arroz. La tabla es solo una guía para el evaluador, evalué solo aquellos limitantes que usted considere que en el tiempo y en el espacio se constituyen como de importancia económica

Tabla 1. Insectos fitófagos de acuerdo a la edad del cultivo de arroz.

Edad (Días)	Etapa	Insecto
0-20	Plántula a macollamiento	Cucarro, Marranita, *Spodoptera*, *Hydrellia*, Sogata
21-40	Máximo macollamiento	*Spodoptera*, *Euschistus*, *Tibraca*, Barrenadores
41-60	Inicio primordio a máximo embuchamiento	*Euschistus*, *Tibraca*, Barrenadores, *Salbia*, *S. spinki*.
61-80	Estado de Floración a maduración	Barrenadores, *Oebalus*, Grillos

MÉTODO DE MUESTREO. El muestreo se realiza utilizando **EL MANOJO O PUÑO** que equivale a tomar en cada punto un manojo de plantas (en estados tempranos) o macollas (en estados avanzados) aleatoriamente. El recorrido del lote se hará en **W** ya que permite abarcar la heterogeneidad posible del área sembrada. Distribuya un número equitativo de muestras por cada segmento de la W: se toman 6 puntos en la primera diagonal, 6 puntos en la segunda, 6 puntos en la tercera y 7 puntos en la cuarta diagonal para un total de 25 puntos de muestreo (6,6,6 y7).

La incidencia de los daños de insectos se determina de acuerdo a los síntomas producidos en la planta de arroz como: **Trozadores, Corazón muerto y Barrenadores**, empleando la siguiente fórmula.

$$Incidencia\ (I) = \frac{Número\ de\ tallos\ afectados}{Número\ total\ de\ tallos\ observados}\ x\,1$$

La incidencia de los daños de insectos como: **Masticadores, Enrolladores y Minadores,** se determina en **forma visual** de acuerdo a los síntomas producidos en la planta de arroz (tabla 2). Por cada sitio de evaluación se tomará un manojo de plantas o macollas, se contará y se determinará la incidencia de los siguientes insectos fitófagos del cultivo del arroz:

Tabla 2. Grupos y síntomas de los principales Insectos fitófagos del cultivo de arroz.

Grupo	Sintoma	Insecto
TROZADORES	Plantas deshilachadas, caídas y mordidas o muertas	Cucarro, Marranita
MASTICADORES	Hojas con bordes o láminas masticadas	*Spodoptera*, *Mocis*, Grillos
ENROLLADORES	Hojas con láminas enrolladas, ápices doblados u orillas de las hojas pegadas con puntadas	*Salbia*, *Thioptera*
CHUPADORES	Hojas con láminas amarillas. En altas poblaciones se observan macollas y vainas con fumagina	Sogata, loritos, chinches
MINADORES	Minas visibles en la lámina por el haz, galerías que atraviesan la lámina, corazones muertos en plántula, daños en raíces. (los corazones muertos por gorgojitos son de olor fétido)	*Hydrellia*, gorgojito, *Lissorhoptrus*
BARRENADORES	Plantas con tallos o pedúnculos con incisiones, masticaduras o perforaciones que ocasionan corazón muerto o panículas blancas	Barrenadores, *Tibraca*, *Euschistus*, *Oebalus*, Grillos

TIPOS DE MANEJO

Manejo cultural. Es el conjunto de técnicas de carácter preventivo que limitan el desarrollo y establecimiento de los insectos a la vez que aseguren las condiciones óptimas para la planta. Las más recomendadas son: Adecuación y preparación del suelo, variedades resistentes, rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes, épocas de siembra, eliminación de residuos de cosecha, limpieza de canales, nutrición de la planta, entre otras.

Las labores culturales se orientan a la destrucción de las fuentes de infestación de los insectos dañinos; a la interrupción de sus ciclos de desarrollo; a la nutrición de las plantas para darles mayor tolerancia a los ataques; a formar condiciones desfavorables para el desarrollo de los insectos dañinos; a evitar las épocas del año que resultan favorables para los insectos y al empleo de plantas trampas. Se considera dentro del control cultural, la utilización de plantas resistentes o tolerantes a los insectos.

Manejo Varietal. Consiste en utilizar variedades de arroz que tienen la propiedad de impedir el normal crecimiento de las poblaciones de insectos o recuperarse del daño. El color del follaje, la presencia de vellosidades en la hoja, la consistencia de hojas, tallos y la arquitectura de la planta son factores que inciden en la preferencia del insecto por la planta. Ejemplo: la variedad Fedearroz 50 es tolerante al daño de la sogata.

Manejo de Residuos de Cosecha. Los residuos de cosecha se incorporan al suelo para reducir las poblaciones de insectos que se esconden en ellos. Las socas deben manejarse técnicamente para evitar que sean hospederos de insectos Ejemplo. *Diatraea* y la chinche *Tibraca*.

Manejo de Malezas. Las malezas en el cultivo, en canales de riego y bordes del lote se deben manejar para evitar que sean hospederos de insectos dañinos. La destrucción de malezas hospederas es aconsejable pero se debe considerar la posibilidad de conservar la vegetación que albergan la fauna benéfica, asegurando su permanencia.

Preparación del suelo. Muchos insectos adultos, sus larvas y pupas, se esconden en el suelo para completar su ciclo biológico. La preparación oportuna y escalonada impide la emergencia de los adultos o por el contrario, extrae las pupas exponiéndolas al frío, a la desecación por el calor y a la acción de los enemigos naturales. Las garzas ejercen su acción predadora sobre pupas y larvas expuestas con la preparación. Esta labor es fundamental para el control del cucarro y la marranita antes de la siembra.

Nutrición de las Plantas. La nutrición balanceada según el análisis de suelos permite obtener plantas vigorosas que son capaces de tolerar los daños de algunos insectos. Cuando hay desbalance nutricional, algunos insectos fitófagos atacan con más intensidad a las plantas; cuando hay algún exceso de nitrógeno por sobredosis o por mala distribución de los fertilizantes, el enrollador, el *Spodoptera* y la chinche hedionda *Tibraca* causan más daño a las plantas.

Rotación de Cultivos. Con esta labor se impide el desarrollo de los insectos, pues cambia su hábitat y las poblaciones se disminuyen al interrumpir su ciclo. Se puede rotar sembrando otros cultivos como sorgo, soya, o abonos verdes como fríjol mungo, caupí, crotalaria, vitabosa y canavalia. Los abonos verdes se incorporan al suelo en la etapa de floración y aportan materia orgánica, mejoran la estructura del suelo, reducen las poblaciones de malezas y sirven de refugio a insectos benéficos.

Densidad de siembra. Una población de arroz muy densa forma un microclima de alta humedad y temperatura que favorece el desarrollo de los insectos. Una alta densidad favorece también el desarrollo de enfermedades, reduce la capacidad de macollamiento de las variedades y reduce la efectividad de los controles químicos. Cuando la densidad es baja y no hay uniformidad en la siembra se favorecen los ataques del minador *Hydrellia*. Siembras en surcos con 350 plantas/m^2, han permitido disminuir la población y el daño de los chinches.

Manejo del agua. El agua es uno de los recursos más eficiente para el manejo de los insectos fitófagos. Los mojes y drenajes disminuyen los daños del minador y del gorgojito de agua. El *Spodoptera*, el cucarro, la marranita y la chinche *Blissus* se pueden manejar con lámina de agua.

Época de siembra: Planificar la época apropiada para la siembra permite escapar de algunos insectos y evitar que el estado más susceptible del cultivo coincida con la época en que el insecto fitófago sea más abundante. La época de aparición y mayor población del cucarrón ocurre en los meses de abril y mayo. Épocas de recolección que coincidan con la llegada de aves migratorias las pérdidas son enormes y se incrementan los costos. Desde el año 2007, la implementación de las fechas límites de siembra en los distritos de riego en Mocarí y La Doctrina en Córdoba, ha logrado disminuir la población del ácaro *Steneotarsonemus spinki* y la incidencia de la enfermedad del añublo bacterial, al pasar del 80% al 5% y evitar el aumento de inóculo en la zona (Pérez, 2014).

MANEJO ETOLÓGICO

Utiliza el comportamiento y la relación de los insectos con el medio ambiente para disminuir su población. Cada insecto tiene un comportamiento fijo frente a un determinado estímulo. Los más utilizados en el cultivo de arroz son:

Las Feromonas. Son sustancias que segregan los insectos y son percibidas por los de la misma especie. La mayoría de los insectos usan feromonas para su comunicación; hay feromonas sexuales que sirven para atraer la pareja y otras que producen concentraciones de insectos llamadas feromonas de agregación. Evaluaciones realizadas por Pérez, 2004, para el manejo del cogollero ***Spodoptera frugiperda*** en arroz, demuestran la eficiencia de las trampas de feromonas, ayudan para el monitoreo y la disminución de las poblaciones de adultos y los daños en campo. Las feromonas son una alternativa eficiente para efectuar un manejo integrado del cogollero, compatible con el ambiente y enmarcados en los principios de manejo sostenible del cultivo de arroz.

Trampas. Atraen a los insectos para capturarlos o destruirlos. Se utilizan también para detectar su presencia con miras a orientar otras formas de control. No dejan residuos tóxicos, operan continuamente y tienen un bajo costo. Hay trampas con atrayentes químicos de alimentación y feromona sexual. En otras se usa la luz y colores atractivos para la oviposición de los insectos o trampas pegajosas para capturar adultos.

Las trampas para monitoreo de insectos en arroz son una herramienta de apoyo al trabajo de los técnicos en Colombia. No se debe desconocer que el uso de trampas de luz ha sido eficaz para reducir poblaciones de adultos que presentan fototropismo positivo, como es el caso de *Euetheola* y *Phyllophaga*. Pérez (2001) recomienda instalación de trampas luz o mechones para detectar la presencia de *Euetheola*, antes de la siembra. En las plantas de semilla se ha logrado disminuir la población de insectos dañinos como gorgojos y la palomilla, con el uso de trampas de color amarillo impregnadas con aceites y el empleo de trampas de luz negra. Se reportan feromonas para los insectos *S. frugiperda*, *S. eridania*, *D. saccharalis*, los gorgojos *R. dominica*, *Sitophilus oryzae* y la polilla *Sitotroga cerealella* en granos almacenados (Vergara y Pérez, 2013).

MANEJO BIOLÓGICO

Es una alternativa ecológica, permanente y económica para el manejo racional de insectos fitófagos. Se trata de mantener su población dentro de ciertos límites por la acción de factores abióticos y bióticos.

Los factores abióticos, hacen referencia al clima que altera las condiciones del medio ambiente e influye en la longevidad, crecimiento, reproducción y comportamiento de los insectos. El cucarro sale cuando empiezan las primeras lluvias en marzo y abril; los ácaros y áfidos se presentan en épocas secas con altas temperaturas y baja humedad relativa.

Los bióticos, son seres vivos que actúan como enemigos naturales y regulan la población de insectos fitófagos. Las aves como las garzas y las águilas, las arañas y los insectos como las libélulas, mariquitas controlan altas poblaciones de insectos.

El Control Biológico se entiende entonces como el uso intencional o natural de otros insectos como parasitoides y depredadores, hongos, bacterias, virus y arañas, capaces de regular y mantener en niveles bajos las poblaciones de insectos fitófagos y evitar que se conviertan en plaga de importancia económica.

Los controladores biológicos se encuentran en el campo en forma natural, no nos cuestan, pero debemos conocerlos, valorar su acción sobre las plagas y aprender a conservarlos y permitir que se multipliquen para que cumplan su función en el cultivo. El número de controladores biológicos que existen en el arroz explican porque hay pocos insectos de importancia económica. Se han reportado 41 parasitoides, 15 depredadores, 8 entomopatógenos, 9 arañas y 5 ácaros entre otros, que atacan huevos, larvas, ninfas y adultos de insectos dañinos.

Para cada insecto dañino existe un enemigo natural y algunos de ellos tienen varios. Para el cogollero o *Spodoptera* se han identificado 20 enemigos naturales entre parasitoides, predadores y entomopatógenos. La Sogata tiene 4 cuatro avispas que la parasitan además de las arañas que son sus principales predadores. Al barrenador o *Diatraea* se le han identificado 7 parasitoides y un hongo entomopatógeno.

Parasitoides. En este grupo sobresalen insectos de las familias de las avispas y las moscas; encontramos las avispas como *Trichogramma* que parasita los huevos del barrenador y del enrollador. El *Telenomus* que parasita los huevos del *Spodoptera* y la mosca *Metagonistilum* parasita las larvas del barrenador.

La novia del arroz, *Rupela*, es abundante en los lotes de arroz pero el 96% de sus huevos pueden ser parasitados especialmente por *Telenomus*, evitando que sus poblaciones sean altas y se convierta en un insecto de importancia económica. En el arroz se han reportado hasta ahora 79 enemigos naturales de los insectos fitófagos y un poco más de la mitad de ellos son parasitoides.

Depredadores. Son insectos carnívoros que en su estado inmaduro o adulto captura varias presas, las cuales consume parcial o totalmente. Las mariquitas, las petaquitas y las libélulas, las avispas y algunos chinches son depredadores muy activos en los cultivos de arroz. Las arañas, no siendo insectos, son abundantes depredadores. Se reportan más de 20 especies diferentes en los cultivos del arroz; una araña puede capturar y matar diariamente más de 4 sogatas y de 3 a 5 loritos verdes.

Pérez y Saavedra, 2014, reportan que las arañas presentaron las mayores poblaciones en los artrópodos benéficos en las condiciones de riego en los distritos de Mocari y La doctrina en Córdoba. Las arañas colonizan el cultivo desde el estado de plántula y se incrementan progresivamente a partir de los 20 dde con un pico a partir de los 50 dde en donde se aumentan las poblaciones de arañas.

Saavedra (2005) halló bajo condiciones de campo que la araña *A. veniliae* registró una tasa de consumo sobre el grillo *Conocephalus* sp. de 7.3 grillos por día y sobre el lorito verde *H. similis* de 5.8 lorito verde diario; mientras que el género de arácnido *Leucauge* sp., registró una tasa de consumo diaria en condiciones de campo de 8.2 ninfas de *Conocephalus* sp./día y de 3.2 *H. similis*/día; por lo tanto se deben considerar estas dos especies en los programas de manejo integrado de plagas del cultivo de arroz.

Entomopatógenos. Son microorganismos que causan enfermedades en los insectos atacando larvas, ninfas, pupas y adultos. Se reproducen rápidamente y matan al hospedero por la acción de toxinas o por deficiencia nutricional. Los insectos afectados se observan débiles, con poco movimiento, pérdida del apetito, cambian de color y mueren lentamente. Los más importantes son los hongos, las bacterias y los virus.

Los hongos más comunes e importantes son: muscardina blanca (*Beauveria bassiana)*, muscardina verde (*Metarhizium anisopliae*), *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces*, *Entomophthora* y *Verticillium*. Los cadáveres de los insectos liberan millones de conidias que son dispersadas por el viento y la lluvia para infectar a otros.

Las bacterias que pertenecen al género *Bacillus* son las más importantes para el control de insectos. El *Bacillus thuringiensis*, se produce comercialmente para el control de larvas de insectos como *Spodoptera*, *Mocis* y el enrollador. Actualmente esta bacteria está siendo incorporada en variedades transgénicas.

Los virus como el de la poliedrosis nuclear (VPN), es el más conocido y utilizado para el control de larvas de S*podoptera*. Sus tejidos internos se licúan, quedando la larva como una bolsa líquida. Las larvas muertas se encuentran en las hojas con la cabeza hacia abajo.

Nematodos. Algunos géneros de nematodos importantes como el *Hexamermis sp.* se encuentra afectando larvas de *Spodoptera frugiperda* durante la estación lluviosa.

Insumos biológicos. A pesar de la gran diversidad de organismos benéficos reportados en el cultivo de arroz, los estudios para la cría, multiplicación y comercialización se ha concentrado en unos pocos, siendo *Trichogramma spp., Telenomus remus, Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* y los tachinidos, los más utilizados como controladores biológicos.

En la tabla 3, se relaciona el insecto benéfico, el hospedero y estado atacado.

Tabla 3. Especies biológicas utilizadas en el cultivo de arroz en Colombia.

Especies	**Insectos que atacan**	**Estado atacado**
Trichogramma exigum	*Diatraea* spp.	Huevo
Trichogramma pretiosum	*Salbia* sp.	Huevo
Telenomus remus	*Spodoptera frugiperda*	Huevo
Metagonistilum minense	*Diatraea* spp.	Larva
Billaea (Paratheresia)	*Diatraea* spp.	Larva
Metarhizium anisopliae	Cucarro, Sogata, Chinches	Adultos
Beauveria bassiana	Chinches, gorgojito,	Adulto, larva
Bacillus thuringiensis	*Spodoptera frugiperda* *Mocis latipes, Salbia* sp.	Larva Larva

ESTRATEGIA AMTEC. Como estrategia de manejo integrado, mediante la implementación del proyecto AMTEC, se están realizando medidas de control de bajo impacto ambiental bajo un

esquema de manejo integrado de cultivo, basado en el monitoreo y el uso de los umbrales de daño económico para el control de los artrópodos dañinos del cultivo de arroz. Para el caso del barrenador del tallo, se han realizado liberaciones inundativas de controladores biológicos, en este caso particular la del parasitoide *Trichogramma exigum*, el cual ataca directamente los huevos de *Diatraea saccharalis*.

La implementación de esta estrategia de manejo integrado en lotes AMTEC en Tauramena, ha permitido a los agricultores evitar aplicaciones de productos de síntesis química para el control del barrenador, ya que encontraron en la liberación de controladores biológicos una alternativa de manejo y una herramienta efectiva para mantener controlado el barrenador del tallo (Ardila, 2015).

El proyecto **AMTEC** ha sido pionero en este sentido, al implementar prácticas de control biológico para disminuir el impacto ambiental del cultivo debido a la reducción de la carga química del cultivo, principal estrategia de disminución de costos de producción y aumento de la competitividad del arrocero.

MANEJO QUÍMICO DE INSECTOS FITOFAGOS

Los insecticidas son herramientas importantes en los programas de Manejo integrado de insectos en el cultivo de arroz. Es la herramienta más utilizada por los productores pero su mal manejo puede ocasionar una alteración del equilibrio biológico, que origina la resurgencia de insectos, la resistencia a los insecticidas, contaminación y riesgos para la salud humana. Es un método de control al que debe darse un buen manejo para que cumpla con su función y no crear otros problemas más graves. Es importante recordar:

Utilizar un insecticida químico es la última opción cuando existe una población de un insecto ocasionando daños de importancia económica y sus enemigos naturales no son suficientes para evitar el daño.

No hacer aplicaciones calendario y nunca utilizar los insecticidas químicos como preventivos porque solo causamos contaminación del suelo y agua, desequilibrio y costos innecesarios.

El insecticida más tóxico no es el más eficiente pues el efecto en cada insecto y su modo de acción es diferente. Existen insecticidas muy eficientes de bajo impacto ambiental.

Algunos insecticidas ocasionan resurgencia en los insectos, es decir como respuesta al insecticida y al desequilibrio que se causa, se incrementan las poblaciones de insectos. La resurgencia de una población de insectos causa más daños que su población inicial, pues los individuos son más numerosos y con tolerancia al factor que la hizo cambiar.

Un insecticida es una herramienta valiosa cuyo desarrollo ha llevado tiempo y un costo alto. Si se maneja mal se disminuye su utilidad y se pierde un instrumento de control que puede ser necesario en otra oportunidad.

ANOTACIONES FINALES

El Manejo Integrado de Artrópodos (MIAA) asociados al cultivo del arroz, con criterios de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social arrocera, permite reducir los costos de producción, disminuyendo las aplicaciones químicas, conservando los controladores naturales y aumentando los rendimientos al reducir los daños, con base en la toma eficaz de las decisiones. El MIAA, es uno de los componentes fundamentales del programa de Adopción Masiva de Tecnología, AMTEC.

Uno de los fundamentos básicos de AMTEC es la responsabilidad social arrocera y tiene que ver con la conservación de los recursos, del medio ambiente y de las comunidades. Cualquier insecticida por baja que sea su dosis o su costo, es contaminante y desequilibra el medio. Seleccione muy bien el insecticida tenga en cuenta el hábito alimenticio de los insectos. No todo insecticida sirve para todo. Evite recomendar los insecticidas de etiqueta roja.

En el cultivo de arroz en Colombia, se han utilizado diversas estrategias de control biológico como liberaciones inundativas de *Telenomus remus* para el control de *Spodoptera frugiperda*, *Trichogramma* sp., *Metagonistilum minense*, *Parateresia claripalpis* y *Cotesia flavipes* para el manejo de *Diatraea* sp. El control microbiológico de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para insectos como los chinches, gorgojito de agua, *Spodoptera*, *sogata* y *Euetheola bidentata.* Liberaciones del predador *Crysopa* para el manejo de áfidos, trips y los ácaros. El *Bacillus thuringiensis* se utiliza comercialmente para el control de larvas de lepidópteros como *Spodoptera*, *Mocis* y *Salbia* sp.

REFERENCIAS

Ardila, Jorge. 2015. AMTEC, liderando el control biológico del barrenador del tallo en Tauramena, Casanare. Revista Arroz. 64(515): 18-25.

Becerra, Efraín. 2012. Modo y mecanismo de acción de insecticidas: nuevos compuestos y tecnologías. En. 39 Congreso Socolen. Ibagué, Colombia. 15 p.

Pérez, Cristo. 2014. Manejo integrado de artrópodos fitófagos en el cultivo de arroz. En memorias Curso internacional sobre manejo integrado del cultivo de arroz. Cerrando brechas de rendimiento en América Latina. CIAT-FLAR-FEDEARRROZ-CGIAR. 6 p. www.flar.org

Pérez, Cristo. 2014. Muestreo de artrópodos y daños en el cultivo de arroz. En memorias Curso internacional sobre manejo integrado del cultivo de arroz. Cerrando brechas de rendimiento en América Latina. CIAT-FLAR-FEDEARRROZ-CGIAR. 6p. www.flar.org

Pérez, Cristo. 2014. Artrópodos fitófagos asociados al cultivo de arroz en Colombia. En memorias Curso internacional sobre manejo integrado del cultivo de arroz. Cerrando brechas de rendimiento en América Latina. CIAT-FLAR-FEDEARRROZ-CGIAR. 5p. www.flar.org

Pérez, C. *et al*. 2014. Evaluación de la virulencia de *Tagosodes orizicolus* (Muir) en zonas arroceras de Colombia. Revista Arroz 62(510): 12-22.

Pérez, C. y Saavedra, E. 2014. Dinámica poblacional de insectos fitófagos y benéficos en Córdoba. Revista Arroz. 62 (509): 30-44.

Pérez, Cristo y Cuevas, Alfredo. 2013. Manejo integrado de insectos en el cultivo de arroz. Segunda edición. Fedearroz- Fondo Nacional del Arroz. Produmedios, Bogotá. 51 p.

Pérez, Cristo y Cuevas, Alfredo.2012. Guía para el monitoreo de insectos fitófagos. Fedearroz, Fondo Nacional del arroz- AMTEC. Naxos Editores, Bogotá. 26 p.

Vergara, R y Pérez, Rodrigo. 2013. Manejo ecológico de insectos fitófagos en el agroecosistema arrocero. Documento sin publicar.11 p.

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE), SU USO EN LA ESTRATEGIA *ARCO EN EL CULTIVO DE CÍTRICOS EN COLOMBIA

Claudia Jaramillo M.[1]; Juan Humberto Guarín M.[2]

[1]Microbióloga Industrial y Ambiental. Estudiante Maestría Ciencias-Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia;. [2] Investigador Ph.D. Corpoica

El control microbiológico de plagas y enfermedades ha sido catalogado a nivel mundial como una excelente alternativa al uso de productos de síntesis química, por la disminución que ello representa en riesgos al medio ambiente y a la salud humana. No obstante, en el sector agrícola aún existen muchos interrogantes respecto a cómo deben ser aplicados los bioinsumos y sobre todo cómo lograr una disminución significativa en las poblaciones que se desea regular.

En la actualidad, a nivel mundial, en varios sistemas productivos se opta por aplicar el control microbial como parte del manejo integrado de plagas, principalmente porque hace parte de los requisitos para certificar las buenas prácticas agrícolas y tener acceso a mercados tanto nacional como internacionalmente para sus productos de cosecha. En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) a través de sus organismos adscritos como el Instituto Colombiano Agropecuario promueve el uso, por medio de comunicaciones y difusión de información la implementación de resultados de investigación generados por Universidades e instituciones de investigación como Corpoica, destacándose un esfuerzo que puede resultar en apoyo a la implementación del paso a paso de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), en ocasiones y por medio del acompañamiento al productor se forman a los agricultores en la implementación de esta estrategia.

Uno de los frutales que mayor atención tiene en la actualidad son los cítricos, con una producción aproximada dentro del mercado mundial de frutas del 22%, en mayor medida de naranjas, mandarinas y limas acidas (Cofecyt, 2009). Sin embargo, la enfermedad devastadora de los cítricos, causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. que es transmitida en América por el vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), ha prendido las alertas por las pérdidas económicas que infringe en huertos en países donde la enfermedad ya está presente y por la necesidad inminente de controlar de manera preventiva al vector en países donde aún no hay reportes de la presencia del Huanglongbing (HLB) o enverdecimiento de los cítricos.

En Colombia no existe un reporte oficial del ingreso de la bacteria patogénica causante de la enfermedad (ICA, 2014), sin embargo, hay identificadas 6 grandes zonas en las que se cultivan cítricos y que abarcan gran parte del territorio nacional (Botero *et al*., 2014), y en muchas de las cuales se cuenta con la presencia del vector *D.citri*, que de ser el caso de la confirmación de la bacteria, podría ser devastador para el sector. Imagen 1.

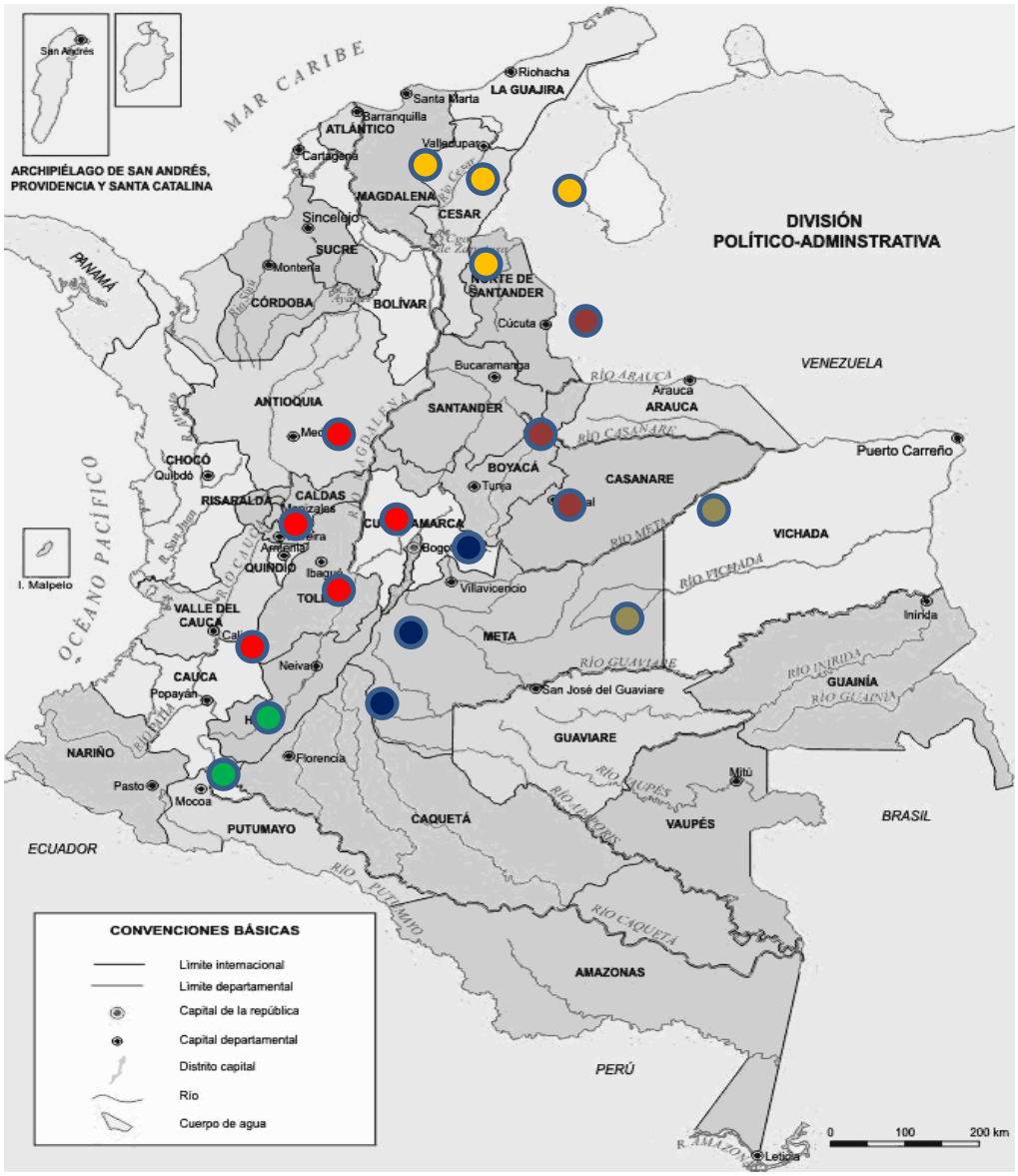


Imagen 1. Distribución de zonas productoras de cítricos en Colombia.

En investigaciones realizadas desde el año 2010 por Corpoica, se adelanta la búsqueda de agentes de control microbiológicos nativos, promisorios para el manejo del vector *D. citri*. Colectas realizadas a nivel nacional de especímenes de la plaga sobre el material vegetal con padecimiento de enfermedad a modo de epizootias y la continuación del trabajo confirmatorio en condiciones de laboratorio, han permitido realizar una búsqueda exhaustiva y obtención principalmente de hongos entomopatógenos afectando poblaciones del insecto en hospederos como *Murraya paniculata* y árboles del género *Cítrus* . Imagen 2.

Muestras colectadas de diferentes zonas citrícolas permitieron establecer la predominancia de hongos entomopatógenos causando enfermedad sobre poblaciones de *D. citri.* a nivel nacional. Se ha colectado por encima de 50 muestras de municipios como Cereté Cordoba, Sevilla

Magdalena, Espinal Tolima, Támesis Antioquia, Armenia Quindio, entre otros, que presentaron evidentes síntomas de infección y que al ser realizadas las respectivas pruebas confirmativas bajo condiciones de laboratorio, se determinó la presencia de entomopatogenos con los que posteriormente se debia confirmar su capacidad como entomopatógeno sobre individuos de edad y origen determinado, sometidos a pruebas de patogenicidad bajo condiciones controladas.

Imagen 2. Adultos de *D. citri* infectados por hongos entomopatógenos, bajo condiciones de campo.

A partir de las muestras colectadas, se determinó el número de infectadas y se procedió a realizar postulados de Koch con cada una de ellas. Además fue posible establecer la ocurrencia de epizootias en las zonas citrícolas, de las cuales cuatro (4) de las seis (6), región norte, occidente (eje cafetero), sur y centro, resultaron positivas para hongos entomopatógenos. Como se observa en la imagen 3, estas regiones limitan con la cordillera occidental que atraviesa al país, condición que permite considerar que esas regiones comparten condiciones abióticas que favorezcan el desarrollo y establecimiento de hongos entomopatógenos para la regulación de las poblaciones de la plaga.

Diferentes investigadores han estudiado como se da la infección por parte de hongos entomopatógenos sobre este insecto y que tan efectivos pueden ser como agentes de control de la plaga bajo las condiciones citrícolas a nivel mundial (Lu et al., 2015; Gandarilla *et al.*, 2013; Meyer *et al*., 2008). Es en este punto donde considerar factores ambientales como los microcosmos en la filosfera de los árboles de cítricos que favorezcan o no la interacción del entomopatógeno con el insecto y por ende la probabilidad del contacto entre ellos que desencadene en una epizootia, resulta ser un ámbito de interés investigativo y una apuesta práctica en el uso de esta estrategia de manejo poblaciones de la plaga.

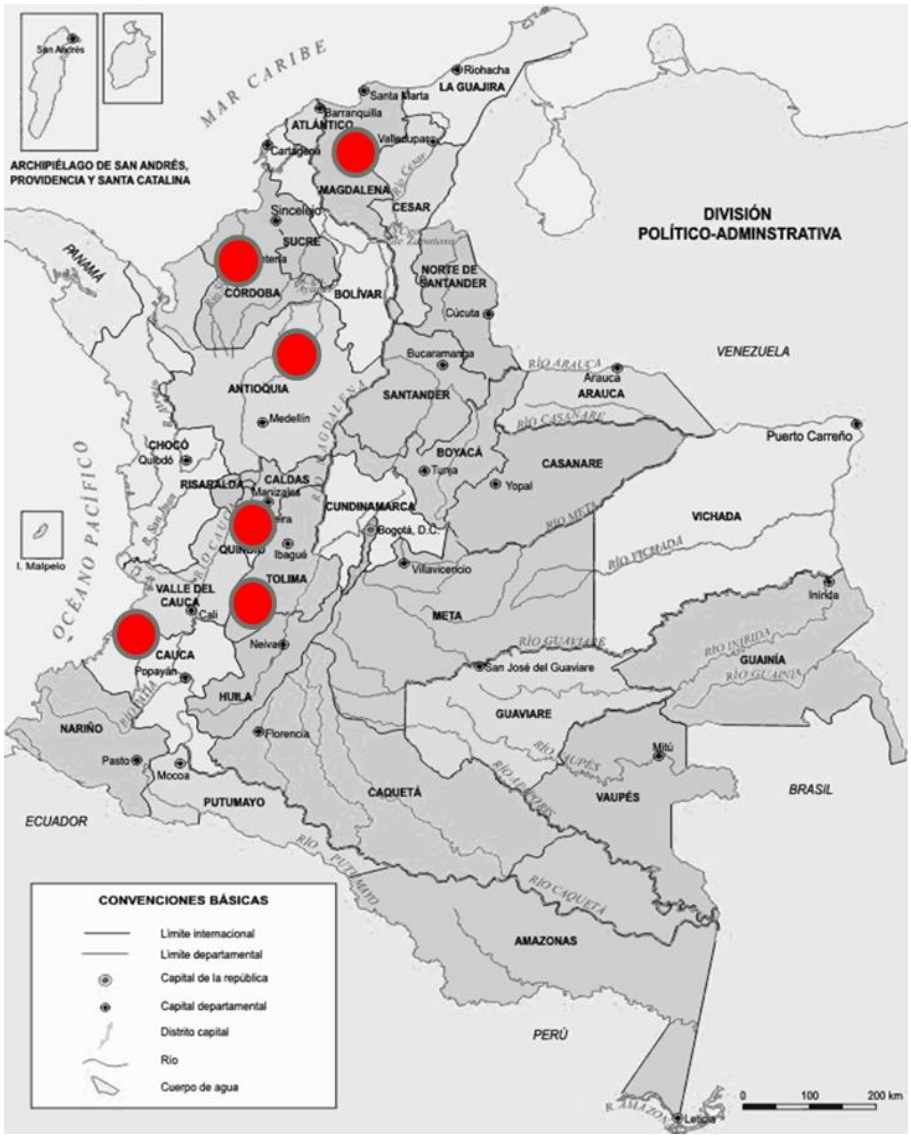


Imagen 3. Distribución de epizootias en Colombia. Muestreos realizados por Corpoica desde el año 2011.

Resultados de investigaciones, indican que bajo condiciones controladas, muchos de los aislamientos evaluados causan una mortalidad significativa sobre el Liviido. Esta condición es la que se debe validar dentro de un acompañamiento a los agricultores en la aplicación de esta línea de productos biológicos, sin embargo, es evidente que no se alcanza a observar el mismo efecto que en condiciones de laboratorio. Con relación a esto, en estudios realizados en Corpoica CI La Selva durante el año 2014, se observa cómo en dos modelos de experimentación diferentes, la patogenicidad de un grupo de hongos no es igual, mostrando mortalidades superiores cuando las evaluaciones fueron realizadas bajo condiciones controladas en comparación de cuando se evaluó un modelo más cercano a una aplicación en condiciones de campo. Es esto el claro ejemplo de que a nivel investigativo, aun desestimamos y desconocemos la manera en que se dan las

interacciones entre diferentes poblaciones y que muy posiblemente, las epizootias observadas en campo, hayan sido mediadas durante muchos años atrás por la co-evolución que desarrollaron estas dos poblaciones y por los factores abióticos que los rodeaban, los cuales resultaron perfectos en ese momento para que el evento de epizootia se expresara de manera consistente.

Por todo lo anterior, si se desea implementar la utilización de un agente biológico como estrategia para el control de plagas, deberá considerarse todo lo que implica su utilización en condiciones de campo; uno de los principales aspectos es la variabilidad genética de la población del insecto, ya que cuando se reproduce bajo condiciones controladas tipo cría, podrá mantenerse "estable" por la producción de diferentes generaciones a partir de una proporción inicial machos-hembras. Sin embargo, una condición real es aquella en la que, bajo condiciones de campo, las hembras de *D. citri* se reproducen con varios machos y guardan su esperma para posteriormente ovopositar en brotes tiernos de sus hospederos (Dossi and Cônsoli F., 2010); condición que les confiere mayor base genética para activar la interacción patógeno insecto y fomentar la especificidad del entomopatógeno sobre la fracción de susceptibles en la población del insecto y de la patogenicidad en el microorganismo.

Y no solo la genética puede explicar el proceso infectivo y la ocurrencia de las sintomatologías en *D. citri;* algunas condiciones ambientales como la temperatura, humedad relativa del ambiente y radiación ultravioleta, además de la aplicación en conjunto con agroinsumos de la canasta citrícola, juegan un rol importante en el desempeño de los entomopatógenos, debido a la deshidratación, alteraciones en la producción de propágulos infectivos (disminución de su eficacia biológica) y por ende, disminución en la capacidad germinativa del hongo (Alves, 1998).

Los aislamientos entomopatógenos de *D. citri* encontrados durante el trabajo realizado en Corpoica, en su gran mayoría, pertenecían a los géneros *Beauveria* spp. y *Paecilomyces* spp. (Imagen 4), a diferencia de resultados encontrados en La Florida donde Meyer y colaboradores en el 2008, reportaron especies del hongo *Hirsutella* atacando *D. citri*, o en China donde Lu y colaboradores en el 2015 reportaron la evaluación de tres (3) aislamientos de *Lecanicillium* spp. encontrados en cadáveres de adultos de *D.citri* bajo condiciones de campo, en diferentes cultivos de cítricos, además de reportes como el de Guarín en el 2007, donde *Lecanicillium longisporum* se expresa en condiciones moderadas de humedad relativa y temperatura en huertos comerciales citrícolas en Brasil causando mortalidad superior al 70% del también Hemiptera, *Praelongorthezia praelonga*. La tendencia a encontrar estos hongos entomopatógenos atacando *D. citri* en el país, puede explicarse por las condiciones medioambientales que se presentan en el trópico, que podrían favorecer en mayor medida el ataque por parte de microorganismo adaptados y que aunque muy posiblemente *Hirsutella* (hongo ampliamente reportado en su ataque a *D. citri*) sea un hongo que se encuentre en Colombia, tenga mayor relación evolutiva con ácaros en esta región (Peña *et al*., 1996).

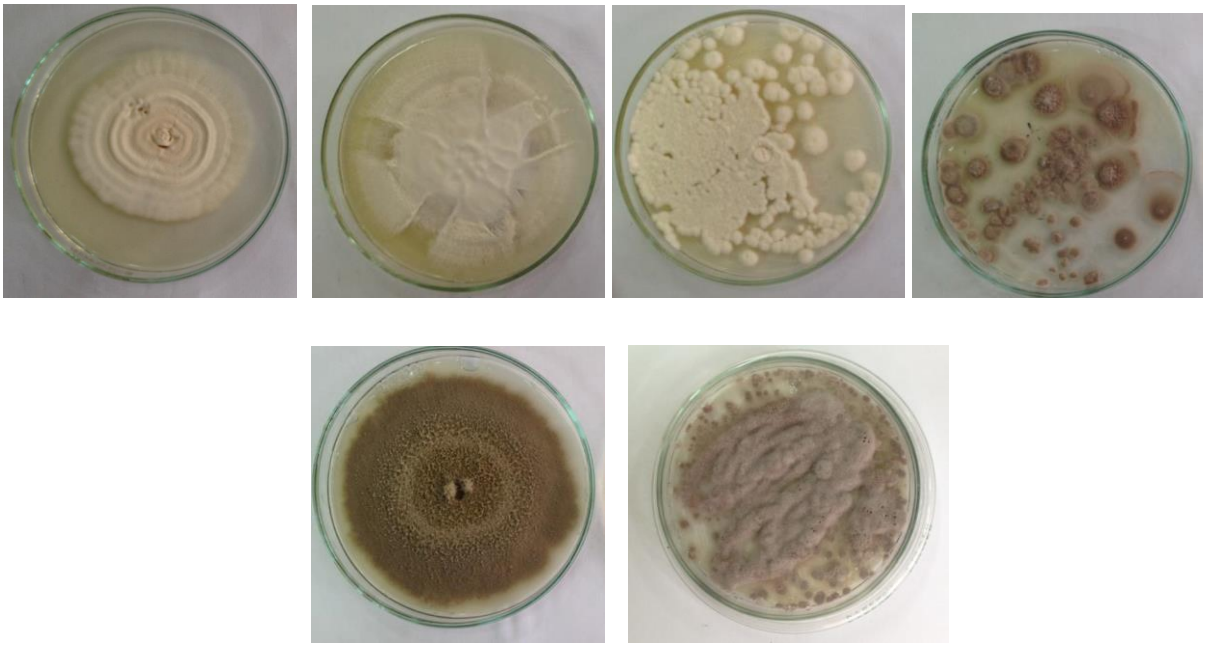


Imagen 4. Hongos entomopatógenos aislados de condiciones de campo infectando *D. citri*

Aquellos aislamientos que cumplieron con las características propias de un hongo entomopatógeno, hacen parte del cepario del laboratorio de Entomología Corpoica CI La Selva y su compatibilidad con productos de síntesis química usados en la canasta citrícola fue evaluada como aspecto preliminar a considerar dentro de un manejo integrado de la plaga. Uno de los efectos observados en los hongos al estar en contacto con los productos, es que hay una disminución en su desarrollo con respecto a un control ausente de cualquiera de ellos, mostrándose una mayor disminución en el desarrollo del hongo cuando está en contacto con el ingrediente activo Acetamiprid más Novaluron.

En estudios futuros, los entomopatógenos almacenados serán evaluados bajo condiciones de campo sobre el insecto de donde se obtuvieron, dentro del producto 2015 que la corporación tiene en su agenda quinquenal. Esta evaluación se realizará considerando todos los factores anteriormente mencionados, principalmente tipo de hospedante, zona citrícola y condiciones medioambientales en la que se aplicará, con desarrollo de una metodología ajustada a condiciones de campo en la que se logre determinar su efecto sobre la población de este importante vector del HLB.

La consideración de muchos de esos factores al momento de pensar en un manejo integrado de *D. citri*, y la interacción de co-evolución generada entre el insecto y el hongo, permitirán dar soporte a la implementación de un control microbiológico, necesario y requerido por el sistema productivo de cítricos Colombiano. A futuro será la principal alternativa que contribuya a la seguridad alimentaria, a la obtención de cosechas de exportación y por ende a un desarrollo en el

sector que ayude a la agricultura familiar y a la economía del país e integrarse al Modelo ARCO impulsado por los diferentes actores de la mesa temática HLB como parte de la Cadena Productiva de los Cítricos en Colombia.

REFERENCIAS

Alves, S.B. 1998. Fungos entomopatogenicos. En: Alves, S.B. Controle Microbiano de insetos. pp. 289-381. FEALQ, 1163 p.

Botero V, Ochoa F, Zamora J, Ortiz A, Fuel S. et al. 2014. *Diaphorina citri* Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, Corpoica, Asohofrucol

Dossi F and Cônsoli F. 2010. Desenvolvimento ovariano e influência da cópula na maturação dos ovários de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Neotropical Entomology. 39 (3): 414-419

Gandarilla F, Galán L, López J, Rodríguez R, Quintero I. 2013. Optimization of pathogenicity tests for selection of native isolates of entomopathogenic fungi isolated from citrus growing areas of México on adults of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Florida Entomologist 96(1):187-195.

Guarin-Molina, J.H. 2007. Efeito do controle microbiano em insetos sugadores em tres Sistemas de manejo de pragas de citros. Tesis de doctorado. ESALQ/ USP. 106 p.

Lu L, Cheng B, Du D, Hu X, Peng A, Pu Z, Zhang X, Huang Z, Chen G. 2015. Morphological, molecular and virulence characterization of three *Lecanicillium* species infecting Asian citrus psyllids in Huangyan citrus groves. Journal of Invertebrate Pathology 125: 45–55.

Meyer J, Hoy M, Boucias D. 2007. Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. Journal of Invertebrate Pathology 95: 101-109.

Peña J, Osbome L, Dunca R. 1996. Potential of fungi as biocontrol agents of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). Entomophaga 41(1): 27-36.

VIGILANCIA DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE), INSECTO VECTOR DE LA ENFERMEDAD HUANGLONGBING –HLB- DE LOS CÍTRICOS

Emilio Arévalo Peñaranda[1] Luz Adriana Castañeda[2]; William King Cárdenas[3]; Oscar Fuentes Murillo[4]; Jorge Hernán Palacino Córdoba[5]

[1]. Director Técnico de Epidemiología Agrícola y Vigilancia Fitosanitaria. Carrera 41 17-81 Bogotá D.C
[2]. Directora Técnica de Análisis y Diagnóstico Agrícola. Avenida El Dorado No 42 42 Bloque 4 Bogotá D.C
[3]. Grupo Nacional de Trabajo HLB de los cítricos, ICA Tolima
[4]. Grupo Nacional de trabajo HLB de los cítricos, ICA Oficinas Nacionales
[5]. Grupo Nacional de Trabajo HLB de los cítricos, ICA Quindío

INTRODUCCION

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, ejecuta acciones de vigilancia fitosanitaria directamente o a través de sensores externos, sobre plagas de importancia económica y cuarentenaria en Colombia. La vigilancia tiene como objetivo mantener actualizada la información sobre la condición fitosanitaria de país, que permita emitir oportunamente medidas y procedimientos para mejorar el estatus fitosanitario. Dentro de las plagas vigiladas para los sistemas productivos de cítricos, un 40% corresponde a insectos plaga, un 38% a hongos, un 9% a virus mientras que el 13% restante corresponde a vigilancia en agentes causales del tipo bacterias, ácaros, viroides (ICA, DTEVF, 2014) (Gráfico 1).

Plagas incluidas en la vigilancia:

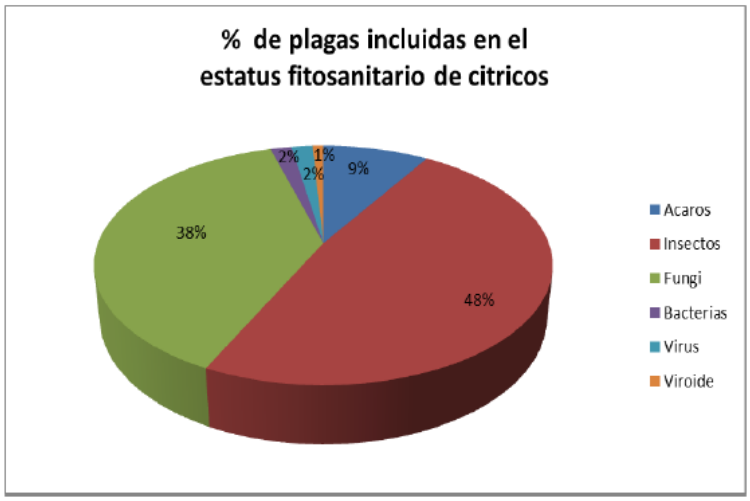


Figura 1. Status fitosanitario para las plagas de cítricos vigiladas por el ICA. 2014

Insectos:

Compsus sp.
Praelongorthezia praelonga (Douglas)
Aphis spiraecola Patch
Diaphorina citri Kuwayama
Phyllocnistis citrella Stainton
Selenaspidus articulatus (Morgan)
Toxoptera aurantii Boyer de Fonscolombe
Acaros fitófagos:
Brevipalpus phoenicis (Geijskes)
Panonychus citri (McGregor)
Phyllocoptruta oleivora (Ashmead)
Polyphagotarsonemus latus (Banks)
Schizotetranychus hindustanicus (Hirst)
Hongos

Rosellinia bunodes (Berk. & Broome) Sacc.
Phytophthora citrophthora (R.H. Sm. & E. Sm.) Leonian
Alternaria sp.
Mycosphaerella tassiana (de Not.) Johanson
Virus
Citrus tristeza virus
Citrus leprosis virus

EL PSILIDO ASIATICO DE LOS CITRICOS

EL psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), vector del Huanglongbing (HLB) de los cítricos, fue descrita de colectas realizadas en árboles de cítricos en Schinchiku, Taiwan en 1907 (Halbert y Manjunath, 2004). A esta especie se le ha reportado en la región Indomalaya, en India; luego se reportó en China y Taiwán. Esta especie está ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de Asia. Es un insecto plaga con categoría cuarentenaria (OEPP/EPPO, 1988) y está establecido ampliamente en las zonas citrícolas del mundo (Catling, 1970; Wooler *et al.*, 1974; CABI/EPPO, 2001; EPPO, 2005). El psílido vector fue observado por primera vez en Colombia en el Departamento de Tolima en el año 2007 (King, 2012).

Los miembros de la familia Liviidae pertenecen al orden Hemíptera y al suborden *Stenorrhynca* junto con los áfidos o pulgones, los filoxeras, las escamas y las mosquitas blancas. Todos estos insectos son considerados el grupo más primitivo dentro de las chinches verdaderas. Los psílidos se caracterizan por ser insectos de tamaño pequeño parecidos a las “chicharras”. Poseen dos pares

de alas membranosas. Las alas del metatórax son de una consistencia más dura que el par de alas mesotoráxicas. La venación alar es simple sin especializaciones particulares.

Presentan un rostrum dirigido hacia atrás que sobrepasa la base de las patas anteriores; éstas presentan tarsos de 2 segmentos y con un par de uñas. Las patas posteriores están adaptadas para saltar por lo que son más gruesas y fuertes. Las antenas presentan 10 segmentos. Los huevecillos de *D. citri* son de color amarillo claro brillante (cuando son recién depositados) y se tornan a brillante anaranjado. Presentan una forma ovoide, con una prolongación alargada hacia una de las puntas. Miden aproximadamente 0.30 mm de longitud y 0.14 mm de ancho. Los huevecillos son colocados generalmente en los brotes tiernos, sobre y entre las hojas desplegadas, apareciendo con frecuencia un gran número en un mismo brote, una hembra puede llegar a ovipositar más de 800 huevecillos. Este insecto pasa por cinco instares ninfales, que varían en tamaño después de cada muda. El último instar se caracteriza por presentar los primordios alares de mayor tamaño. (Pacheco Covarrubias *et al.*, 2011).

Las ninfas son de color anaranjado-amarillo, sin manchas abdominales, aplanadas dorso ventralmente, con esbozos alares abultados, un par de ojos rojos compuestos y dos antenas de color negro. Presentan filamentos a lo largo del abdomen. Los primordios de las alas son conspicuos. Hilos cerosos cortos pueden estar presentes sólo en el ápice del abdomen. Se alimentan de tejidos tiernos y pueden doblar las hojas en desarrollo para protegerse durante el proceso de alimentación. El ciclo ninfal se puede completar en 15 días a una temperatura de 28º C. En períodos secos los adultos pueden ser abundantes en tanto que las ninfas están ausentes (Alemán *et al.*, 2007).

En Colombia, la duración del ciclo de desarrollo de *D. citri* en tres hospederos (*Murraya paniculata*, *Swinglea glutinosa* y *Citrus sinensis*) estadísticamente no presentó diferencias significativas mostrando valores de 23,36 , 21,88 y 22,59 días respectivamente, considerando que se manejó bajo las mismas condiciones ambientales, con temperatura promedio de 23,85 °C más o menos 0,91 °C, humedad relativa 68% más o menos 2% y fotoperiodo 12:12 (horas luz :oscuridad). La temperatura es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento de los artrópodos. Los resultados muestran el efecto de la temperatura sobre el desarrollo, supervivencia, longevidad y reproducción de *D. citri*. La temperatura óptima de desarrollo fue de 27 °C, resultado que coincide con otros estudios realizados en condiciones de laboratorio (Ortiz *et al.*, 2013).

Murraya paniculata y *Swinglea glutinosa*, pueden jugar un papel importante en la expansión del insecto vector. Ambas especies son introducidas y se encuentran ampliamente distribuidas en áreas urbanas, la primera como plantas de jardín o utilizadas para adornos ornamentales; la segunda se utiliza como cercos vivos de fincas y cerramientos residenciales. Ambas especies pueden producir brotes continuamente, por el tipo de manejo al que son sometidas. Esto podría servir como un hospedero alterno y mantener poblaciones de *D. citri* durante el período cuando los brotes jóvenes de cítricos no están disponibles en los cultivos comerciales (Ortiz *et al.*, 2013).

La detección del psílido asiático de los cítricos (PAC) es necesaria para establecer tempranamente medidas de contingencia en aquellas regiones donde la enfermedad Huanglongbing (HLB) no está aún presente. En áreas donde la enfermedad ya está establecida, el monitoreo del insecto es necesario para un manejo más eficiente, ya

sea en lotes individuales o aéreas más amplias basado de las fluctuaciones de la densidad de población (Monzo *et al.*, 2015). El manejo del insecto basado en umbrales ha mostrado ser económicamente más eficiente que las aplicaciones calendario, al tiempo que pueden retrasar la aparición de resistencia en insectos, reduce el riesgo de exceder niveles de residuos permitidos y aumenta la compatibilidad con el control biológico (Monzo *et al.*, 2014 citado por Monzo *et al.*, 2015).

Considerando los mecanismos de dispersión de la enfermedad, en las regiones citrícolas donde no se tienen registros de la presencia de HLB se realizan inspecciones constantes encaminadas a la búsqueda de síntomas en material vegetal y a la colecta del psílido asiático de los cítricos para conocer si es portador de la bacteria. El HLB por lo general inicia por las orillas de las huertas, sin embargo, es importante mencionar que se puede dispersar hacia el centro de las mismas incluyendo zonas densamente pobladas de cítricos (Gottwald, 2010).

El Huanglongbing (HLB) de los cítricos, es considerada la enfermedad más devastadora de estas especies a nivel mundial, tanto por la disminución en la calidad de la fruta, como por la muerte económica del árbol (Bové, 2006), por ejemplo en el caso del estado de Florida, donde la enfermedad fue reportada en 2005, la Universidad de la Florida calcula que debido al HLB, la producción de cítricos entre 2005 y 2011 se ha reducido en un 23% con el consiguiente impacto en la economía del estado (Hodges y Spreen, 2011).

La enfermedad se encuentra asociada a tres especies de proteobacterias restringidas al floema: *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las), *Ca. Liberibacter africanus* (Laf) y *Ca. Liberibacter americanus* (Lam) (Folimonova y Achor, 2010). En Brasil están presentes las variantes americanus y asiaticus, en el resto del continente está presente la variante asiaticus. La forma africanus está restringida al continente africano. Las bacterias son trasmitidas a la planta por el psílido vector o por yemas vegetativas en el proceso de injertación.

El HLB de los cítricos fue detectado por primera vez en el continente americano en Brasil, específicamente en el estado de San Pablo (2004) de donde se expandió a Minas Gerais y Paraná en 2007. En los Estados Unidos fue detectada en Florida en 2005, otros estados que han reportado la enfermedad son Luisiana (2008), Georgia (2009), Carolina del Norte (2009), Texas (2012) y California (2012). Otros países del continente con presencia de HLB son: Cuba (2007), República Dominicana (2008), Puerto Rico (2009), México (2009), Belice (2009), Guatemala (2009), Jamaica (2009), Honduras (2010), Nicaragua (2010), Costa Rica (2011) y Paraguay (2012).

REPORTE DE INSECTOS PSILIDOS ASOCIADOS A LOS CITRICOS EN EL MUNDO

Tabla 1. Psílidos de los cítricos alrededor el mundo (Halbert, 2015).

Género	Epecies	Autor	Año	Genero original	Hospedantes Rutaceae	Hospedan-tes no Rutaceae	Reportado en Rutaceas	Registro Original	Registro Actual
Cacopsylla	*citricola*	Yang & Li	1984	*Psylla*	*Citrus grandis, Citrus medica* (Descripción original)		Descripción original	Guangs -huang Yunnan, China	No reportado
Cacopsylla	*citrisuga*	Yang & Li	1984	*Psylla*	*Citrus grandis, Citrus medica* (Descripción original)		Descripción original	Guangs h-uang Yunnan, China	No reportado
Cacopsylla	*evodiae*	Miyatake	1965	*Psylla*	*Euodia meliifolia, Murraya paniculata, Zanthoxylum beecheyanum, Toddalia asiatica, Citrus* (Inoue 2006)		Descripción original; *Citrus*: Inoue 2006	Japón	Japón, Taiwan
Cacopsylla	*fagarae*	Fang & Yang	1986	*Psylla*	*Zanthoxylum cuspidata*		Descripción original	Taiwan	
Cacopsylla	*heterogena*	Li	2010	*Cacopsylla*	*Citrus*		Descripción original	Yunnan Province, China	Descono-cido
Cacopsylla	*murrayi*	Mathur	1975	*Psylla*	*Bergera koenigii*		Descripción original	Uttar Pradesh, India	
Cacopsylla	*toddaliae*	Yang	1984	*Psylla*	*Toddalia asiatica*		Descripción original	Taiwan	Taiwan, Ishigaki & Okinawa, Japón
Calophya	*evodiae*	Yang	1984	*Calophya*	*Tetradium glabrifolium*		Descripción original	Taiwan	
Diaphorina	*amoena*	Capener	1970b	*Diaphorina*	Reportado por da Graça 1991	*Strychnos innocua*	da Graça 1991	Natal, Sudáfrica	No reportado
Diaphorina	*auberti*	Hollis	1987a	*Diaphorina*	*Citrus* (Descrip-ción original)		Descripción original	Islas Comoro	Islas Comoro
Diaphorina	*citri*	Kuwayama	1907	*Diaphorina*	Muchas especies , Halbert & Manjunath 2004	*Ficus carica* ? (TX, 2011)	Descripción original	Subcontine nte Indio	Ha colonizado los citricos cultivados de todas las regiones del mundo, excepto el mediterrá-neo y Australia.
Diaphorina	*communis*	Mathur	1975	*Diaphorina*	*Bergera koenigii*, ocasionalmente Citrus		Descrip-ción original	Uttar Pradesh, India	India, Bhutan

Género	Epecies	Autor	Año	Genero original	Hospedantes Rutaceae	Hospedan-tes no Rutaceae	Reportado en Rutaceas	Registro Original	Registro Actual
Diaphorina	*loranthae*	Capener	1973	*Diaphorina*		*Loranthus zeyheri*	Sobre una planta parásita en cítricos	Sudáfrica	Sur Africa
Diaphorina	*murrayi*	Kandasamy	1986	*Diaphorina*	*Murraya exotica*		Descrip-ción original	Chennai, India	
Diaphorina	*punctulata*	Pettey	1924	*Euphalerus*	Reportada sobre *Citrus* por Catling & Atkinson 1974	*Sclerocarya caffra*	Catling & Atkinson 1974	Durban, Natal	Africa del Sur
Diaphorina	*zebrana*	Capener	1970b	*Diaphorina*	Reportada sobre *Citrus* por Catling & Atkinson 1974	*Ozoroa reticulata, Ozaroa spaerocarpa*	Catling & Atkinson 1974	Swaziland	Africa del Sur
Leuronota	*fagarae*	Burckhardt	1988	*Leuronota*	*Zanthoxylum* (=*Fagara*) *rugosa* Descripción original; *Zanthoxylum fagaraen e* n Florida		Descripción original	Paraguay (descrita)	Florida (Aparente-mente introdu-cida)
Mesohomo toma	*lutheri*	Enderlein	1918	*Udamostigma*		*Urena lobata, hibiscus*	Aubert & Quilici 1984 (Alimentándos e en muy poca frecuencia, ninfas no	Sub-continente Indio	India
Psylla	*loranthae*	Capener	1973	*Psylla*		*Lauran-thus kiassinus*	Sobre una planta parásita en cítricos	Sudáfrica	Sudáfrica
Trioza	*citroimpura*	Yang & Li	1984	*Trioza*	*Citrus reticulata* (Descripción original)		Descripción original	Xishuang banna Dai autonomous region, Yunnan, China	No reportado
Trioza	*erytreae*	del Guercio	1918	*Aleurodes*	Limon (Descripción original), muchos cultivares de *Citrus*		Descripción original	*Eritrea*	Africa del Sur, Galicia (España) y alrededores de Oporto (Portugal) (no ampliament e distribuido, Pérez-Otero *et al.*, 2015)
Trioza	*litseae*	Bordage	1898	*Trioza*		*Litsea laurifolia*; también puede causar daño en *Vanilla*	Aubert & Quilici 1984	Reunion	No reportado

Con relación a otros psílidos que pueden tener ocurrencia en hospedantes de la familia Rutaceae, Halbert et al. (2004) reportan las siguientes especies:

D. auberti Hollis, 1987,
D. communis 1975 Mather y Aubert (1987), *D. murrayi* 1986, Kandasamy,
D. punctulata (Pettey 1924) *D. zebrana* Capener 1970b.
Mesohomotoma lutheri (Enderlein 1918) (=*Udamostigma lutheri* Enderlein),
Psylla citricola Yang & Li 1984, *Psylla citrisuga* Yang & Li 1984, *Psylla murrayi* Mathur 1975,
Trioza citroimpura Yang & Li 1984,
Trioza erytreae (del Guercio 1918) (= *Aleurodes erytreae* del Guercio, = *Trioza citri* Laing, = *Trioza merwei* Pettey, = *Spanioza merwei* Pettey, = *Spanioza erythreae* del Guercio Hollis 1984), y
Trioza litseae Bordage 1898 (=*Trioza eastopi* Orian 1972).

METODOLOGIA

Distribución geográfica. Se efectúo un muestreo al azar en el área urbana y rural de 24 departamentos de Colombia, que consistió en la inspección de plantas de la familia Rutaceae en huertos, viveros, setos, traspatios y plantas de jardín. Cada sitio fue referenciado geográficamente con un GPS Garmin.

Muestreo

La revisión del árbol se hizo, inspeccionando los cuatro costados del árbol hasta su altura media. En caso de detectar la presencia del psílido se procedió de la siguiente manera:

Usando un pincel humedecido con alcohol, se llevaron los insectos tanto adultos como ninfas a frascos con alcohol al 70%. Para inmaduros se procedió de la misma manera, teniendo la precaución de revisar con lupa y evitar que al envasarlos la muestra llevara partes de brote terminal, a fin de evitar todo tipo de contaminación al momento de ingreso a laboratorio.

En otras ocasiones, con ayuda de una jama entomológica se capturaron los insectos en estado adulto, vaciando el contenido completamente en una bolsa plástica con cierre hermético, se observó y verificó la captura de adultos en su interior para luego pasarlos con la ayuda de una pinza a frascos con alcohol al 70%.

Todas las muestras se rotularon según el protocolo establecido por la Dirección Técnica de Epidemiología Agrícola y Vigilancia Fitosanitaria, con los datos de campo en cada una de las muestras (hospedante, datos de altitud, longitud y latitud, municipio, departamento, nombre del colector y fecha de recolección). Esta información se registró en el formato de rastreo de *D. citri*.Las muestras de los psílidos, junto con el formato de rastreo de *D. citri* fueron remitidas al Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario y Mitigación de Riesgos del ICA en Tibaitatá.

Detección de la bacteria

Las muestras del psílido fueron remitidas con el formato de rastreo de *D. citri* al Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario y Mitigación de Riesgos del ICA en Tibaitatá. La detección de la bacteria *Ca*. L. *asiaticus* a partir del psílido vector, fue diagnosticada siguiendo la técnica propuesta por Manjunath *et al.* (2008) e implementada por el ICA. Esta técnica consiste en una reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (real time PCR o qPCR) que detecta un fragmento específico del 16s del DNA ribosomal del patógeno (Manjunath et al. 2008).

La técnica es lo suficientemente sensible para detectar el patógeno presente en la hemolinfa y las glándulas salivales aún de un solo individuo, ya sea ninfa o insecto adulto. Se realizaron PCR convencionales con posterior secuenciamiento de segmentos de interés para comprobar los resultados.

RESULTADOS

RASTREO DE *Diaphorina citri* EN COLOMBIA DURANTE 2014.

Se realizó el rastreo nacional para la vigilancia a *D. citri* y el HLB en el territorio nacional, inspeccionando huertos comerciales, viveros, traspatios, y cercos vivos durante 2014.

Se realizaron 2269 visitas a huertos comerciales, 246 a viveros, 896 a traspatios, 180 a plantas o jardines urbanos, y 89 cercas vivas (limón swinglea o mirto). La distribución del número de visitas de acuerdo a tipo de lugar visitado se puede observar en la figura 2.

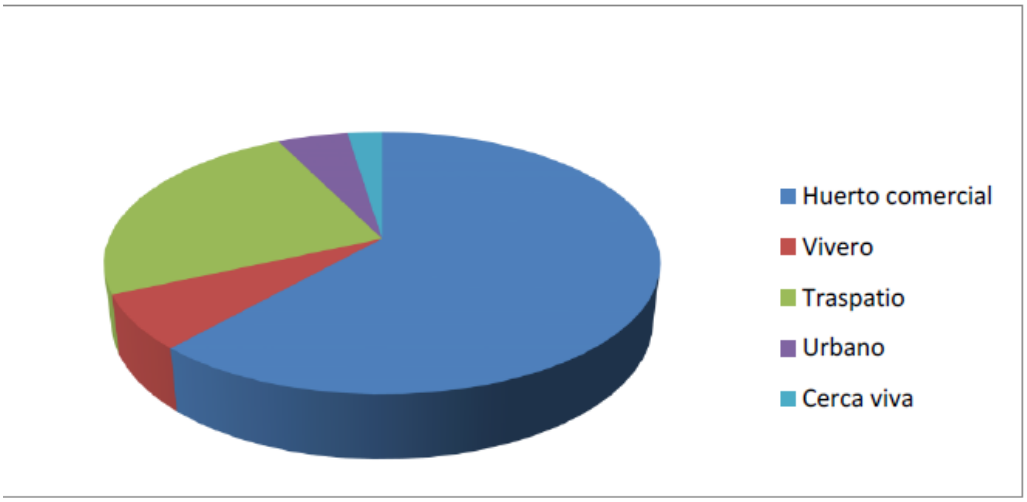


Figura 2. Distribución de visitas realizadas de acuerdo a tipo de lugar visitado.

Hospedantes del psílido

Con relación a las especies hospedantes reportadas en estas 3680 visitas, en la tabla 2 se presentan los valores y respectivos porcentajes por especies. Para el 2014 el 40% de las

visitas se realizó en predios con naranjas dulces, seguido por limas ácidas y mandarinas con 32.8% y 14.8% respectivamente. En total las visitas a especies de *Citrus* sp. fue de 93.6% mientras que a otras especies de la familia Rutaceae, mirto y limón swinglea fue de 7.3% con 121 visitas a mirto y 118 en limón swinglea.

Tabla 2. Especies vigiladas para la detección del Huanglongbing (HLB) de los cítricos y *D. citri* durante el 2014.

ESPECIE VIGILADA	Visitas (No.)	Porcentaje (%)
Naranjas dulces	1465	40,0
Limas ácidas	1208	32,8
Mandarina	545	14,8
Tangelo, Pomelo,Toronja		
Mirto	121	3,2
Swinglea	118	3,2
Varias especies comerciales	120	3,2
TOTAL	**3680**	**100,0**

Ubicación del psílido

En la figura 3, se observa el número de visitas realizadas por departamento vigilado; se destacan por número de visitas Antioquia (11,0%), Quindío (9,15%), Meta (6,9%), Santander (6,8%), Cundinamarca (6,7%), Valle (5,9%), Caldas (5,9%) y Norte de Santander (5,6%).

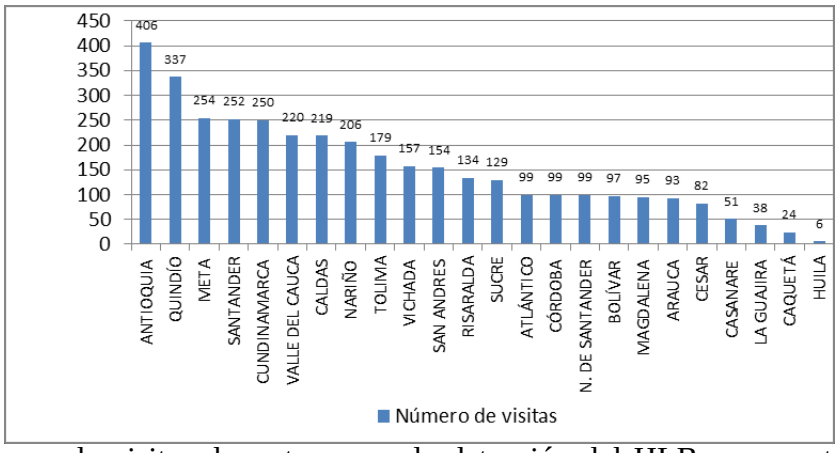


Figura 3. Número de visitas de rastreo para la detección del HLB y su vector realizada por departamento en Colombia durante 2014.

La figura 4, muestra el número de municipios inspeccionados por departamento, el cual fue de 309 en 2014, destacándose Antioquia y Cundinamarca con 40 y 38 respectivamente, seguido por Tolima, Santander y Bolívar con 20.

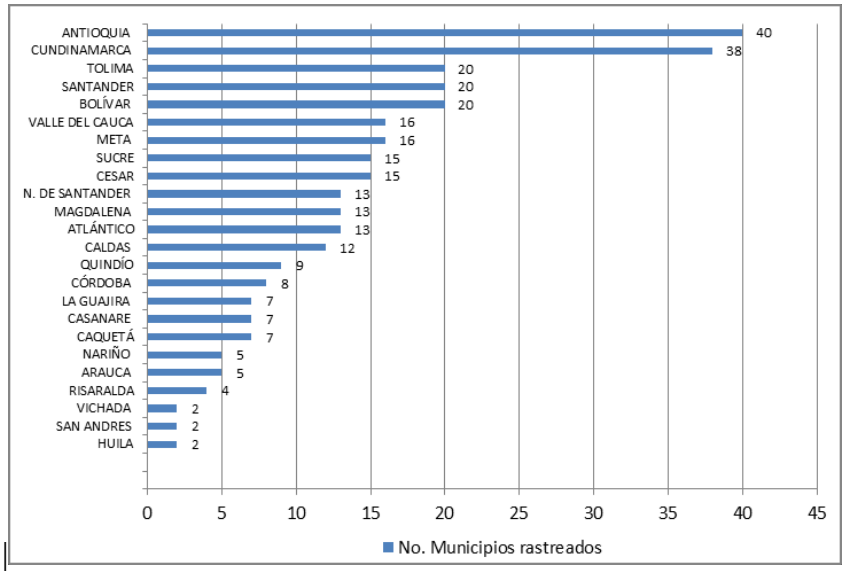


Figura 4. Número de municipios visitados por departamento en Colombia durante 2014.

Detección de la bacteria

El número total de muestras enviadas por cada Departamento al Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario del ICA para la detección del HLB se pueden visualizar en la figura 5.

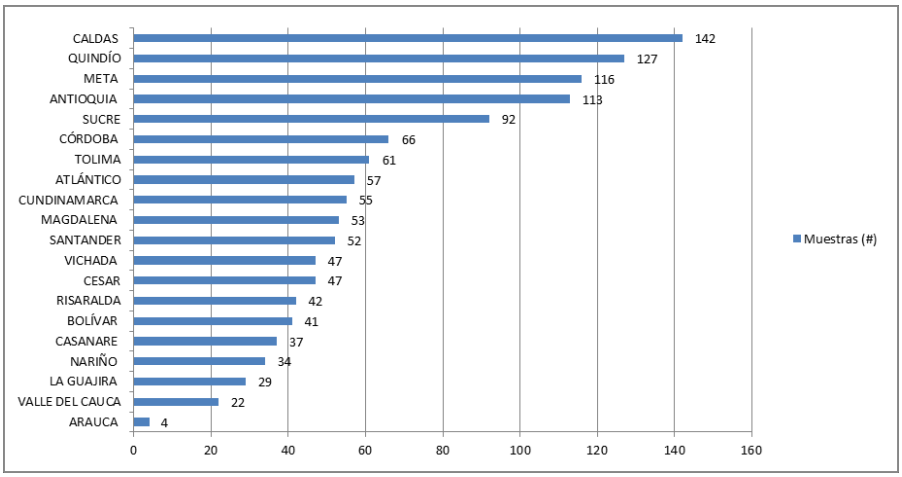


Figura 5. Muestras para diagnóstico de HLB, tomadas por departamento en 2014.

Este comportamiento varía principalmente en función de la población del psílido, eneste sentido Caldas (11.5%), Quindío (10.3%), Meta (9.4%), Antioquia (9.1%), Sucre (6.2%), Córdoba (5.9%), Córdoba (5.6%) y Tolima (5.2%) reportan mayor envío de muestras al

Laboratorio Nacional de Diagnóstico Agrícola para la detección de *Candidatus* Liberibacter asiáticus. Los Departamentos de Caquetá, Huila y la Isla de San Andrés no reportaron muestras en 2014, a diferencia del año anterior, no obstante ser localidades con la presencia del insecto vector desde vigilancia dentro del status para esta especie.

Con relación al porcentaje de sitos visitados en cada localidad en los cuales se reportó la presencia de *D. citri*, la figura 6 muestra la tendencia encontrada, teniendo en cuenta que debe asociarse el valor obtenido con el área citrícola del Departamento y el número de visitas realizadas. Entonces es de importancia resaltar valores cercanos al 40% para las capturas del vector en el Quindío, superiores al 40% para el Tolima y entre el 60 y 64% para los departamentos del Meta y Caldas.

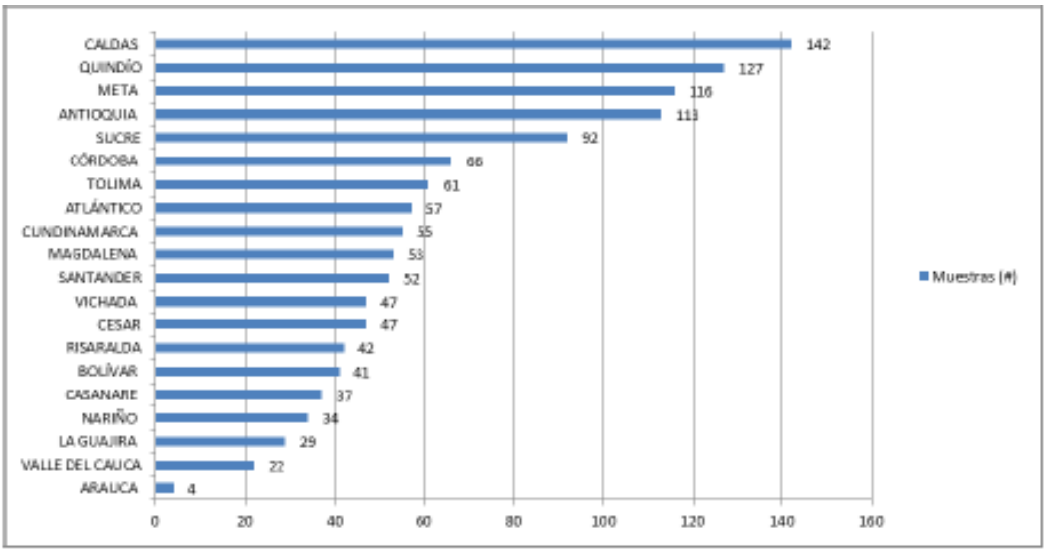


Figura 6. Porcentaje de sitios visitados en los que se encontró el vector *D. citri* durante 2014.

Comportamiento del psílido frente a la altura

Se encontró el psílido vector *D. citri*_entre rangos altitudinales comprendidos entre un metro sobre el nivel del mar (msnm) en Municipio de Suan (Atlántico) en lima ácida, hasta los 1710 msnm en el Municipio de Silvania (Cundinamarca). En la tabla 3, se observa que la presencia del psílido vector de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar, esta fue mayoritaria en alturas menores a 500 msnm con 788 visitas que constituyen el 53.9% de los predios en los que se encontró el insecto. Es necesario anotar que el área rastreada por debajo de la cota de 500 msnm solo corresponde al 10% del área rastreada, lo que es indicativo de las muy altas poblaciones encontradas en las áreas más cálidas del país.

Tabla 3. Distribución *D. citri* con relación a la altitud en Colombia.

Altitud (msnm)	**Registros positivos al PAC(No.)**	Área atendida
0 - 500	788	1639,5
500 - 1000	255	5867
1000 - 1500	404	8450
1501 - 2000	14	44,3
TOTAL	**1461**	**16000,8**

EL PSILIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS *Diaphorina citri* COMO PORTADOR DE UNA NUEVA BACTERIA *Candidatus Liberibacter caribbeanus* EN COLOMBIA

Durante el año 2014, dentro de las labores de vigilancia para la detección de *Candidatus Liberibacter* spp. el Instituto Colombiano Agropecuario en asocio con USDA y la Universidad de California en Riverside, detectó en la zona Caribe la presencia de una nueva bacteria por medio de los métodos rutinarios para la detección de las bacterias causantes de HLB (Teixeira *et al.*, 2005; Wulff *et al.*, 2014; Duan *et al.*, 2009; Lin *et al.*, 2010). Esta fue primero encontrada en el insecto vector y luego en muestras de tejido vegetal de dos árboles de traspatio de la familia Rutaceae en los cuales igualmente se evidenció la presencia de *D. citri:* Naranja dulce (*Citrus sinensis*) y mirto (*Murraya paniculata*).

A través de estudios genéticos realizados utilizando PCR en tiempo real, metagenómica y PCR digital, se encontró que la bacteria asociada correspondía a una nueva especie para la ciencia y se propuso el nombre de *Candidatus Liberibacter caribbeanus*, ya que es genéticamente diferente a las especies reconocidas hasta el momento dentro de este género (Manjunath *et al.*, 2015).

La bacteria *Ca*. L. caribbeanus ha sido encontrada en muestras en 125 sitios visitados (123 en insectos y 2 en plantas) en 16 departamentos de Colombia. Las dos muestras vegetales positivas a la presencia de *Ca*. *L. caribbeanus* corresponden una a la especie mirto y la otra a naranja valencia localizados en el Municipio de Chinú (Departamento de Córdoba). En ninguna de las dos plantas positiva se han presentado síntomas característicos de HLB, sin embargo se están realizando pruebas de patogenicidad para verificar si esta bacteria es un organismo causante de enfermedad.

CONCLUSIONES

El psílido asiático de los cítricos se ubica en Colombia en un rango altitudinal amplio desde el nivel del mar hasta los 1.710 msnm.

Se analizaron en laboratorio los especímenes del psílido procedentes de 24 departamentos, y resultaron negativos a las bacterias asociadas con HLB.

En Colombia se detectó una nueva bacteria en adultos de *D. citri* así como en tejido vegetal de cítricos, cuyo nombre propuesto es *Candidatus Liberibacter caribbeanus*. Se están realizando estudios sobre la patogenicidad con esta bacteria.

Actualmente se lleva a cabo el proceso de secuenciación de *Candidatus Liberibacter caribbeanus* a partir de psílidos y su respectivo análisis filogenético.

Un nuevo método, PCR digital, fue utilizado para la detección absoluta de la nueva especie, que basado en el análisis de la secuencia 16S es aproximadamente 92-96% diferente de todos las bacterias del género Liberibacter reportadas.

Colombia continúa con la condición de país libre al HLB de los cítricos.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a los agricultores y empresarios productores de cítricos que permitieron realizar la vigilancia fitosanitaria en sus fincas y participaron de las diferentes actividades. Al personal de campo ICA en cada departamento por su valioso aporte a la vigilancia de los cítricos. Al personal del Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario del instituto en Mosquera por su importante trabajo en el diagnóstico de las muestras.

REFERENCIAS

Alemán J, H Baños y J Ravelo. 2007. Diaphorina citri y la enfermedad Huanglongbing: Una combinación destructiva para la producción citrícola. Revista de Protección Vegetal. 22(3): Versión On-line ISSN 2247-0149.

Bove, J.M. 2006 Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. J. Plant Pathol. 88:–37.

CABI/EPPO. 2001. *Diaphorina citri*. Distribution maps of plant pests, Map. No. 334. CAB International. Wallingford, UK:

Catling H D. 1970. Distribution of the psyllid vectors of citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. FAO Plant Protection Bulletin 18: 8-15.

Duan Y, Zhou L, Hall DG, Li W, Doddapaneni H, Lin H, Liu L, Vahling CM, Gabriel DW, Williams KP, Dickerman A, Sun Y, Gottwald T. 2009. Complete genome sequence of citrus huanglongbing bacterium, *'Candidatus Liberibacter asiaticus'* obtained through metagenomics. Mol Plant Microbe Interact. Aug; 22(8): 1011-20. doi: 10.1094/MPMI-22-8-1011.

Folimonova S Y, Achor D S. 2010. Early events of citrus greening (Huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. Phytopathology. 100(9): 949-58.

Gottwald, T.R.(2010) Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. Annu. Rev. Phytopathol. 48: 119–139.

Harbert, S. E.; K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87(3):330-353.

Hodges A. W., Spreen T.H. 2011. Economic impacts of citrus greening (HLB) in Florida, 2006/072010/11. Food and Resources Economic Departament. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Gainsesville. Florida.

King, C. W.H. 2012. Dispersión de *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae) en el departamento del Tolima (Colombia). Rev. Tumbaga Ibagué. T. (Colombia), Número 7, Año 2012, ISSN 1909-4841, pp. 51-60.

Lin H, Chen C, Doddapaneni H, Duan Y, Civerolo EL, Bai X, Zhao X. 2010. A new diagnostic system for ultra-sensitive and specific detection and quantification of *Candidatus* Liberibacter *asiaticus*, the bacterium associated with citrus Huanglongbing. J Microbiol Methods. Apr;81(1):17-25. doi: 10.1016/j.mimet.2010.01.014. Epub 2010 Jan 22.

Manjunath L. Keremane, Chandrika Ramadugu, Adriana Castañeda, Jorge E.A. Diaz, Emilio A. Peñaranda, JianchiChen, Yong Ping Duan, Susan Halbert and Richard F. Lee. 2015. *Candidatus* Liberibacter *caribbeanus*, a new citrus associated Liberibacter from Colombia, South America. In: IV International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida, USA. February 9-15. (Poster).

Manjunath, K. L., Halbert, S. E., Ramadugu, C., Webb, S., Lee, R. F. 2008. Detection of *Candidatus* Liberibacter *asiaticus*" in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus huanglongbing in Florida. Phytopathology 98: 387-396.

Monzo, C., Arévalo, H. A., Jones, M. M., Vanaclocha, P., Croxton, S. D., Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. 2015. Sampling methods for detection and monitoring of the asian citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). Environmental Entomology, nvv 032.

Normes OEPP, EPPO. 2005. Standards, Diagnostics, Organisation Europenne et mediterranenne pour la Protection des Plantes,1, rue Le Nutre, 75016 Paris, France, PM 7/57, OEPP/EPPO, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 35, 271ñ273.

OEPP/EPPO (1988) Data sheets on quarantine organisms No. 151, Citrus greening bacterium and its vectors Diaphorina citri & Trioza erytreae. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 18,497-507.

Ortiz Reyes Adriana, Botero Verónica, Ochoa Andrés, Zamora Joan G, Fuel Sonia M, Moná F. Estefany, Mejía Lina M, Guarín Juan H, Orduz Javier, Chaparro Hans N, Arévalo Emilio. 2013. Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: Una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB. Universidad Nacional de Colombia, ICA, CORPOIA, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, ASOHOFRUCOL. pp. 8-18.

Pacheco-Covarrubias J J y J A Samaniego-Russo. 2011. Respuesta diferencial de especies de cítricos a la infestación natural de poblaciones de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psillidae), en el sur de Sonora. México. Entomología Mexicana. Vol 10; 544-548

R. Pérez-Otero 1 , J.P. Mansilla 1 & P. del Estal . 2015. Detección de la psila africana de los cítricos, Trioza erytreae (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae), en la Península Ibérica. Arquivos Entomolóxicos, 13: 119-122.

Teixeira Ddo C, Saillard C, Eveillard S, Danet J L, da Costa P I, Ayres A J, Bové J. 2005. *'Candidatus Liberibacter americanus'*, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. Int J Syst Evol Microbiol. Sep; 55(Pt 5): 1857-62.

Wooler A, Padgham D, Arafat A. 1974. Outbreaks and new records. Saudi Arabia. *Diaphorina citri* on citrus. FAO Plant Protection Bulletin 22: 93-94.

Wulff NA, Zhang, S., Setubal J C, Almeida NF, Martins EC, Harakava R, Kumar D, Rangel L T, Foissac X, Bové J M, Gabriel DW. 2014. The complete genome sequence of *'Candidatus Liberibacter americanus'*, associated with Citrus huanglongbing. Mol Plant Microbe Interact. Feb;27(2): 163-76. doi: 10.1094/MPMI-09-13-0292-R.

TERMITAS ASOCIADAS A CULTIVOS DE FRUTALES EN LA REGIÓN CARIBE COLOMBIANA

Angela M. Arcila Cardona

Ph.D. Investigador. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación Caribia, km 6, Vía Corregimiento Sevilla, Zona Bananera, Magdalena, Colombia.
E-mail: aarcila@corpoica.org.co

TERMITES LIVING ON FRUIT CROPS IN THE CARIBBEAN REGION OF COLOMBIA

Las termitas o comején son un importante grupo de insectos sociales que solían constituir el orden Isoptera, recientemente se propuso ubicarlas dentro del orden Blattodea al cual pertenecen también las cucarachas (Inward *et. al.*, 2008), pero se requiere una reorganización de la clasificación por debajo del nivel de orden, razón por la cual algunos autores rechazan la propuesta anterior (Engel *et al.*, 2009). Notables por ser un grupo importante de plagas estructurales y agrícolas, es menos reconocido su papel como ingenieras de ecosistemas por la importante labor que desempeñan en el ciclo de nutrientes del suelo y en la modificación de la estructura de los mismos (Black y Okwakol, 1997; Giller *et. al*., 1997; Mando y Miedema 1997; Mando *et al*., 1999), especialmente en ecosistemas secos (Yamada *et al*., 2005).

El público en general reconoce a las termitas como consumidoras de madera, esta visión derivada de los hábitos de especies invasoras de amplia distribución (ej: *Cryptotermes brevis* Walker., *Coptotermes formosanus*), sin embargo los hábitos alimenticios de las termitas incluyen gran variedad de sustratos, madera seca, madera en descomposición, árboles vivos, pasturas, detritus y hasta especies cultivadoras de hongos, esta diversificación es notable especialmente en los grupos más derivados de la familia Termitidae (Eggleton y Tayasu, 2001).

Termitas y cultivos

Existen alrededor de 2600 especies de termitas descritas a nivel mundial, con un estimado de 500 a 1000 especies aún por describir (Kambhampati y Eggleton, 2000).

Las termitas afectan cultivos anuales y perennes, especialmente en los trópicos semiáridos y subhúmedos, donde ocasionan pérdidas significativas en producción. En general la incidencia de termitas es mayor en cultivos no irrigados que en irrigados, durante períodos secos que en períodos de lluvia normal, en tierras bajas más que en tierras altas, en plantas estresadas más que en plantas vigorosas y mayor en plantas exóticas que en nativas (UNEP/FAO, 2003).

En América del sur existen 76 géneros (54% endémicos) y 422 especies descritas (90% endémicas) de las familias Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermidae, Termitidae y Termopsidae

(Constantino, 2008). 77 especies de termitas suramericanas han sido reportadas como plaga ya sea de estructuras o de cultivos, pero solo 18 de ellas son consideradas plagas de importancia, el estatus del resto de las especies es incierto y la incertidumbre es más alta para aquellas que son plagas agrícolas (Constantino, 2002).

Se destacan las especies de termitas subterráneas del género *Heterotermes*, especies arbóreas del género *Nasutitermes* y constructoras de montículos del género *Cornitermes*, siendo la caña de azúcar, arroz secano y eucalipto los cultivos más afectados, con reportes de afectaciones en otras especies como maíz, algodón, maní, soya, café, yuca, frutales y algunas hortalizas como las zanahorias (Constantino, 2002).

Los daños ocasionados por las termitas a los cultivos dependen de la magnitud de la infestación y van desde la disminución en la productividad hasta la pérdida total. El daño ocasionado puede ser interno o externo. En un árbol frutal por ejemplo, el insecto puede romper los vasos conductores de alimento y por fuera puede descortezar troncos y ramas permitiendo la entrada de enfermedades (Carrillo, 2003). Los principales tipos de daños reportados son afectaciones a las raíces, daños en hojas y tallos, daño al tejido leñoso (Kalotermitidae), daño en tronco y ramas por especies con nidos arbóreos como *Nasutitermes* y *Microcerotermes* y ahuecamiento del tronco como el ocasionado por especies del género *Coptotermes* (Constantino, 2002).

Africa es el continente donde se presentan con más frecuencia problemas con termitas a nivel agrícola, se ha encontrado que *Microtermes* y *Ancistotermes* pueden causar pérdidas entre el 30%-60% en producción de maíz, mientras que *Amitermes*, *Pseudacanthotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes*, *Microtermes* y *Ancistrotermes* ocasionan pérdidas que promedian el 18% en caña de azúcar. En Pakistán *Microtermes obesi* ha sido asociada con pérdidas del 12% también en caña de azúcar. En el territorio norte de Australia, los perjuicios ocasionados por las termitas *Mastotermes darwiniensis* en los cultivos de marañón, mango y aguacate pueden alcanzar hasta el 30% (UNEP/FAO, 2003). .

Para Suramérica existen muy pocos datos acerca de las pérdidas económicas ocasionadas por termitas en los cultivos, el principal obstáculo para realizar estimativos reales de los daños ocasionados por las termitas es la alta incertidumbre taxonómica del grupo en la región y el gran número de especies no descritas ni estudiadas (Constantino, 2002). Por lo tanto el estatus de plaga de muchas de la especies reportadas como tal está por determinarse aún.

Termitas en Colombia

En Colombia el conocimiento de las termitas es incipiente. El país requiere un esfuerzo grande en consolidar el listado de especies existentes, iniciando por la revisión de las colecciones entomológicas del país y los trabajos publicados en el tema. De igual manera se debe estimular la formación de taxónomos en el grupo y el intercambio con expertos de otros países.

Parra (1993) presenta en su tesis de maestría un listado detallado de las termitas del suroccidente colombiano y su importancia económica. Después Vargas - Niño *et al*. (2005) elaboraron un listado de géneros de la familia Termitidae depositados en las principales colecciones entomológicas del país, reportando un total de 26 géneros repartidos en las subfamilias Termitinae (9), Apicotermitinae (3) y Nasutitermitinae (14). A parte de estas dos iniciativas, no existen otras revisiones que consoliden listados de termitofauna de Colombia o sus regiones.

Los pocos trabajos publicados en el tema de termitas en Colombia se han desarrollado principalmente en el área agrícola (Belloti *et al*., 2002; Abadía y Arcila, 2009, Arcila *et al*., 2013; Abadía *et al.*, 2013) y forestal (Madrigal, 1989; Madrigal, 2003, Gutiérrez *et al*., 2004; Nieto y Gasca, 2010; Lores y Pinzón, 2011; Pinzón *et al.*, 2012) y se enfocan en el reconocimiento de las especies de termitas asociadas a sistemas productivos y la descripción de los daños observados.

De la revisión de los trabajos publicados se reportan termitas ocasionando daños en cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, eucalipto, caucho, acacia, café y varias especies frutales y de tubérculos, pero solo existen cálculos de las pérdidas ocasionadas en yuca las cuales se estiman del 40% en producción y entre 46-100% en material de siembra almacenado (Belloti *et al*., 2002).

Las especies más frecuentemente reportadas como problemáticas pertenecen a los géneros *Heterotermes*, *Microcerotermes*, *Coptotermes* y *Nasutitermes*. De ellos las especies del género *Heterotermes* son un gran desafío para el manejo, ya que sus nidos son subterráneos y difusos lo cual implica el desarrollo de sistemas de monitoreo (Carrascal, 2012) como punto de partida previo a la propuesta de esquemas de control.

Termitas en especies frutales de la región Caribe

El estatus de plaga de las termitas es controvertido, en parte por la incertidumbre taxonómica explicada anteriormente. Además de esto, algunas escuelas de investigación las consideran plaga limitante, mientras que otras las consideran una plaga secundaria o especie oportunista, que aprovecha el tejido muerto de árboles afectados por otros factores como estrés fisiológico y enfermedades.

El paso inicial para el establecimiento del estatus de plaga de un grupo es el reconocimiento de las especies asociadas a los diferentes sistemas de producción y el tipo de afectación provocada. A continuación se resumen los principales resultados del reconocimiento de especies de termitas asociadas a cultivos de cítricos y aguacate por el grupo de investigación agrícola del Caribe seco colombiano de CORPOICA.

Termitas en cultivos de cítricos

En el período 2009-2010 se muestrearon 64 huertos de limón criollo, limón Tahití, naranja y pomelo, distribuidos en 61 fincas de 17 municipios en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena, para un total de 2031 árboles examinados. Se identificaron 17

especies de termitas pertenecientes a dos familias, Termitidae (57%) y Rhinotermitidae (43%). Las especies más comunes fueron de hábitos subterráneos *Microcerotermes* cf *arboreus* (28.1%), *Heterotermes tenuis* (20%) y *Heterotermes convexinotatus* (19%). Los árboles más afectados fueron los de naranja (64%) seguidos de limón Tahití (27%), pomelo (5%) y limón criollo (4%). En promedio en las regiones evaluadas la frecuencia de encuentro de termitas estuvo cercana al 36%, siendo mayor en el departamento de Bolívar (44%), seguido por Córdoba (41%), Cesar (35%), Atlántico (35%) y Magdalena (27%). En las áreas muestreadas el cultivo de cítricos se caracterizó por presentar parcelas de tamaño pequeño, más de la mitad de las fincas visitadas tuvieron una extensión entre 1 y 5 Ha. La mayoría de árboles en los huertos estuvieron en la categoría maduro (5-15 años) y se evidenció una baja tasa de remplazo de árboles viejos (>15 años) Esta situación es especialmente preocupante en el cultivo de naranja donde la mayoría de los árboles están por encima de los 15 años. Parece existir una relación entre la edad de los árboles y la presencia de termitas, las cuales fueron más comunes en árboles viejos (naranja) y árboles jóvenes (limón Tahití). Otros factores frecuentemente observados en las fincas y que favorecen el establecimiento de estos insectos son la falta de podas de formación y sanitarias, la presencia de heridas de poda abiertas sin tratamiento cicatrizante, la acumulación de residuos de poda en los cultivos, el riego por encharcamiento de la base de los árboles y la proliferación de malezas en el pie del árbol.

Termitas en cultivos de aguacate

Entre mayo y diciembre de 2013, se visitaron 73 fincas productoras de aguacate de 26 municipios; 18 fincas para Montes de María, 16 Sierra Nevada de Santa Marta y 39 Serranía del Perijá. Las encuestas de caracterización realizadas, arrojaron que la mayoría de árboles presentaron edades superiores a los 20 años (55,7%), un bajo nivel de tecnificación del cultivo (100%), alta mortalidad de árboles por secamiento descendente (70,5% de las parcelas) e insectos como comején y barrenadores de ramas como las principales plagas reportadas por el productor. Además, el 70% de los árboles visitados presentaron alturas superiores a los 12 m, lo cual dificulta su manejo y cosecha durante el periodo de producción.

Se hallaron 16 morfoespecies asociadas al cultivo de aguacate en la región Caribe, con una incidencia del 30%. Los géneros más frecuentes fueron *Microcerotermes* (30%), *Nasutitermes* (26%) y *Coptotermes* (10%). Otros géneros encontrados fueron *Cornitermes*, *Rhynchotermes*, *Amitermes*, *Anoplotermes* y *Heterotermes*.

A diferencia de lo que ocurre en los cultivos de cítricos, donde las especies subterráneas del género *Heterotermes* son las más frecuentes, en aguacate las especies de hábitos arbóreos (*Nasutitermes* y *Microcerotermes*) adquieren una mayor importancia. Sin embargo en aguacate debe tenerse especial cuidado con las especies subterráneas que puedan provocar heridas en las raíces y facilitar la entrada de *Phythopthora cinamommi*, patógeno de alta incidencia en las áreas productoras.

La existencia de una alta diversidad de especies de termitas en la región Caribe, producto de unas condiciones biogeográficas, de clima y suelo adecuadas, sumado a la presencia de huertos con gran cantidad de árboles viejos y prácticas de manejo favorables a estos insectos; hacen a los cultivos de cítricos y aguacate de la región Caribe, altamente vulnerables a afectaciones por termitas.

Si bien las termitas son muy frecuentes en los cultivos de cítricos y aguacate de la región, aún es necesario dilucidar aspectos importantes como la relación entre los daños observados y la producción y el papel de las termitas como facilitadores de infección por fitopatógenos (hongos), para poder establecer si las termitas son en realidad una plaga de importancia en esto cultivos.

Al margen de esta discusión, la prevención es importante, por ello es recomendable implementar prácticas de monitoreo y manejo de cultivo adecuadas que ayuden a la detección y tratamiento temprano de las colonias de termitas, cuya presencia puede pasar fácilmente desapercibida, especialmente en especies de hábitos subterráneos de anidación o de ahuecamiento del tronco. En aguacate la implementación de podas de formación que permitan mantener árboles de menor porte es de gran importancia y facilitaría el monitoreo de otros problemas fitosanitarios y de actividades como la cosecha.

REFERENCIAS

Abadía, J. C. y A. M. Arcila. 2009. Termitas en cultivos de limón en los departamentos del Atlántico y Magdalena, Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 10(2): 36-46.

Abadia, J.C.; Arcila, A.M.; Chacon, P. 2013. Incidencia y distribución de termitas en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. Revista Colombiana de Entomología: 39(1): 1-8.

Arcila, A. M.; Abadia, J.C.; Achury, R.A.; Carrascal, F.F; Yacomelo, M.J. 2013. Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plaga de los cítricos en la región Caribe de Colombia. CORPOICA. 68p. ISBN 978-958-740-135-6.

Belloti, A. C.; Arias, B.V.; Vargas, O.; Peña, J.E. 2002. Capítulo 11.Pérdidas en rendimiento del cultivo de yuca causadas por Insectos y ácaros. En: Ospina, B. y Ceballos, H. (Eds) la Yuca en el tercer Milenio Sistemas modernos de producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT-CLAYUCA. 585pp.

Black, H.I.J.; Okwakol, M.J.N. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. Applied Soil Ecology 6: 37-53

Carrascal, F. 2012. Identificación y Monitoreo de Termitas Subterráneas con cebos en un cultivo de naranja en la localidad de bahía Concha, Municipio de Santa Marta, Colombia. Tesis de grado Meritoria. Programa Ingeniería Agronómica. Universidad del Magdalena.

Carrillo, L.E.2003. Las termitas se consolidan como plaga agrícola. Gaceta Universitaria. Junio. Universidad de Guadalajara.

Constantino, R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. Journal of Applied Entomology 126: 355-365.

Constantino, R. 2008. Termites (Isoptera) in South America. En: CAPINERA, J. (Ed.). Encyclopedia of Entomology. Volume I. Springer.

Eggleton, P.; Tayasu, I. 2001. Feeding groups, lifetypes and the global ecology of termites. Ecological Research 16: 941-960.

Engel, M.S.; Grimaldi, D.A.; Krishna, K. 2009. Termites (Isoptera): their phylogeny, classification and rise to ecological dominance. American Museum Novitates 3650:1–27.

Giller, K.E.; BEARE, M.H. Lavelle, P.; Izac, A.M.N.; Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology 6: 3-16.

Gutierrez, A.I., Saldarriaga, Y.; Uribe, S.; Pineda, F. 2004. Hongos asociados con termitas y termiteros en plantaciones de eucalipto. Revista Colombiana de Entomología 30(1): 7-13.

Inward, D.; Beccaloni, G.; Eggleton, P. 2007. Death of an order: a comprehensive molecular phylogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. Biology Letters 3(3): 1-5.

Kambhampati, S.; Eggleton, P. 2000. Taxonomy and phylogeny of termites. In: Abe, T.; Bignell, D.E.; Higashi, M. (eds). Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 1–23.

Lores, A.; Pinzón, O. 2011. Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd. en la Costa Atlántica y la Orinoquia Colombiana. Colombia Forestal 14(2): 175-188.

Madrigal, A. 1989. Reconocimiento de insectos dañinos en plantaciones forestales de la Costa Atlántica Colombiana. Sociedad Colombiana de Entomología. Miscelánea 12: 1-24.

Madrigal, A. 2003. Insectos forestales de Colombia, biología, hábitos, ecología y manejo, Medellín. Ed. Marin Vieco Ltda. 593 p.

Mando, A.; Miedema, R. 1997. Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. Applied Soil Ecology 6: 241-249.

Mando, A.; Brussaard, L.; Stroosnijder, L. 1999. Termite and mulch mediated rehabilitation of vegetation of crusted soil in west Africa. Restoration Ecology 7 (1): 33-41.

Nieto, V.; Gasca, G. 2010. Experiencias y avances en el manejo de *Eucalyptus pellita* F. Muell en la Orinoquia Colombiana, Bogotá, CONIF- Ministerio de Agricultura - Refocosta S.A.

Parra, G. 1993. Termitas del área sur-occidental Colombiana y su importancia económica. Tesis Mag. Sc. Medellín, CO, INCIVA (Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas), Universidad de Antioquia.

Pinzon, G.P.; Hernandez, A.M.; Malagon, L.A. 2012. Diversidad de termitas (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) en plantaciones de caucho en Puerto López (Meta, Colombia). Revista Colombiana de Entomología 38(2): 291-298.

UNEP/FAO/Global IPM Facility Expert Group on Termite Biology and Management 2003. Finding alternatives to persistent organic pollutants (POP's) for termite management. United Nations Environment Programme. 47pp.

Vargas-Niño, A.P; Sanchez-Muñoz, O.M.; Serna-Cardona, F.J. 2005. Lista de los géneros de Termitidae (Insecta: Isoptera) de Colombia. Biota Colombiana 6(2): 181-190

Yamada, A.; Inoue, T.; Wiwatwitaya, D.; Ohkuma, M.; Kudo, T.; Abe, T.; Sugimoto, A. 2005. Carbon mineralization by termites in tropical forests, with emphasis on fungus combs. Ecological Restoration 20: 453-460.

ENTOMOLOGÍA PECUARIA

MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS EN EXPLOTACIONES PECUARIAS

Rodrigo Vergara Ruiz[1]; Jades Jiménez V.[2]

[1]I.A., M.Sc. Consultor - roveru64@gmail.com;
[2] Gerente Productos Biológicos Perkins - perkins@uniweb.net.co

1. INTRODUCCIÓN

> **"El antagonismo entre los seres humanos y las moscas se remonta al principio mismo de la historia de la humanidad. Desde hace algunos años, se admite como una casi verdad científica que África Oriental es la única cuna de la humanidad. Se cree que alrededor de un millón de años a.C., el *Homo erectus* emigró desde ahí. Más tarde, aproximadamente 200 000 años a.C., el hombre de Neandertal habría hecho lo mismo. Por último, de 70 000 a 60 000 años a.C., nuestro ancestro directo, el *Homo sapiens*, se asentó en las regiones templadas. ¿Qué presión irresistible hizo que estos primeros grupos humanos se vieran orillados a dejar África para, en tres oleadas sucesivas, colonizar todo el planeta? ¿Guerras territoriales? Es poco probable si consideramos la inmensidad del territorio africano y el número relativamente reducido de estas primeras poblaciones. ¿Condiciones climáticas? ¿Búsqueda de alimento? ¿Espíritu de aventura? Tampoco. En aquella época, África era un territorio pródigo. El profesor Josef Reichholf, antropólogo, biólogo, químico, especialista en paleontología humana y, en general, en todo aquello que concierne al continente africano, nos da una respuesta. Según este científico, las grandes migraciones humanas de los albores de la humanidad probablemente tengan su origen en la acción de las moscas. Es posible que nuestros ancestros remotos hayan abandonado. África Oriental sobre todo para escapar de la mosca tse-tsé, portadora del tripanosoma; que provoca una enfermedad mortal en humanos y animales. Josef Reichholf formuló esta hipótesis de manera convincente en una obra de gran importancia, *La aparición del hombre*, publicada en Alemania en 1990 y en Francia al año siguiente**"

(Monestier, 2004).

En todas las zonas del país dedicadas al desarrollo de explotaciones pecuarias se acepta que uno de los principales problemas que afectan a los animales es el que está constituido por poblaciones de moscas de diferentes especies. La resistencia de las poblaciones de moscas a los productos químicos es aceptada como la principal barrera para continuar dependiendo del control químico en la solución y búsqueda de un control satisfactorio. Es común observar cuando el fenómeno de

resistencia se ha acentuado una infestación poco usual y muy persistente de adultos de éstos dípteros – plagas (Vergara, 1992).

Debido al notable interés que representan para muchos productores los insecticidas en la reducción de poblaciones indeseables de moscas, es necesario diseñar alternativas que permitan preservar en el mercado aquelias moléculas químicas que puedan incluirse en sistemas de manejo integrado y además que puedan ser selectivos a la acción de los enemigos naturales de las plagas y tengan menos efectos contaminantes en la explotación pecuaria.

En las explotaciones pecuarias de Colombia, la presencia de poblaciones de diferentes especies de moscas comunes, especialmente de la familia Muscidae representan un serio problema para la salubridad de las personas y de los animales domésticos, debido a que varias son señaladas como vectores mecánicos de un sinnúmero de enfermedades ocasionadas por microorganismos patógenos. Además las pérdidas ocasionadas en el proceso de producción de carne, leche, huevos y otros, productos animales y los altos costos de control han hecho más relevante el problema de estos insectos.

Las cuantificaciones de las pérdidas que pueden producir las llamadas moscas comunes en la industria animal no son precisas pero los interesados afirman que son de una magnitud superior a los 30 mil millones de pesos al año, con el agravante que estas cifras se incrementan anualmente por diferentes aspectos tales como el aumento de los costos del control. Debido a que en el país se ha intentado el control de estas plagas con base en el unilateral método del control químico, con resultados negativos y se han generado problemas colaterales como resistencia de las especies involucradas a los insecticidas, intoxicaciones de operarios y los animales, así como un desproporcionado incremento de los costos de producción, además de la contaminación de las instalaciones y las fuentes de suministro de agua; se hace entonces necesario buscar otras alternativas de control.

En esta conferencia se hará referencia a un sistema de manejo integrado de moscas comunes (SMIMC) que se ha desarrollado para las condiciones de Colombia, con base a experiencias nacionales e internacionales, por lo cual tiene una sólida base científica y una amplia experiencia práctica.

2. IMPORTANCIA DE LAS PLAGAS PECUARIAS

En la producción de animales domésticos, elaboración de subproductos de origen animal y en general en aquellos aspectos que tengan relación con ganado, cerdos, equinos, aves, etc., las poblaciones de los insectos del orden Diptera adquieren importancia económica. A varias de estas especies se les denomina como moscas comunes y ellas tienen distribución cosmopolita (Vergara, 1987).

En el grupo de moscas comunes, se han registrado varias especies, pero las más representativas en la familia Muscidae, según Posada (1989) son *Haematobia irritans* (L.), *Musca domestica* L. y *Stomoxys calcitrans* (L.), llamadas en Colombia “mosca de los cuernos”, “mosca casera” y “mosca de los establos” respectivamente. Jiménez (1987) señala que estas dos últimas constituyen el 90% de la población de adultos en las explotaciones pecuarias y cita además las especies *Fannia scalaris* (F.) o "mosca de las letrinas"; *Fannia canicularis* (L.) o "mosca de los gallineros" que a pesar de pertenecer a la familia Anthomyiidae se les agrupa en las moscas comunes. El complejo *Hippelates* - Chloropidae, y además especies de las familias Calliphoridae y Cuterebridae, se presentan en niveles variables constituyendo parte de este grupo de plagas (Londoño *et al*., 1986).

Debido a las características propias de la biología y etología de las moscas y al desarrollarse en material en descomposición contaminado con múltiples microorganismos, ellos representan una amenaza real y potencial para la salud del hombre y los animales domésticos, aunque según Harwood y James (1987), es difícil determinar el papel que cumple por ejemplo *Musca domestica* L. en la transmisión de las enfermedades. De todas formas este complejo insectil, dominado por especies sinantrópicas, se encuentran contaminadas con varios organismos causantes de enfermedades (Trujillo y Vergara, 1990).

Más de 100 especies de organismos causantes de la disentería amibiana, entre ellos *Entamoeba histolytica***,** *Giardía lamblia***,** *Chilomastix mesnili***;** de la fiebre tifoidea: *Salmonella typhi*; de infecciones entéricas**:** *Escherichia coli*; del cólera**:** *Vibrio comma*; de la frambresia: *Treponema pertenue*; de la tuberculosis**:** *Mycobacterium tuberculosis*; del ántrax: *Bacillus antracis*; de la poliomielitis, hepatitis infecciosa, conjuntivitis, tracoma y lepra, son citadas como contaminantes de moscas (Harwood y James, 1987).

Gallego y Guzmán (1988) mencionan que en el ganado vacuno, las diferentes especies de moscas son transmisoras y diseminadoras de enfermedades, tales como: mastitis, queratoconjuntivitis, aftosa, brucelosis, clostridiosis, anaplasmosis, carbón bacteriano, estrés y otros problemas sanitarios. En aves son responsables de la diseminación de los vermes, de las coccidias y tenias, además de *Railletina casticillas.* Son innumerables las especies de nemátodos y céstodos cuyos huevos son diseminados por poblaciones de moscas.

Stomoxys calcitrans (L.), es considerada en Estados Unidos como una plaga cuyos daños y molestias en el ganado repercute en la alteración de los patrones alimenticios del animal, en su eficiencia alimenticia, reduciendo el peso y la producción de leche, estimando Mullens y colaboradores (1988) que las pérdidas pueden ser del orden de media libra de peso diaria y de un 30 a un 40% en producción de leche. Con el fin de investigar la actividad de estas moscas los autores antes citados desarrollaron estudios de monitoreo empleando para ello trampas de aletas elaboradas en fibra de vidrio colocando tres trampas por cada lechería, logrando demostrar que los adultos pueden variar su incidencia poblacional según el estado del tiempo y las condiciones de aseo de la finca.

Sería factible que con solo la presentación de los casos de dos o tres especies de moscas se cubriera la importancia económica que estos organismos tienen, pero debido a su presencia simultánea en diferentes sitios y acompañadas por otras especies se convierte en una necesidad el conocer un poco más acerca de estas plagas.

En un reciente informe de prensa donde se destacan informes de la FAO, se describe el proceso que se adelantó en Libia desde 1990 para erradicar la que denominaron mosca verde - azul *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) que apareció cerca a TRIPOLI en 1988 quizás importada o introducida accidentalmente desde Suramérica. A un costo de 75 millones de dólares y empleando esencialmente la técnica del macho estéril pudieron controlar la plaga por completo (El Colombiano, 1992).

La infestación de heridas de los animales y el hombre por larvas/de dípteros da lugar a miasis cutáneas o traumáticas, pueden, según Hall (1991), intervenir en este proceso especies de moscas cuyas larvas se alimentan solo de tejidos enfermos y muertos o, lo que es más grave, pueden ocasionarlas especies que son parásitos obligados y se alimentan de tejidos vivos de los huéspedes. La especie *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) representa a las últimas y es quizás la plagas del ganado de mayor importancia en las américas. Pero *Musca domestica* L. también debe considerarse vector mecánico de patógenos en el ganado.

Las poblaciones de moscas se han incrementado en los últimos tiempos quizás debido a que han logrado desarrollar resistencia a los productos químicos cuya gran mayoría son inefectivos contra esta plaga y López y Gómez (1992) reseñan que para el control de adultos se han utilizado toda clase de productos químicos existentes para el control de garrapatas, pero infortunadamente solo se han logrado reducir temporalmente las poblaciones.

En Colombia la importancia económica de la moscas comunes en las explotaciones pecuarias no ha sido calculada con exactitud, ejercicio que es bien difícil, pero se señala que las pérdidas anuales alcanzan la cifra de los 100 millones de dólares, representados en la reducción en la producción de carne, leche, huevos, derivados lácteos, muerte de animales y costos de control, pero se cree que la cifra es superior (Vergara, 1987).

Resaltan López y Gómez (s.f.) que la ganadería colombiana, especialmente las explotaciones lecheras están seriamente afectadas por problemas de moscas picadoras las cuales ocasionan molestias en los animales y transmiten enfermedades. Consideran que *Stomoxys calcitrans* (L.) es una verdadera plaga de la ganadería de leche, puesto que tanto la hembra como el macho se alimentan de sangre por periodos de tres a cuatro minutos en las partes más bajas del animal como son patas y abdomen, en su proceso alimenticio es un transmisor mecánico de agentes patógenos de animales enfermos a animales sanos.

En términos generales se poseen informes sobre cerca de veinte enfermedades transmitidas por las denominadas moscas caseras que además de las mencionadas pueden mencionarse amibiasis,

diarreas, disentería bacilar, poliomielitis y miasis intestinales. El cuerpo de estos insectos se encuentra recubierto de pequeños "pelos" o setas donde pueden portar bacterias que según varios investigadores pueden ser hasta de 6'600.000 por mosca con un promedio de 1‘250.000 para cada díptero, en los intestinos de *Musca domestica* L. pueden hallarse hasta 33 millones de microbios (Vergara, 1992).

López y Gómez *(*1992) afirman que *Stomoxys calcitrans* (L.) transmite anaplasmosis o sea destrucción masiva de glóbulos rojos, anemia infecciosa equina, carbón bacteridiano y tripanosomiasis, e inclusive actúan como huésped intermediario de especies de nemátodos del género *Habronema***,** que ocasionan heridas en equinos de difícil tratamiento.

Jiménez (1987) confirma la importancia económica de las moscas y señala que además de las enfermedades ya citadas, transmiten infecciones Coli, Coriza, Salmonella, Cólera en las aves y al ganado vacuno y caballar comunica *Anaplasma marginale*, Streptococcos, Stafilococcos, anemia infecciosa, virus, nemátodos y coccidios; además de ser vector de los huevos del nuche los cuales transportan en patas, abdomen y vellosidades hasta encontrar un huésped final.

Además de los ejemplos citados, por el tipo de molestias que producen las moscas a los animales, los lleva a presentar disminución en su capacidad productiva de leche y carne, a perder el reposo, sangre y energía; en los animales pequeños retarda su crecimiento y desarrollo, predisponiendo los animales atacados a otros padecimientos debido a su debilidad. También según Metcalf y Flint (1970) causan grandes daños totales o parciales a las pieles y por último deben/considerarse como un serio obstáculo para la adaptación e introducción de razas extranjeras económicamente más rentables en climas donde proliferen las moscas.

Las moscas *Haematobia irritans* (L.) y *Stomoxys calcitrans* (L.) son especies hematófagas y requieren de sangre para producir las hormonas gonadotrópicas necesarias para la ovulación, que es estimulada por la Cistina y el ácido glutámico contenidos en la sangre del ganado afectado. Un animal que esté infestado por *Haematobia irritans* (L.) puede perder según Rodríguez (1991) hasta 220 ml/sangre por día y cada mosca puede ingerir 16 ml de sangre/diaria para su mantenimiento. Un tábano grande puede extraer hasta 0.2 ml de sangre diaria ocasionando anemia que afecta la producción y reproducción del ganado.

El género *Stomoxys*, incluye a la mosca cosmopolita *S. calcitrans* (Stable fly), el único miembro de este género que se encuentra en el Nuevo Mundo, y otras diecisiete especies conocidas. Hasta donde se conoce todas ellas se alimentan de sangre de mamíferos y varias atacan al hombre. Además de *S. calcitrans* se deben mencionar otras dos especies *S. sitiens* distribuida en África y la Región Oriental; puede ser una molestia para los burros, ganado y otros animales. *S. nigra* se encuentra por todo África, y probablemente es la especie más común allí. Según Harwood y James (1987) ataca a caballos, burros y ganado, su picadura es muy dolorosa para el hombre.

Estas referencias sobre la incidencia nociva de complejo de dípteros que se encuentra con preferencia en explotaciones pecuarias permite demostrar que es un problema crítico que debe enfrentarse mediante estrategias más integradas y no solo apoyándose en un control químico en forma indiscriminada. Los daños, las pérdidas que ocasionan deben hacer reflexionar a los productores y a los vinculados a la explotación de animales domésticos sobre un rediseño del control.

Ante el anterior panorama descrito es fácil entender el porqué del uso indiscriminado de insecticidas para el control de moscas, pero esta práctica empleada reiterativamente ha arrojado resultados desalentadores; Keiding (18) presenta un análisis de la resistencia de *Musca domestica* L. a los insecticidas, con evidencias comprobadas a casi todos los grupos químicos con valores que van desde altos a bajos, y en algunos casos de resistencia cruzada. En Colombia, aunque no hay estudios sobre la medida de la resistencia, se ha demostrado una inefectividad de los productos químicos empleados para su control lo cual podría ser un índice de resistencia (Vergara, 1992).

3. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS COMUNES

Aunque los elementos de los programas de manejo integrado de plagas son similares en los sistemas de producción agrícola, en este caso son específicos. El programa SMIMC comprende tanto métodos culturales, físicos, biológicos, en ocasiones químicos, además de monitoreos y asistencia técnica. Para dejar con suficiente claridad para el lector, se tratará inicialmente en esta parte de explicar los diferentes elementos involucrados en el SMIMC.

3.1 Aspectos básicos

Para el desarrollo de programas de manejo integrado de moscas comunes se necesitan entre otros procedimientos, el de hacer la cría masiva de los dípteros para poder multiplicar sobre sus pupas los parasitoides. Aparentemente los primeros intentos de cría los hizo Lodge en 1918 en Londres, quien es citado por Spiller (sf) Este autor en un extenso documento detalla los procedimientos que deben seguirse para una cría masiva de moscas destacando cómo en algunos laboratorios la principal limitante ha sido el tipo de dieta que se emplea.

En los Estados Unidos, la producción de animales domésticos en confinamiento ha aumentado los problemas con insectos plagas tales como *Musca domestica* L. y *Stomoxys calcitrans* (L.), para su control se han establecido planes de manejo de los animales que incluyen el control de moscas en proyectos de control integrado. En estos proyectos según lo expresado por Williams (1992) estos proyectos incluyen aseo permanente y manejo de desechos, empleo de enemigos naturales de las moscas, instalación de trampas y otros métodos de control mecánico. Cuando se emplea control químico se acude al uso de insecticidas de amplio poder residual en los lugares donde se concentran las moscas adultas y larvicidas en los lugares de reproducción.

Cuando se van a adelantar SMIMC en granjas o haciendas que tienen una determinada especie animal para su explotación o un complejo de ellas, es de vital importancia caracterizar todo el sistema de manejo de la empresa para conocer los detalles que pueden incidir positivamente o tener efecto contrario sobre las actividades que se ejecutarán.

Durante los programas de Manejo Integrado de Moscas Comunes, plantea Vergara (38) que las diferentes etapas deben concatenarse entre sí. Es decir el diagnóstico; la operación y los resultados y su mantenimiento. Cada programa opera según el tipo de empresa: Ganadera; Avícola; Porcícola; Equina, entre otras. En los lugares donde se procede a desarrollar un programa de este tipo tiene una base y es no emplear productos químicos para el control de la población de moscas, pero al igual que en otros países se necesita incluir la liberación de los enemigos naturales; instalación de trampas cebadas con material atrayente; mantener un proceso de limpieza total y control de humedades. Además los operarlos deben entrenarse y educarse para el programa.

Es obvio que dependiendo de los recursos del país donde se adelanten los programas de SMIMC, estos podrán ser más sofisticados y su aplicación alcanzará niveles técnicos más depurados, aunque los elementos a considerar sean siempre los mismos.

El manejo de los artrópodos plagas de las explotaciones ganaderas y avícolas es un proceso complejo que requiere de una mezcla de estrategias de control de acuerdo a las especies de plagas involucradas, así como de los tipos de producción animal que se estén adelantando. La producción ganadera o avícola debe manejarse como un sistema y por esto Axtell y Stinner (1990) explican que el Manejo Integrado de Plagas (IPM) es tan solo una parte del sistema total del manejo de la explotación, necesitándose para poder diseñar e implementar técnicas de manejo, análisis permanente de la dinámica poblacional de las plagas entre otros factores. En forma práctica un aspecto crítico lo constituye en los IPM el monitoreo de la población de la plaga y el empleo de ésta para poder desarrollar modelos predictivos que permitan elucidar apropiadas acciones de manejo.

3.2.1 Elemento Cultural

El uso de prácticas culturales, se basa en que cualquier cambio en un componente de sistema de explotación pecuaria puede afectar en forma variable o desfavorable a uno o varios de los otros componentes. En términos generales el control cultural va enfocado al mantenimiento de un hábitat desfavorable a las poblaciones de plagas, lo cual permite que especies benéficas puedan proliferar y así coadyuvar a la reducción de la densidad poblacional.

Vergara (1992) y Jiménez (1987) afirman que el método de control cultural es efectivo solo si se emplea técnicamente y en términos generales consiste en: Remoción o movimiento de desechos orgánicos, en gallineros y establos. Jiménez (16) complementa señalando que el control cultural se refiere a medidas de manejo tanto de estiércoles como de basuras, principales focos de

reproducción de moscas ya que en la materia orgánica en descomposición se localizan posturas, larvas y pupas que posteriormente generan las altas poblaciones de moscas adultas.

Requerimientos

En esta fase se necesita implementar medidas conducentes a manejar los sitios o focos de reproducción y desarrollo de las moscas a saber: excrementos (estiércol), basuras y desechos de alimentos. En la materia orgánica en descomposición pueden encontrarse las formas inmaduras de las moscas o sea huevos, larvas de diferentes instares y pupas. El manejo del estiércol permitirá reducir estas fases.

Debido a que las larvas requieren de humedades del 70 al 80% para alimentarse, además de la preferencia de oviposición en estiércol o materia orgánica húmeda, se debe desarrollar una práctica de deshidratación del estiércol. Para ello se acude a la formación de una pila de compost, que puede ser el mismo estiércol descompuesto, el cual según Jiménez (1987), servirá de cama y cubierta al estiércol fresco que periódicamente se está removiendo. El compost se hace bajo techo o cubierto con plástico, se le construye un buen drenaje y forma de ventilación, para que la deshidratación sea rápida. Además el complejo de organismos que se encuentran en él produce con su actividad aireación. En estos lugares se van a desarrollar insectos benéficos y por esto no debe removerse hasta no estar totalmente descompuesto.

Si se trata de explotaciones avícolas, la recomendación es la de hacer remociones parciales de la capa, superior de la gallinaza bajo las jaulas. Solo se deja una capa de unos 20 centímetros para que allí se cumpla el desarrollo de los enemigos naturales de las formas inmaduras de moscas.

3.2.2 Elemento Físico

Los elementos físicos deben ser considerados cuando se trabaja con SMIMC, no solo desde el punto de vista del control sino también como influyen en el desarrollo de las poblaciones insectiles, tanto de las moscas como de los enemigos naturales que se emplearán como elemento de control biológico.

En estudios sobre *Musca domestica* L. Trujillo y Vergara (1990) encontraron para las condiciones de Ibagué que el número de huevos que oviposita, la *Musca domestica* L. en confinamiento oscila apenas entre 69 a 103 huevos, los cuales eclosionan entre los 5 y 9 días, las larvas duran entre 7.7 a 8.9 días; las pupas de 5.4 a 6.4 días y los adultos alcanzaron longevidades de 4 a 64 días, durante la primera generación en confinamiento. Las condiciones del laboratorio eran de 23.3 °C de temperatura y 78.9% de humedad relativa.

Estos autores en sus Investigaciones determinaron la relación existente entre los factores; número de huevos, larvas, pupas y adultos; la duración en días de las interfases larva - pupa y pupa - adulto; los porcentajes de mortalidad de estas interfases y el porcentaje de emergencia de adultos en función de los parámetros temperatura, humedad relativa, tensión de vapor y temperatura del

punto de rocío, empleando modelos de regresión múltiple de tipo lineal, encontrando que las variables que tienen mayor influencia son; tensión de vapor y temperatura del punto de rocío, actuando la primera en forma directa y la segunda en forma inversa.

Analizando la biología de *Musca domestica* L. para condiciones de Estados Unidos, Axtell y Stinner (1990) afirman que este insecto en locales calientes requiere solo de seis a diez días para el desarrollo de su ciclo. Los huevos son depositados en grupos sobre las excretas más olorosas y húmedas. Los huevos eclosionan en el día y las larvas que pasan por tres instares, se mueven a través de los estiércoles buscando en el último instar un sitio seco para empupar. Los adultos emergen y permanecen en el hábitat buscando alimentarse, copular y de nuevo iniciar las hembras la oviposición.

Cuando se estudia en detalle la influencia de los factores del medio ambiente sobre la longevidad de los adultos de *Musca domestica* L., se comprueba que la longevidad está inversamente relacionada con la temperatura y se mejora o prolonga por la presencia de azúcares y almidones solubles en la dieta. Pero en el campo, explica Lysyk (1991) los adultos se alimentan de diferentes excretas de animales, así como de alimentos para estos organismos, lo cual significa que las moscas están sometidas a dietas muy variadas según el tipo de explotación pecuaria, lugares en los cuales no tiene libre acceso a azúcares y almidones.

Demostró con sus trabajos Lysyk (1991) que las temperaturas altas disminuyen la longevidad de las moscas y la adición de sucrosa a las dietas prolonga la longevidad y la mezcla de leche y sucrosa es aún superior en su efecto sobre la longevidad. Si se hace una relación de temperatura y tipo de dieta se puede concluir que es esta última la que determina la longevidad.

Requerimientos

Con el fin de coadyuvar a la reducción de poblaciones de adultos se recomienda el empleo de trampas. Existen varios diseños y estilos; Keiding (1986) menciona la cilíndrica con un cono invertido en la parte Inferior, las trampas luz y las adherentes.

En Colombia las primeras se vienen usando con mucho éxito y además se emplean las cubocónicas que son armazones de madera de 40 x 40 x 40 centímetros, cubiertas de tela tul y con un cono invertido en la parte inferior el cual posee un pequeño orificio para la entrada de los adultos. El número de trampas empleadas por explotación es variable y estas se usan con cebos atrayentes para adultos.

Los cebos se colocan en la parte inferior de las trampas y pueden elaborarse con sustancias como harina de pescado, plátano, leche, vinagre, harina de trigo, ácido cítrico y otros ingredientes. El trampeo es un complemento que no solo permite reducir poblaciones de adultos sino que también permite colectar especímenes para procesos de identificación.

Las trampas han sido modificadas por diferentes autores y con el empleo de un cebo adecuado se constituyen en el complemento ideal para los parasitoides en la reducción de las poblaciones de moscas adultas pero por sí solas las trampas no constituyen un control.

3.2.3 Elemento Biológico

Cuando se van a diseñar planes de manejo de poblaciones de moscas deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: las moscas pueden inmigrar y emigrar; las condiciones propias de la explotación pecuaria en cuanto a temperatura y acumulación de estiércol; en las prácticas de manejo pueden emplearse métodos culturales (especialmente ser oportunos para eliminar desechos, basuras y estiércol); en lo biológico mejorar las poblaciones de enemigos naturales y en lo químicos seleccionar productos, dosis y formas de aplicación; por último con relación a los enemigos naturales debe valorarse su población en cada lugar

En Estados Unidos, Axtell y Stinner (1990) mencionan como enemigos naturales de moscas comunes entre ellas *Musca domestica* L., diversos predatores, parasitoides, patógenos y varios competidores. Entre los predatores señalan ácaros del género *Macrocheles* y Coleópteros del género *Carcinops* sp. De los parasitoides Pteromálidos son muy Importantes *Muscidifurax* y *Spalangia***.**

En planes de control biológico de *Musca domestica* L., Axtell (1990) menciona como los principales enemigos naturales parasitoides del orden Hymenoptera, familia Pteromalidae, ácaros predatores de las familias Macrochelidae, Uropodidae y Parasitidae, además de Coleópteros de la familia Histeridae. Entre los ácaros los más conocidos son *Macrocheles muscadomestícae; Fuscu ropoda vegetans* y *Poecilochirus monospinosis***,** que predan huevos y larvas de primer instar de moscas.

Los mejores supresores de poblaciones de *Musca domestica* L. son para Axtell y Rutz (1986) los predatores y parasitoides. Entre los predatores de huevos y larvas del primer instar de mosca doméstica y de otros dípteros sobresale *Macrocheles muscadomesticae* un ácaro muy abundante en ciertas explotaciones y el coleóptero de la familia Histeridae *Carcinops pumilio*, los cuales se presentan en la parte superior de las pilas de los estiércoles, donde se encuentran las formas biológicas que ellos pueden predar. El ácaro cumple su ciclo rápidamente en tres días bajo condiciones favorables, actuando sobre las posturas y además siendo transportado a otros sitios en un proceso de foresis por los adultos de moscas.

Geden y Axtell (1988*)* encontraron que el predator *Carcinops pumilio* tiene un ciclo de vida más prolongado, de unos cuarenta (40) días desde huevo a adulto. Pasa por dos instares larvales y los adultos alcanzan a vivir hasta 100 días a 27 °C. Estos y sus larvas se alimentan de huevos y larvas pequeñas de moscas tanto caseras como de otras especies.

En cuanto a los himenópteros, los pteromálidos constituyen el principal factor de mortalidad de pupas de moscas, sobresalen los géneros *Muscidifurax* y *Spalangia*, entre los cuales hay marcadas diferencias de capacidad de búsqueda, habilidad de sobrevivencia y competencia. Pero su ciclo es similar, desarrollándose desde huevo a adulto dentro de las pupas de moscas. Requiere unas tres semanas para cumplir el ciclo en una explotación pecuaria. De cada pupa de moscas puede emerger un adulto de pteromálido, destruyendo de esa manera una posible mosca pero por alimentación los parasitoides pueden destruir otras pupas. Tanto *Spalangia* como *Muscidifurax* pasa por tres instares larvales.

Entre otros enemigos naturales de menor importancia se citan por Rueda y Axtell (1985) *Nasonia* spp. que ataca pupas y *Tachinaephagus* sp. un Encyrtidae parásito de larvas.

En el caso de enemigos naturales de los adultos de múscidos se encuentra el hongo *Entomophthora muscae* (Cohn) Fresenius. Este entomopatógeno ha sido detectado infectando varias especies de dípteros de las familias Muscidae, Calliphoridae, Anthomyiidae, Sarcophagidae, Drosophilidae y Syrphidae, en zonas de Norte América, Europa y la India, de conformidad a los trabajos de Macleod, Müeller - Kogler y Wilding, citados por Mullens y colaboradores (1987). Los niveles de infecciones encontrados por estos autores demuestran que *E. muscae* es un importante factor estacional de mortalidad de poblaciones de moscas y además tiene efectos por reducción de la fecundidad a niveles extremos de *Musca domestica* L.

Cuando se manejan poblaciones plagas y entre los elementos se tiene el control biológico, no debe ignorarse el gran rol que cumplen los organismos competidores de las especies indeseables, es decir de las moscas que afectan el ganado; como organismos competidores de poblaciones de *Musca domestica* L., se mencionan el díptero *Hermetia illucens* cuya larva más grande compite territorialmente con la de la mosca doméstica; las larvas de *Ophyra* spp. ocupan también los mismos espacios y pueden predar las larvas de *Musca domestica* L., la competencia puede hacerla la especie *Fannia* que es más prolífica.

Importando de Estados Unidos a Brasil, el depredador *Onthophagus gazella* se está empleando para el control de la mosca *Haematobia irritans***,** conocida como "mosca - do - chifre", pero no en un control directo sino alterando los lugares donde *H. irritans* oviposita y sus larvas se desarrollan. Tanto los machos como las hembras transforman las heces que llevan a sus nidos, evitando de esta manera que las moscas tengan dónde ovipositar y cumplir con su ciclo de vida, estos programas están siendo auspiciados por EMBRAPA (1991).

Un predator de larvas de *Musca domestica* L, en Egypto, es el *Xylocoris galactinus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae), pero al igual que otros enemigos naturales es afectado por las bajas temperaturas. Afifi e Ibrahim, (1991) recomiendan que en el caso de crías masivas del chinche, sus huevos no pueden almacenarse por debajo de los 10 °C.

Requerimientos

En el programa SMIMC, el empleo dirigido de enemigos naturales de las moscas es un soporte indescartable. En laboratorios de crías masivas se producen específicamente los parasitoides de la familia Pteromalidae *Spalangia endius* Walker *Muscidifurax raptor* Girault et Sáunders, éstos regulan poblaciones de moscas al parasitar las pupas. Keiding (1986) presenta un listado de enemigos naturales de moscas entre predatores, parasitoides y patógenos y afirma que bajo condiciones del trópico pueden regular y destruir entre un 70 a 90% de la población de moscas.

El control biológico es la más grande y adecuada opción para poder aplicar los principios de IPM, no solo porque reduce drásticamente el empleo de los insecticidas, sino que favorece una agricultura sostenible en las zonas de producción agrícola. Por esto es muy importante estudiar los modelos de dinámica de población de los enemigos naturales comparándolos con los de plagas de las explotaciones pecuarias (Axtell, 1990).

Los adultos hembras de pteromálidos son considerados por diversos autores como excelentes agentes de control biológico de las especies de dípteros *Musca domestica* L. y *Stomoxys calcitrans* (L.). Generalmente se reproducen sobre pupas vivas de dípteros los géneros *Spalangia* y *Muscidifurax* en laboratorios de crías masivas, lo cual se ha diversificado de acuerdo con Petersen y Pawson (1991) empleando para las crías pupas muertas de los dípteros mediante procesos de refrigeración.

Jiménez(1987) registra porcentajes de mortalidad de pupas superiores al 90% y debido a que el ciclo de vida de los pteromálidos es casi el doble del de las moscas, los niveles de parasitismo y por ende de mortalidad de las pupas, ascienden progresivamente con el tiempo transcurrido, con la cantidad de parásitos liberados y con el número de liberaciones.

Patiño, Roldán y Vergara (1985) estudiaron bajo condiciones de clima frío 13.4C y 77% de H.R. La efectividad de *S. endius* y *M. raptor* sobre las poblaciones del *M. domestica* logrando mortalidades del 57%, no obstante que las temperaturas bajas afectan a *S. endius*.

En otras zonas del mundo, el empleo de los parasitoides de pupas es de común ocurrencia, Donaldson y Walter (1984) en South África han investigado sobre las proporciones de sexos en *S. endius* Walker, encontrando que esta no se encuentra relacionada con el tamaño del hospedero y en diferentes experimentos hallaron entre 79 a 87% de hembras para un promedio de 83.5%, lo cual significa un mayor número de individuos reproductivos. Para los programas de control biológico esto es una excelente ventaja.

Uno de los mayores problemas para los productores de aves, de ganado de leche y además fabricantes de concentrados para anímales en muchas áreas de Estados Unidos lo constituye La multiplicación de dípteros sinantrópicos sobre los excrementos y residuos. En aquellos sitios donde la dinámica poblacional de las moscas está determinada por la actividad humana, los enemigos naturales en especial los parasitoides de los géneros *Muscidifurax* y *Spalangia* son los

más efectivos sobre los dípteros *Fannia* spp. y *M. domestica*. No obstante esta situación, Legner (1988) plantea que mediante procesos de hibridación de cohortes de estos géneros de parasitoides podría lograrse un control biológico más eficiente. En sus trabajos logró demostrar que la introducción de poblaciones o cepas de un parasitoide a una zona logra elevar la capacidad de control de los enemigos naturales, pero plantea que los híbridos no pueden tener un éxito prolongado debido a que pueden ser eliminados por la competencia que desarrollan las poblaciones nativas.

En los insectos la temperatura tiene un efecto directo sobre su desarrollo. A pesar de ser poikilotérmicos en los pteromálidos la dependencia de la temperatura para su desarrollo y comportamiento ha sido bien demostrada. Mann, Axtell y Stinner (1990) adelantaron varios ensayos para comprobar el desarrollo de los parasitoides, la inducción de los parasitoides a buscar la mortalidad de su huésped y la emergencia de progenies de pterómalidos bajo condiciones de cinco diferentes temperaturas a saber: 15, 20, 25, 30, 35 °C. Puede destacarse cómo con las especies *Muscidifurax raptor* Girault and Saunders, *Muscidifurax zaraptor* Kogan and Legner**,** *S. cameroni* Perkins y *S. endius* Walker se obtuvieron resultados tales como: a menor temperatura el ciclo de vida se alarga para todas las especies. Todas las especies estudiadas emergen a los 15C; la oviposición de *Muscidifurax* es superior a la de *Spalangia***;** a mayores temperaturas se comprobó una mejor efectividad parasítica lo cual también influye en el número promedio de progenie por especie. Cuando la temperatura es de 35°C ó más se puede inhibir el desarrollo y capacidad de oviposición de *Spalangia*.

La respuesta funcional de los parasitoides de pupas de *Musca domestica* L., es decir su comportamiento frente a la densidad poblacional de las moscas y el mantenimiento de niveles adecuados de adultos de pteromálidos con reducidos porcentajes de mortalidad es una situación deseable en programas de MIP en explotaciones pecuarias. En ocasiones la distribución espacial de las larvas y pupas de mosca y la relación huésped - parasitoide, puede tener efectos sobre la actividad de los enemigos naturales. En tal sentido Mann, Stinner y Axtell (1990) adelantaron investigaciones para determinar las factibles respuestas de especies de *Spalangia* y *Muscidifurax* a diferentes densidades de hospederos, modificaciones de esta respuesta cuando hay competencia intraespecífica y además el efecto cuando hay agregados de hospederos atacados por diferentes especies, encontrando como relevante que las mejores proporciones de parasitoide - hospedero son de 1 a 10; que hay menor mortalidad de pupas cuando hay Una distribución en grupos, mientras que la progenie de los parasitoides no se afectó.

Sobre *Stomoxys calcitrans* (L.) se han realizado crías de *Spalangia cameroni* Perkins en diferentes partes del mundo, en especial en USA; en el Valle del Cauca, Colombia (30) se encontró esta especie como nativa aunque en porcentajes bajos pero es una eficaz ayuda a la labor de *Spalangia endius* cuando se libera sistemáticamente. Los registros de un 100% de parasitismo de *Spalangia endius* sobre *Musca domestica* L. después de cinco semanas mediante

liberaciones sucesivas en USA, demuestran las bondades de este género en campañas de control integrado.

3.2.4 Elemento Químico

El manejo de insecticidas en los sistemas de MIMC, es uno de los aspectos más críticos, debido a que es imperativo seleccionar productos que no afecten la fauna benéfica, especialmente los parasitoides, para no alterar las liberaciones. El control químico ayuda a reducir picos poblacionales cuando existen problemas con moscas migratorias. Algunas formulaciones comerciales de inhibidores de síntesis de quitina y preparados a base de cebos presentan resultados satisfactorios aunque no son para empleo unilateral.

Hace muchos años la sustancia más eficaz y barata para el control de larvas de moscas era para Wolcott (1957) el bórax polvo aplicado sobre los estiércoles a razón de una libra por cada 16 pies cúbicos de estiércol o espolvorearse en forma profusa por toda la explotación en especial en los establos. Mas sin embargo, Clausen (1962) recomendaba el empleo de mechas de algodón de unos 2 milímetros de diámetro impregnadas con insecticidas tales como parathion, diazinon o ronnel, instalados en los techos de los establos (lecherías, porquerizas, gallineros y otros), asegurando de esta forma un control por dos o cuatro meses. Los cordones se instalan a razón de 10 metros lineales por cada 10 metros cuadrados de construcción.

Metcalf y Flint (1970) recomiendan que las canecas o recipientes de basuras deben mantenerse cubiertas y hacer las aplicaciones diarias de aceite quemado y en el caso de no tener este material usar cal. Como larvicidas de un uso frecuente informan de productos como diazinon, clordano y otros clorinados, aplicados a razón de 50 a 100 mililitros por cada metro cuadrado.

Debido a la resistencia generada por las moscas comunes a los insecticidas, se han buscado alternativas con nuevos productos como el *Bacillus thuringiensis* Berliner en diferentes presentaciones comerciales, bien sea suministrando el producto en el alimento de los animales o aplicando a sus deyecciones. Baker y Anderson (1975) aplicaron directamente a la gallinaza y Harvey y Brethour (1960) lo mezclaran en los estiércoles del ganado encontrando excelentes resultados, pero es necesario señalar que las formulaciones comerciales no deben ser aplicadas en estiércoles líquidos porque pierden su actividad. El mismo *B. thuringiensis* no es efectivo en suspensiones acuosas contra las larvas de *Musca domestica* L.

Requerimientos

El empleo de insecticidas en programas de SMIMC, debe considerarse solo bajo circunstancias muy especiales y el criterio para recomendar un determinado producto debe tener una base de un complemento, esto quiere decir que los insecticidas deben ser seleccionados con mayor rigor ya que en esto SMIMC se están usando parasitoides. Debido a esa situación un producto biocida debe reunir varias características, tales como: altamente selectivos a los himenópteros de la familia Pteromalidae que se están empleando a los posibles controladores naturales que se

encuentran en las fincas; no debe ser residual, es decir no debe ser un producto que tenga posibilidades de acumulación en los alimentos y en los animales; no puede ser un producto tóxico a los operarios y a los animales domésticos; es deseable que en tanto un insecticida no reúna estas condiciones no deberá ser recomendado en SMIMC.

3.2.4 Monitoreo

Los programas SMIMC, en Colombia después de iniciarlos en cualquier empresa necesitan de un seguimiento que permita a los interesados obtener información constante sobre las poblaciones de moscas, su desarrollo (disminución o incremento), porcentaje de parasitismo (evaluado en campo) factores de mortalidad de pupas, cuantificación de moscas atrapadas por trampas (por lo menos cada 24 horas), manejo de las trampas y cuidado en las liberaciones.

Este constante monitoreo se apoya en registros cuidadosos que deben ser diligenciados por la administración de la empresa y/o el asistente técnico. El papel desempeñado por este último debe comprender aspectos como: revisión del manejo adecuado de estiércol, recolección de las basuras y mantenimiento de estas en sitios sellados; instalación de trampas y óptimo manejo de ellas con sus respectivos cebos, además de mantenimiento de las trampas en cada visita. Supervisar la liberación de los parasitoides eligiendo los sitios adecuados para tal fin; entrenamiento del personal de la empresa en tareas de operación del programa; revisión cuidadosa de los registros, mantenimiento del monitoreo y corrección oportuna de las fallas que puedan presentarse.

Requerimientos

Se necesita investigar en el diseño de estrategias de monitoreo y evaluación de las poblaciones de moscas, de la acción de los parasitoides para cada hacienda. Las actividades no solo deben adelantarlas los encargados de los programas, quienes emplean estos SMIMC, deben buscar la forma de medir el impacto sobre la reducción de moscas, de los problemas sobre la acción de los parasitoides, del incremento de los rendimientos, de la salud de los animales y en fin sobre las bondades de esta forma de control.

4. IMPLEMENTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SMIMC

En aquellas fincas de diferentes zonas de Colombia donde funcionan SMIMC, su implementación y funcionamiento se ha concretado a través de varias etapas las cuales están concatenadas entre sí y son necesarias para el éxito de estos controles. Las etapas son: diagnóstico, operación, resultados y mantenimiento; todos los elementos que participan en ellos se presentan en las figuras 1, 2, 3 y 4 y a ellas se hará referencia durante las siguientes anotaciones.

4.1 Etapa de Diagnóstico

Una empresa que requiera de un SMIMC debe ser evaluada en forma detallada por personal especializado que con preferencia es un profesional del área de la Entomologia. Durante las visitas de observación para el diagnóstico se deben determinar todos los aspectos relacionados con:

- Forma de la explotación pecuaria. Se refiere al conocimiento del grado de tecnificación que posea la finca, si el ganado o los animales están o no en confinamiento.
- Dinámica de la explotación pecuaria. Se necesita conocer el número total de animales, el objetivo de su producción; el número de establos, jaulas o lugares donde se concentran los animales.
- Dimensión del problema de moscas. Este es un punto crítico y debe ser analizado con rigurosidad. De su acertada evaluación depende en parte el éxito del SMIMC; se necesita determinar la dinámica poblacional de las moscas; densidades de población y las especies involucradas.
- Actividades de control. Es una información importante conocer la forma como enfrentan en la empresa el control de moscas, si es químico cuales son los productos que emplean y la frecuencia.
- Manejo de estiércoles y basuras. En cada empresa el volumen de materia orgánica y basuras no clasificadas es diferente. Durante el diagnóstico se necesita conocer los lugares sitios y formas de disponer de estos materiales.
- Ubicación de la empresa. El conocimiento del vecindario del lugar y perímetro donde funciona la empresa es necesario ubicarlo muy bien para así conocer las rutas de emigración de moscas, fuentes de infestación y contribución al desarrollo de "focos" poblacionales.
- Condiciones físicas. El encargado de esta etapa debe ser muy cuidadoso al detallar las condiciones de temperatura y humedad relativa de la explotación pecuaria, requerimientos físicos de importancia para el desarrollo de poblaciones de moscas.
- Presencia de control natural. Como en los SMIMC se incluye el control biológico y este hace un trabajo de complemento al control natural es muy valioso conocer qué tipo de organismos lo están ejerciendo sobre las fases del ciclo de vida de las moscas.

En las figuras 1 y 2 varios de estos componentes son incluidos en el trabajo de Axtell y Stinner destacándose cómo el funcionamiento del SMIMC tiene una meta y es mejorar siempre las relaciones costos vs beneficios de la empresa al solucionar los problemas de moscas.

4.2 Etapa de la Operación

Antes de dar comienzo a la operación del SMIMC es importante elaborar un informe que detalle la situación analizada el cual debe precisar ante todo el grado de preparación de los trabajadores que implementaron el programa, tanto de parte de la empresa pecuaria como del laboratorio que hará la asesoría técnica.

En el informe se propone:

- Número de trampas a instalar
- Número y frecuencia de parasitoides a liberar
- Número y periodicidad de las visitas

- Recomendaciones sobre el manejo de las basuras
- Lugar de instalación de la pila del compost
- Reducción gradual del empleo de insecticidas
- Costo por animal/mes/programa

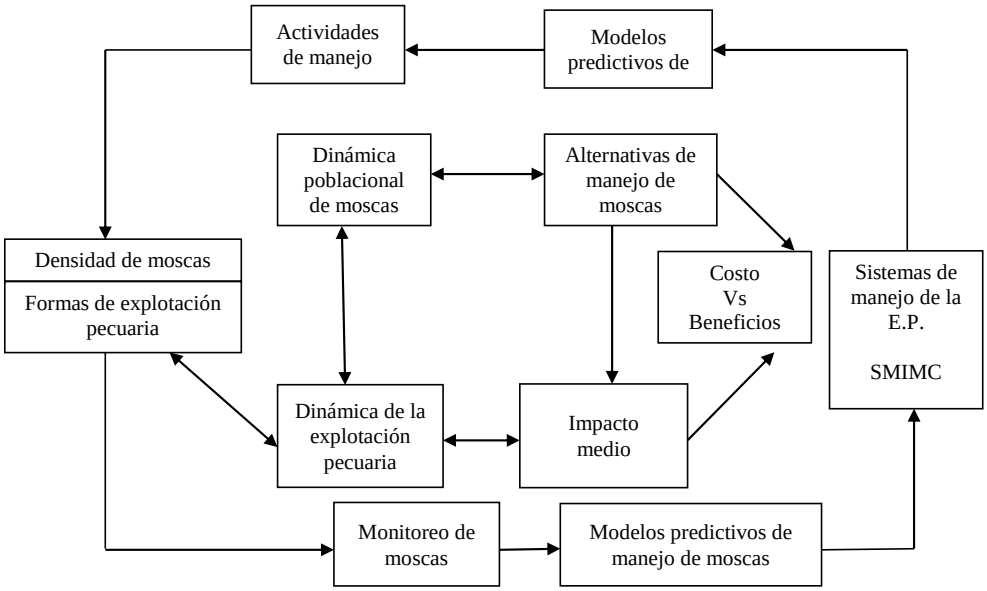


Figura 1. Diagrama de los componentes de un programa de SMIMC (Adaptado de Rutz y Patterson, (1990).

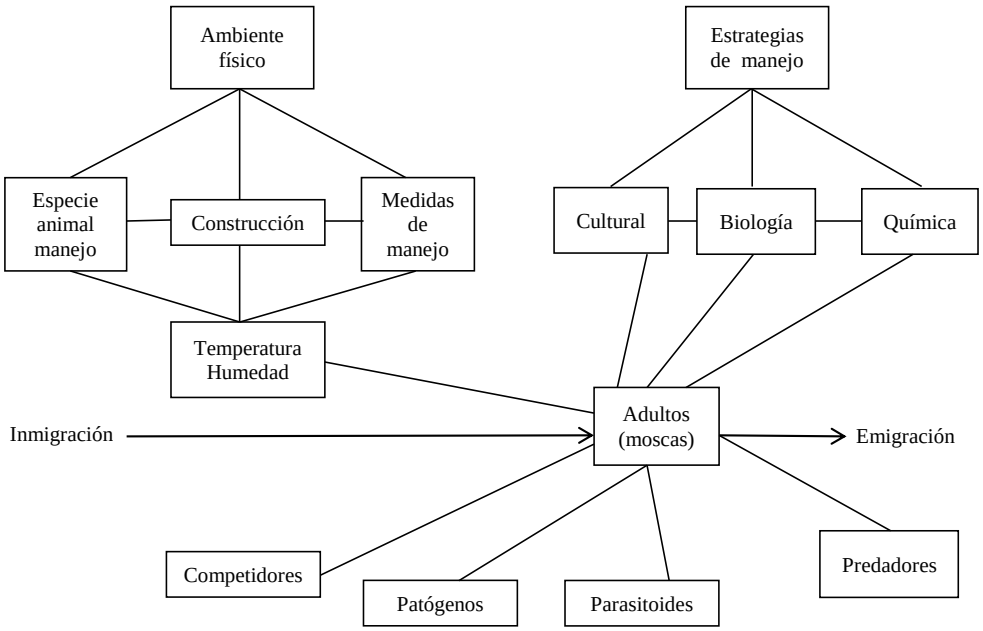


Figura 2. Diagrama de los componentes de un programa de mimc para animales confinados (adaptado de Rutz y Patterson, 1990).

Personal que se necesita

- La etapa de operación tiene una base muy solidificada en el conocimiento de la biología de las especies de moscas y los enemigos naturales. En las figuras 3 y 4 se presentan los diagramas de los componentes que intervienen en estos ciclos.
- Pero durante esta etapa hay dos aspectos adicionales que deben ser muy bien implementados para reducir las poblaciones de moscas. El primero hace referencia al manejo que debe dársele a las trampas las cuales deben mantenerse siempre con cebo, evitando que el ganado las deteriore y el segundo es el del manejo de las basuras y en especial del estiércol.
- De acuerdo a la forma como se desarrolla el ciclo de vida de las moscas comunes estas ovipositan en sitios húmedos donde se acumula estiércol que reúna esa condición, en ese sentido se necesita manejar las pilas de estiércol buscando elaborar abono orgánico y para ello debe reducirse la humedad al mínimo.

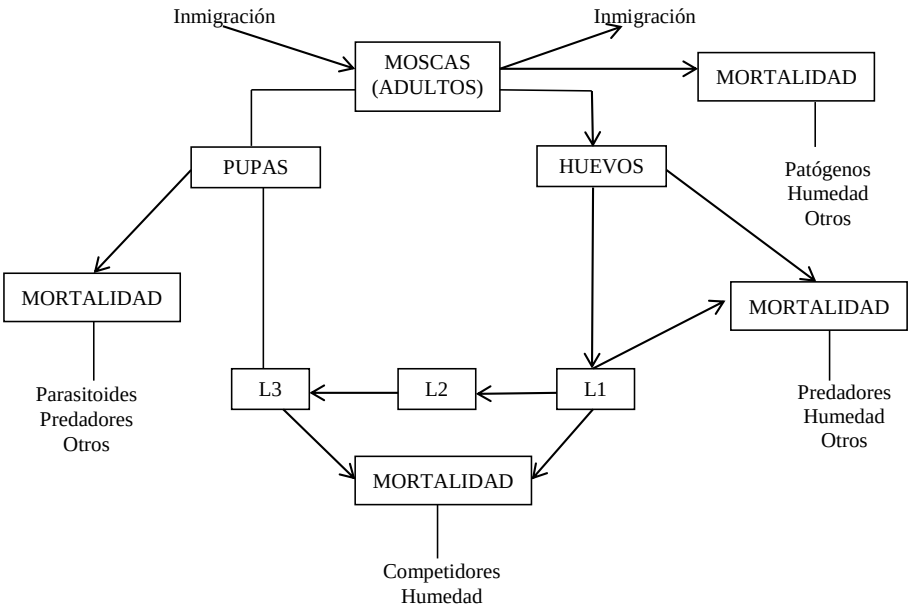
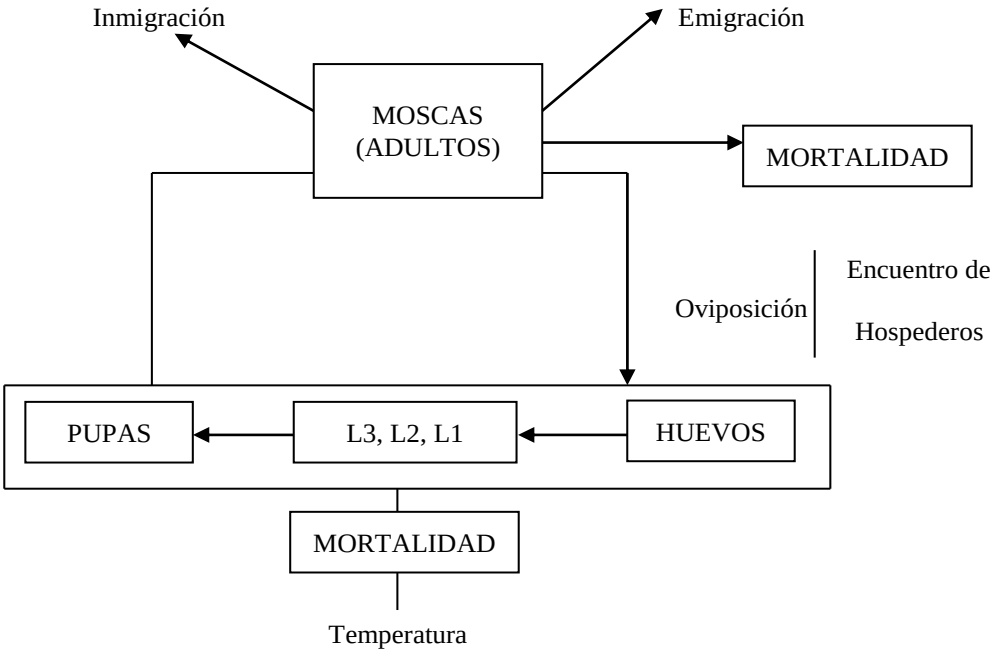


Figura 3. Diagrama de los componentes del ciclo de *Musca domestica* y factores que participan (adaptado de Rutz y Patterson, 1990).

Este SMIMC funciona eliminando al máximo el empleo de los insecticidas y por esto se exige a los administradores de la explotación pecuaria no usar productos químicos sin la aprobación de los responsables del programa. Los insecticidas por su amplio espectro eliminan los parasitoides que se liberan en forma inundativa y generan problemas de resistencia en las especies de moscas que afectan el sistema de producción animal. El control químico es un recurso que solo se empleará en casos extremos.



Etapas de Resultados

En este sistema de MIMC, los resultados se planifican para ser obtenidos a partir del cuarto mes de iniciarse y fundamentalmente se enfocan para lograr:

- Reducir la población de moscas
- Incrementar el control biológico (aumento del parasitismo)
- Mejoramiento de la producción general y de la productividad por animal
- Recuperación del medio ambiente de la explotación
- Reducción al máximo del uso de insecticidas

El mantenimiento del programa, su persistencia es la única forma de lograr el éxito del control integrado. Si el MIMC se interrumpe se altera lo logrado y se regresa al problema original: altas poblaciones de moscas y una explotación pecuaria ruinosa.

5. CASOS EXITOSOS EN COLOMBIA

Los programas exitosos del SMIMC, se iniciaron hace un poco más de 25 años en Colombia y aún persisten. Aunque las introducciones al país de cepas de los parasitoides mencionados datan desde hace varios lustros, los programas en sí son entonces recientes.

Jiménez (1987) desarrolló el primer resultado exitoso en avícolas, en la granja "Sierra Morena" en el municipio de Pereira (Colombia), iniciándose en Enero de 1981. La explotación consistía de 50.000 gallinas ponedoras en jaulas en donde la mortalidad de moscas antes de iniciar el SMIMC era tan solo del 20% en un proceso integrado donde las liberaciones fueron de 300 mil adultos de

los parasitoides cada 15 días, al cuarto mes con una liberación inundativa de 2‘500.000 parasitoides, la mortalidad de las moscas fue del 97%, manteniéndose el éxito hasta la renovación de las gallinas a los 11 meses.

Desde ese entonces Ips programas de MIMC se han incrementado. Patiño, Roldán y Vergara (1985) manejaron la Granja "Coimbra" en Palpa (Boyacá, Colombia) logrando incrementar la mortalidad de moscas, especialmente *Musca domestica* L., mediante liberaciones sostenidas durante tres meses, pasando de un porcentaje de 5% al 57% y reduciendo picos poblacionales con base en trampas cubocónicas. Para 1987, el programa SMIMC, se aplicó con éxito total en la Granja Avícola "Buenos Aires" en Ibagué (Tolima) en galpones que albergan un millón de gallinas enjauladas (Jiménez, 1987).

Con la filosofía de un SMIMC, se han manejado explotaciones lecheras, porcícolas, avícolas y pesebreras en diferentes zonas de Colombia, lográndose controles de moscas superiores al 95%. El impacto en favor de la recuperación del medio ambiente de estos ecosistemas desequilibrados por los problemas de moscas, ha hecho posible extender este método al manejo de poblaciones de moscas en basureros, restaurantes y en comunidades afectadas.

Debe destacarse el programa adelantado por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER, y la empresa Productos Biológicos Perkins Ltda., en el corregimiento de La Florida, Pereira, Colombia (1990) en 1988 en una zona caracterizada por un monocultivo de cebolla *Allium* spp., en unas 400 hectáreas y explotación de minifundio, con un uso excesivo de gallinaza como fertilizante a razón de un promedio de 200 toneladas/hectárea/año; un excesivo empleo de agroquímicos y un problema de moscas proveniente de la explotación de 250.000 aves de corral, se decidió adelantar el SMIMC. Se liberaron 275 millones de parasitoides entre Noviembre de 1988 y Diciembre de 1990 y se. instalaron 746 trampas. Al evaluar los resultados se encontró una mortalidad del 80% de moscas y una reducción ostensible del problema en dicha zona.

En la actualidad se adelantan SMIMC en varios lugares del país. En el caso del Departamento de Antioquia en la zona de San Pedro en explotaciones porcícolas y de ganado de leche funciona varios SMIMC. En esta zona los problemas con moscas comunes son dramáticos pero hasta el presente los usuarios de este sistema dan referencia positiva de los resultados que se han logrado en la reducción de poblaciones de moscas. Se está liberando un millón de parasitoides cada mes/finca, de los géneros *Spalangia* y *Muscidifurax***,** además de tener en funcionamiento los diferentes elementos que conforman esta metodología de control.

Consideraciones Finales

- En Colombia el empleo de programas de manejo integrado de moscas comunes en explotaciones pecuarias es una realidad exitosa.
- Los parasitoides empleados en los programas SMIMC, producen en el país en forma masiva, por laboratorios especializados.

- Se tiene un paquete tecnológico de fácil transferencia a las comunidades afectadas por problemas de moscas comunes.
- Se demuestra con estos trabajos la factibilidad de solucionar en forma integrada problemas con plagas insectiles en Colombia, empleando los propios recursos.

REFERENCIAS

Afifi, A.I. and Ibrahim, A.M.A. 1991. Effect of low temperature on the egg hatch and subsequent mymphal suvival rates of the predaceous bug *Xylocoris galctius* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae). Bull. of Fac. Agric. Univ. Cairo, 42(1):111-118.

Axtel, R.C. and Rutz, D.A. 1986. Role of parasites and predators as biological fly control agents in poultry production facilities. Entomol. Soc. Am. Misc. Publ. 61: 88-100.

Axtel, R.C. Integration of chemical and biological methods for mosquito and filth fly control. In: Pesticides and Alternatives. New York. pp. 195-203

Axtell, R.C. and Stinner, R.E. 1990. Computer simulation modeling of fly management. In: Biocontrol of arthropods affecting livestock and Poultry. Westview Press, San Francisco. pp. 265-291.

Baker, R. and Anderson, W. 1975. Evaluation of β-Exotoxin of *Bacillus thuringiensis* Berliner for control of flies in Chidken Manure. J.Econ. Entomol. 12(1): 103.

Barrero, C. Juan; De la Cruz, V. M. y Guzman, R. 1982. Efecto del *Bacillus thuringiensis* Berliner como larvicida en el control de la mosca casera (*Musca domestica* L.) en condiciones de laboratorio. Tesis Médico Veterinario. Universidad del Tolima. Ibagué, p.72.

Clausen, P.C. 1962. Entomophagous insects. Hafuer Publishing Col, New York. 688 p.

Donaldson, J.S. and Walter, G.H. 1984. Sex ratios of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae), in relation to current theory. Ecological Entomology 9: 395-402.

El Colombiano. Medellín. 1992. Muerte para el gusano barrenador. Septiembre 6 de 1992. p. 7B.

Gallego, R. y Guzman, R. 1988. Evaluación de la entomofauna presente en gallineros en la terraza alta de Ibagué. Universidad del Tolima, Ibagué. 125 p.

Geden, C.J. and Axtell, R.C. 1988. Predation by *Carcinops pomilio* (Coleoptera: Histeridae) and *Macrocheles muscadomesticae* (Acarina: Macrochelidae) on the house fly (Diptera: Muscidae) funcitonal response effects of temperature and availability of alternative prey. Environ. Entomol. 17: 739-744.

Guia Rural EMBRAPA. 1991. 200 receitas para produzir mais. Editora Abril, Sao Paulo Brasil. pp. 223.

Hall, J.R. M. 1991. Screwworm flies as agents of wound mylasis. Review World Animal. October p. 8.

Harvey, T. and Brethour, J.R. 1960. Feed additives for control of house bly larvae in livestock fases. J. Econ. Entomol. 53(55): 774-775.

Harwood, R. y James, M. 1987. Entomología médica y veterinaria. Limusa, México. 615 p.

Jimenez V., J. 1990. Informe general en el programa de control integrado de moscas en el corregimiento de La Florida y veredas aledañas Pereira (Colombia). Productos Biológicos Perkins, Palmira.

Keinding, J. 1986. The house-fly. Biology and control. World Health Organization. Switzerland, 64 p.

Legner, E.F. 1988. Hybridization in principal parasitoids of Synanthropic Diptera: The genus *Muscidifurax* (Hymenoptera: Pteromalidae). Hilgardia 56(4):1-36.

López, V.G. y Gómez, O.J. 1992. Mosca de establo, una amenaza para la ganadería de leche. El Colombiano, Medellín. Septiembre 20. p. 8C.

Londoño, H.; Pirajon, C. y Vergara R., R. 1986. Estudios básicos de dípteros de importancia económica en explotaciones pecuarias y salud pública. U.P.T.C.-FACIAT, 125 p.

Lysyk, T.J. 1991. Effects of temeprature. Food, and scrose feeding on longevity of the house fly (Diptera: Muscidae). Envir. Entomol. 20(4): 1176-1180.

Mann, J.A., Axtell, R.C. and Stinner, R.E. 1990. Temperature-dependent development and parasitism rates of four species of Pteromalidae (Hymenoptera): effects of host-parasitoid densities and host distribution. Medical and Veterinary Entomology. 4: 235-243.

Metcalf, C.L. y Flint, W.P. 1970. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control. Continental, México. pp. 1170-1176.

Moon, R.D.; Berry, I.L. and Petersen, J.J. 1982. Reproduction of *Spalangia cameroni* Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) on stable fly Diptera: Muscidae) in the laboratory, J. Kans Entomol. Soc. 55(1): 77-85.

Monestier, M. 2004. Las moscas. El peor enemigo del hombre. Fondo de Cultura Económica, México. 278 p.

Morgan, P.B.; Wiedhaas, D.E. and Patterson, R.S. 1981. Host-parasite relationship: Augmentative releases of *Spalangia endius* Walker used in conjunction with population modeling to suppress field populations of *Musca domestica* L. (Hymenoptera: Pteromalidae) and (Diptera: Muscidae). J. Kans. Entomol. Soc. 54(3):496-504.

Mullens, A.B.; Rodríguez, J.L. and Meyer, J.A. 1987. An epizootiological study of *Entomophthora muscae* in muscoid fly populations on Southern California Popultry Facilities with emphasis on *Musca domestica* L. Hilgardia 55(3):1-41.

Mullens, A. Bradley; Meyer Jeffery; Bishop E, Shirl and Shultz, A. Thomas. 1988. Stable fly activity on California dayries. California Agriculture 42(3): 20-21.

Ortis, R. y Torres, J. 1983.Ciclo de vida y hábitos de *Spalangia cameroni* Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae) en condiciones de laboratorio. Universidad Nacional, Palmira, 57 p.

Patiño, J. C.; Roldan, M. y Vergara R., R. 1985. Contribución al control de mosca casera *Musca domestica* L. en clima frío. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – FACIAT, Tunja. 109 p.

Petersen, J.J. and Pawson, M.B. 1991. Early season introduction, population increase and movement of the filth fly parasite *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: Pteromalida). Environ. Entomol. 20(4): 1155-1159.

Posada O., L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico, No. 43. 662 p.

Rodríguez, V. D. 1991. Combata los parásitos y mejore la alimentación. Informe Técnico. Carta Ganadera 28(10): 44-46.

Rueda, L.M: and Axtell, R.C. 1985. Guide to common species of pupal parasites (Hymenoptera: Pteromalidae) of the house fly and other muscoid flies associated with poultry and livestock manure. N.C. Agric. Res. Esrv. Tech Bull. 278: 1-88.

Spiller, D. House flies. Chapter 14. p. 204-225 (Reprint) (s.f.).

Trujillo A., B. y Vergara R., R. 1990. Estudios bioecológicos de la mosca casera *Musca domestica* en condiciones de Ibagué. Universidad del Tolima, Colombia. 90 p.

Vergara R., R. 1992. Manejo integrado de moscas comunes en explotaciones pecuarias y en salud pública. En: 4º Congreso Internacional MIP. Zamorano, Honduras. p. 83 (Resúmenes).

Vergara R., R. 1987. Métodos de manejo integrado de moscas comunes. U.P.T.C.-Faciat, Tunja. 38 p.

Williams, R.E. 1992. Manejo integrado de plagas de dípteros asociados con la producción de ganado estabulado en los Estados Unidos. En: 4º Congreso Internacional MIP. Zamorano, Honduras. p. 83 (Resúmenes).

Wolcott, G.N. 1957. La mosca casera. Entomología económica puertorriqueña. Farm. Bull. 851 USDA. pp. 173-177.

GARRAPATAS (ACARI: IXODIDAE Y ARGASIDAE) DE IMPORTANCIA MÉDICA Y VETERINARIA IDENTIFICADAS EN COLOMBIA

Gustavo López Valencia

Médico Veterinario MSc.
Parasitólogo. Instituto Colombiano de Medicina Tropical. CES.
Dirección para correspondencia: gulova@une.net.co

Resumen. Las garrapatas son parásitos externos que se alimentan de sangre y afectan a todas las especies animales domésticas, silvestres y a humanos y se constituyen en una seria limitante para el desarrollo eficiente de la empresa ganadera especialmente en las regiones tropicales del mundo.

Las garrapatas, conjuntamente con otros invertebrados tales como insectos, arañas, ácaros y crustáceos pertenecen al phylum Artrhópoda. A este Phylum pertenecen los arácnidos y los insectos como representantes de las dos grandes clases. El cuerpo está dividido en cefalotórax (prosoma) y abdomen (opistosoma).

Existen cerca de 907 especies de garrapatas descritas en el mundo todas agrupadas en el suborden Ixodida (Metastigmata). El suborden Ixodida se divide en tres familias: la familia Ixodidae, que corresponde a las garrapatas conocidas comúnmente como garrapatas duras, con aproximadamente 720 especies descritas; La familia Argasidae, conocidas como garrapatas blandas, con cerca de 186 especies y la familia Nuttaliellidae, con características morfológicas intermedias entre las dos familias descritas anteriormente y representada por una sola especie *Nuttaliella namaqua* y restringida al Continente Africano y se encuentra en los nidos de golondrinas. Las familias Ixodidae y Argasidae están ampliamente distribuidas por todos los continentes y constituyen sin duda alguna el grupo más importante entre todos los ectoparásitos que afectan a los animales domésticos y silvestres y humanos.

En la región zoo-geográfica Neotropical, la cual comprende las islas del Caribe, sur de Méjico, América Central y del sur se han reportado 80 especies de la familia Argasidae y 120 Ixodidae y muchas de ellas pueden representar riesgo para la salud humana y animal (Barros- Battesi (2006) .en Colombia se han identificado cerca de 70 especies, distribuidas así: FAMILIA IXODIDAE 51 especies: *Ixodes* 15, *Amblyomma* 30; *Dermacentor* 2; *Haemaphysalis* 2; *Rhipicephalus* 2. Familia Argasidae 19 especies: *Ornithodoros* 13; *Argas* 4;*Otobius* 1 y *Antricola* 1.

Lo anterior quiere decir que si se hicieran estudios más exhaustivos en el país, posiblemente el número de especies podría ser superior; infortunadamente no existe interés de Universidades o de Organismos Oficiales en el tema y por tanto es preocupante el desconocimiento de las diferentes

especies y de los microorganismos que pueden transmitir a las diferentes especies animales y a humanos.

En Colombia sólo ha existido interés por la especie *Rhipicephalus(Boophilus)microplus* por la importancia económica debido a las considerables pérdidas en ganadería por los daños directos y por la transmisión de agentes patógenos como *Anaplasma marginale, Babesia bovis y Babesia bigemina.*

Los géneros de la familia Ixodidae de importancia en la salud humana y animal en nuestro medio son *Rhipicephalus, Amblyomma, Dermacentor y Haemaphysalis.* El subgénero de mayor importancia veterinaria es *Boophilus*, el cual *r*ecientemente ha sido reclasificado como *Rhipicephalus (Boophilus) microplus,* debido a estudios moleculares a nivel de ADN ribosomal sub unidad 12S encontrando similitudes entre los géneros *Rhipicephalus y Boophilus* y por tanto la garrapata común del ganado se seguirá llamando *Rhipicephalus (Boophilus) microplus. Además,* el género *Anocentor* se asimiló al género *Dermacentor,* de tal manera que el nombre correcto es *Dermacentor nitens,* para identificar la garrapata común de los equinos.

La segunda garrapata de interés veterinario y en salud pública es *Amblyomma cajennense* la cual morfológicamente presenta diferencias de acuerdo con su localización y por tanto se menciona *A. cajennense* como un complejo de seis especies: *Amblyomma boeroi; Amblyomma yucomensi; Amblyomma tonelliae; Amblyomma patinoi; Amblyomma interandinum y Amblyomma hadani.* En efecto, estudios recientes han demostrado que *A. cajennense* s.l.,ampliamente distribuida desde los Estados unidos hasta la Argentina, en la actualidad corresponde a un complejo de 6 diferentes especies: *A. cajennense* (región del Amazonas); *A. mixton (*desde Texas, USA hasta la región occidental de Ecuador), *A. sculptum* (norte de Argentina; Bolivia, Paraguay, Brasil), *A. interandinum* (Valles internandinos del Perú), *A. tonelliae* (áreas secas del norte de Argentina, Bolivia y Paraguay) y *A. patinoi* (originalmente descrita en la localidad de Villeta, Cundinamarca, Colombia y al parecer es en el único lugar donde ha sido descrita, en el país. pero supuestamente corresponde a la especie que siempre se ha denominado *A. cajennense (*Nava, Mangold, Mastropaolo, Venzal, Oscherov and Guglielmone, 2009).

VALIDACIÓN DEL EFECTO DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS *Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN Y *Metarhizium anisopliae* (METSCH) SOROKIN, REGULADORES BIOLÓGICOS DE ESTADOS PARASITARIOS DE LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus* (ARACHNIDA: IXODIDAE)

Miryam Pérez Sierra

Director Laboratorio Producción de Entomopatógenos BIOPROTECCIÓN SAS. CENICAFÉ –Granja – Chinchiná – Caldas – Colombia www.bioproteccionsas.com

RESUMEN

En respuesta a una problemática ocasionada por la grave infestación de la garrapata del género *Rhipicephalus microplus* en las zonas ganaderas Colombianas, el Laboratorio Bioprotección da comienzo desde el año 2000 con el desarrollo de Cepas específicas de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bb-00080) y *Metarhizium anisopliae* (Ma-0105) y su posterior validación tanto el laboratorio como en campo para implementarlos como reguladores de población de la garrapata en sus estados parasíticos dentro de un contexto denominado Manejo Integrado de Garrapatas M.I.G.

Su confirmación consistió en validar el efecto de estos microorganismos sobre la garrapata mediante la realización de tres (3) trabajos de investigación con pruebas tanto en laboratorio como en campo con el objeto de introducir su uso de forma gradual sin desproteger en ningún momento a la salud de los bovinos.

Estos hongos, cuyo uso se ha difundido en los últimos años para el control plagas a nivel agropecuario, tienen un efecto directo sobre las garrapatas y sus huevos, controlando la población y disminuyendo su capacidad parasitaria al contar con un efecto residual, ya que se reproducen en el medio donde son liberados lo que a su vez favorece el control de estados libres de ésta y algunas plagas que afectan las praderas.

Convirtiéndose el control microbiológico complementario a otras medidas de manejo tradicional, contribuyendo a la disminución de residuos de contaminación en suelo, agua, animales, alimentos y medio ambiente y favoreciendo el incremento de organismos benéficos al reducir y dar un mejor uso de productos de síntesis química.

Palabras claves: *Rhipicephalus microplus, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae,* Manejo Integrado de la Garrapata M.I.G

INTRODUCCIÓN

Siendo la industria ganadera una de las riquezas potenciales más grandes de América Latina, debido a la gran extensión de área aptas para pastoreo, muchos son los factores que se oponen al adecuado desarrollo de esta industria. Uno de los más importantes es la presencia de ectoparásitos, y dentro de éstos, las garrapatas y las moscas, consideradas como los parásitos externos más devastadores los cuales hacen que el bovino disminuya el consumo de alimento creando en él pérdida de peso, debilidad y disminución de su producción.

Las garrapatas son ácaros cosmopolitas, ectoparásitos temporales obligados de reptiles, aves y mamíferos. Son los parásitos externos que más perjuicios ocasionan en la producción ganadera, una alta carga de *Rhipicephalus microplus* en los animales además de ocasionar disminución en la producción y dañar las pieles, también puede transmitir la babesiosis (causada por los parásitos protozoarios *Babesia bigemina* y *Babesia bovis*) y la anaplasmosis (causada por *Anaplasma marginale*). Bajo condiciones experimentales, esta garrapata puede transmitir *Babesia equi*, que causa la piroplasmosis equina.; además de constituirse en transmisores de importantes enfermedades, se reportan cuantiosas pérdidas económicas, que incluyen gastos en acaricidas químicos y medicamentos para el control de estos hemoparásitos, además de la magnificación de estos compuestos químicos en la carne de canal.

El control tradicional de garrapatas mediante compuestos químicos, además de ser una estrategia costosa, conlleva riesgos de contaminación ambiental, que genera residuos en los productos de origen animal, propiciando inestabilidad enzootica y favoreciendo el desarrollo de quimio resistencia.

Resulta necesario establecer métodos de lucha integrada que combinen el empleo de sustancias químicas y productos biológicos que alarguen el intervalo entre baños, que prolonguen la vida útil de los compuestos acaricidas y que además restrinjan el volumen de residuos químicos que se vierten al medio; la correcta utilización de un esquema de inmunización, empleo de vacunas con acción reconocida, la explotación de razas o cruces más resistentes a la parasitación por garrapatas, con la evidente necesidad de un correcto manejo de pastizales.

Siendo los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* una buena alternativa en el establecimiento de pautas para el manejo con biológicos de la garrapatas *Rhipicephalus microplus* el laboratorio BIOPROTECCIÓN dio comienzo en el año 2000 con la realización de bioensayos conducentes en la obtención de cepas específicas de estos hongos entomopatógenos y su posterior validación en laboratorio y campo blanco biológico de este género de garrapata.

TRABAJOS REALIZADOS CON GARRAPATAS

1. EFECTO DE LOS HONGOS *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* COMO REGULADORES DE POBLACIONES DE GARRAPATAS DE LOS GÉNEROS *Amblyomma cajennense* y *Rhipicephalus microplus*. (Año 2002)

- Federico Patiño Toro M.V.Z.; M.Sc.

- Miryam Pérez Sierra Bióloga. Tecnóloga Agropecuaria

2. EVALUACION DE LOS HONGOS *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* SOBRE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE *Rhipicephalus microplus*. (Año 2004 -2005)

- Edison Cardona. MV; M.Sc

(Tesis Maestría).

3. PRUEBA DE ESTABLO. (Año 2005)

- Jesús Antonio Betancourt Echeverri. M.V.Z.; M.Sc.; Ph. D.

(Requisito ICA para Registro de producto).

OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de dos hongos entomopatógenos sobre diferentes estados de desarrollo de *Rhipicephalus microplus*.

- Comprobar el efecto ixodicida de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre adultos y la fecundidad de *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio y de campo.

- Evaluar el efecto de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre la viabilidad de los huevos de *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio

- Evaluar el efecto de la aplicación simultanea *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre larvas de *Rhipicephalus microplus* en condiciones de campo.

TRATAMIENTOS EVALUADOS

TRABAJO - l		TRABAJO - II		TRABAJO - III
Bovino	**Pradera**	**Laboratorio**	**Campo**	**Establo**
Bb fases parasitarias	**Bb** Estados libres	**Bb+Ma** Adultas y su oviposición	**Bb** fases parasitarias	**Bb+Ma** **adultas**
Ma fases parasitarias	**Ma** Estados libres	**Bb+Ma** Huevos	**Ma** fases parasitarias	
Bb+Ma fases parasitarias	**Bb+Ma** Estados libres	**Bb+Ma** Larvas		
Acaricida Químico fases parasitarias	**Ma+Abono** Estados libres			

METODOLOGIA

I Trabajo: EFECTO DE LOS HONGOS *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* COMO REGULADORES DE POBLACIONES DE GARRAPATAS DE LOS GÉNEROS *Amblyomma cajennense* y *Rhipicephalus microplus*.

Este fue llevado a cabo en 3 fincas (La Sonora, la Morelia, Las Mercedes) ubicadas en el municipio de Manizales en el sector del km 41. Fueron involucrados 447 animales los cuales se encontraban divididos en lote de ordeño, horro, levante y destetos, conformada por cruces de Holstein, Cebú, Pardo Suizo y Yérsey. Para este trabajo se realizó aplicación de los biológicos en baño sobre los animales y aplicación en las praderas.

LABOR	PRODUCTO	SITIO APLICACIÓN	CANTIDAD
Baño	- Bb - Ma - Bb+Ma	Baño sobre bovinos	5 gramos de cada hongo/litro de agua Dosis: 1 lt/100kg peso
	Acaricida Químico	Baño sobre bovinos	Recomendación en etiqueta
Pradera	-Ma -Abono Químico	Aplicación en potreros	1 kg de hongo/ha Recomendación técnica

II Trabajo: EVALUACION DE LOS HONGOS *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* SOBRE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE *Rhipicephalus microplus*

Se llevaron a cabo 4 ensayos cada uno con tres repeticiones. Tres de los ensayos se ejecutaron en el Laboratorio de Parasitología Veterinaria en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia. El otro ensayo se llevó a cabo en la Hacienda el Progreso de la misma Universidad, localizada en el municipio de Barbosa Antioquia, utilizando bovinos machos de edades comprendidas entre los 14 y 18 meses de edad, Holstein X Cebú, infestados natural y artificialmente por *Rhipicephalus microplus.*

III Trabajo: PRUEBA DE ESTABLO

La prueba se realizó en las instalaciones especiales que para este tipo de ensayos posee CORPOICA en el Centro de Investigación Palmira.

La prueba estuvo supervisada por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA tanto desde el nivel nacional (Dra. Mari luz Villamil) como en el nivel local (Dra. Liliana Cadavid).

Esta prueba fue con el objeto de evaluar el efecto de la mezcla Bb+Ma (producto comercial con licencia de venta Ica de nombre comercial BIOPLAG), fueron empleados 12 terneros de 4 a 6 meses de edad Normando X Holstein y alojados en compartimientos individuales con piso enrejado para permitir paso y posterior recolección de garrapatas desprendidas. Cada ternero recibió una infestación de aproximadamente 2.500 larvas de *Rhipicephalus microplus* mediante barrido con pincel desde un tubo de vidrio donde se incubo 0,125 g de huevos, procedimiento que se realizó 3 veces por semana hasta completar 10 infestaciones por animal. El día cero fue aplicado el producto BIOPLAG (mezcla Bb+Ma) en dosis de un litro de la solución del producto por cada 100 kg de peso. La cantidad de producto preparado fue el siguiente: 5 gramos Bioplag más 2ml de aceite emulsificante de uso pecuario con factor UV por litro de agua.

LABOR	PRODUCTO	SITIO APLICACIÓN	CANTIDAD
Establo	- Bb+Ma	Aplicación sobre Terneros	5 gramos mezcla/litro de agua Dosis: 1 lt mezcla /100kg peso

VARIABLES EVALUADAS

- Porcentaje y causas de Mortalidad
- Tiempo Promedio Mortalidad
- Efecto sobre Posturas
- Efectos sobre Adultas y Ovipostura
- Viabilidad de los huevos

- Periodo de Incubación
- Periodo de eclosión de larvas
- Porcentaje de eclosión larvaria (fertilidad)
- Índice de Eficiencia Reproductiva
- Índice de Eficiencia del producto
- Porcentaje de Mortalidad larvaria
- Efecto sobre garrapatas ingurgitadas

RESULTADOS

I Trabajo: Ensayo sobre bovinos aplicado en baños

Fueron evaluados en total 4 tratamientos sobre 447 animales y 6 aplicaciones, de los cuales se recolectaron 12.000 especímenes de garrapata en 15 fechas de evaluación, en un periodo de aproximadamente de 4 meses con aplicaciones cada 21 días para aplicación en baños.

PORCENTAJE Y CAUSA DE MORTALIDAD (%)		TIEMPO PROMEDIO DE MORTALIDAD (días)		CANTIDAD POSTURAS Y PORCENTAJE DE ECLOSIÓN		
Bb	61	**Bb**	7	**Bb**	4.500	30
Ma	37	**Ma**	8	**Ma**	4.500	31.5
Bb+Ma	75	**Bb+Ma**	6.4	**Bb+Ma**	3.000	18.4
Acaricida Químico	40	**Acaricida Químico**	8.5	**Acaricida Químico**	1.500	100

1. En relación con el porcentaje de mortalidad acumulado después de cuatro meses de evaluación se registra que *B. bassiana* ocasionó el 61.3% de mortalidad, *M. anisopliae* el 37% de Mortalidad, la mezcla de *B. bassiana* + *M. anisopliae* un 75.5% de Mortalidad y el acaricida químico alcanzo el 40% de Mortalidad.

2. Otra de las variables evaluadas en todos los tratamientos fue el Tiempo Promedio de Mortalidad, de estas evaluaciones se encontró lo siguiente: La mortalidad tanto de los estados inmaduros como de los adultos de garrapata, tratados con los cuatro tratamientos se inició a los 7

días para el tratamiento con *B. bassiana*, 8 días para *M. anisopliae*, 6,4 días para la mezcla *B. bassiana* + *M. anisopliae* y 8,5 días para el acaricida químico.

3. De los adultos de garrapatas evaluados en cada tratamiento se registró la cantidad de posturas encontradas y su porcentaje de eclosión y así poder determinar el efecto de los hongos sobre su progenie. En esta evaluación se observó lo siguiente:

En todos los casos se pudo observar una disminución significativa tanto en cantidad de posturas como reducción de masa de huevos por postura si tenemos en cuenta la cantidad de especímenes de garrapatas recolectas, la diferencia más notoria la representa el porcentaje de Eclosión de los tres tratamientos donde estuvieron incluidos los hongos respecto al tratamiento donde se aplicó el acaricida químico, lo que refleja que el biológico realmente actúa sobre el sistema y potencial reproductivo de los adultos de garrapata y sobre sus posturas.

Ensayo sobre praderas

Resultados de un total de 4 aplicaciones en pradera**,** de las cuales se recolectaron 3.500 especímenes de garrapata en estado larvario durante 7 fechas de evaluación, en un periodo de aproximadamente 4 meses con aplicaciones cada 30 días.

El tratamiento de mejor comportamiento referente al mayor porcentaje mortalidad fue la mezcla de *B. bassiana* y *M. anisopliae* (52%) seguido de *B. bassiana* con un 38% de mortalidad. Podría contemplarse como opción la adición del producto biológico con la labor de fertilización de la pradera.

TRATAMIENTO	PORCENTAJE Y CAUSA DE MORTALIDAD	TIEMPO PROMEDIO MORTALIDAD
Bb	38	9.5
Ma	10	11
Bb+Ma	52	10
Ma+Abono	23	11

II Trabajo

Ensayo 1.

En las pruebas "*in vitro*" la mayoría de las garrapatas presentaron invasión por el hongo a los 8 días y a los 15 días se observó:

- 75% de las garrapatas estaban invadidas por Ma

- 90% invadidas por Bb

- 100% invadidas por la mezcla Ma + Bb

Ensayo 2 y 3.

2. Al someter las masas de huevos a los ttos se observó lo siguiente.

-Aumento de periodos de incubación

-Aumento de periodos de eclosión de larvas

-Disminución en % de eclosión

-Disminución de supervivencia larval (12 días en promedio)

-La mezcla *Ma +Bb* en Promedio de 10.33 días el 100% de larvas habían muerto.

-En el grupo control a los 21 días las mortalidades fueron inferiores al 1.5%.

3. De lo anterior se deduce que los hongos pueden actuar de forma lenta habiendo invasión de los huevos por las conidias por lo que el crecimiento micelial (Invasión) en el hemocele ocurre apenas después de la eclosión de las larvas.

EFICIENCIA DEL PRODUCTO MORTALIDAD ADULTOS		EFECTO SOBRE HUEVOS Y LARVAS			
		INCUBACIÓN (días)	ECLOSIÓN (%)	SUPERVIVENCIA LARVAS (días)	% MORTALIDAD LARVAS
Bb	76	32	60	12	+ 90
Ma	79	31	80	14	+ 95
Bb+Ma	92	33	60	10,33	100
Control	0	28	98	+21	1

Ensayo 4.

Evaluaciones en días post tratamiento hembras ingurgitas colectadas y afectadas por los hongos en las pruebas sobre bovinos

4. Las evaluaciones realizadas del primer baño nos muestra afección sobre garrapatas ingurgitadas (ingeridas) pero se sigue observando una elevada carga parasitaria en estados larvales y ninfales sobre los vacunos expuestos.

5. A los 14 días después de realizado el segundo baño se encontró que aproximadamente el 95% de las garrapatas adultas contadas en el ganado bajo tratamiento biológico eran menores de 8 mm, lo que confirma que trabajar con biopreparados reduce la población mayor de 8mm, mientras que la población de ectoparásitos menor de 8mm se ve menos disminuida, debido a la incorporación de garrapatas procedentes del pasto en el cual se encuentra el 60% o más de la estructura poblacional de esta especie de artrópodo tal como lo plantea Cordovés et al., (1998).

6. En evaluaciones del tercer baño se encontró menor cantidad de garrapatas ingurgitadas en cada una de las tres inspecciones post tratamiento y menor cantidad de larvas y ninfas respecto al grupo de animales control .

Baño	Evaluación días después del Tratamiento	Total Recolec-tadas	Ma		Bb		Control	
			Garrapatas Ingurgitadas					
			Colectada	Afectadas	Colectada	Afectadas	Colectada	Afectada
1	7	75	28	-	23	3	24	-
	14	78	25	8	18	11	35	-
	21	42	13	8	7	5	22	-
2	7	50	15	10	2	12	33	-
	14	62	8	5	6	6	48	-
	21	50	8	8	3	29	39	-
3	7	51	10	4	11	8	30	-
	14	28	5	3	4	4	19	-
	21	40	6	4	2	1	26	-

CONSIDERACIONES

1. Las hembras ingurgitadas sometidas a baños de inmersión con los hongos Ma, Bb, y su mezcla se ven disminuidas en:

- Supervivencia
- Periodo de oviposición
- Cantidad de hembras fértiles
- Afecta peso promedio de masas de huevos afectando directamente el Índice de Eficiencia Reproductiva (IER) asegurando una disminución en reinfestación a mediano plazo

2. Las masas de huevos sometidas a los tratamientos muestran:

- Aumento de periodos de incubación
- Aumento de periodos de eclosión de larvas
- Notoria disminución en los % de eclosión y supervivencia larval

3. Con los tratamientos evaluados en animales en pastoreo verifico la reducción en la cantidad de hembras ingurgitadas presentes en el cuerpo del bovino indicando una marcada disminución de la población del ectoparásito señalando la acción de dichos entomopatógenos sobre los estados parasíticos de B. microplus.

4. Los hongos evaluados demostraron tener buena acción biocontroladora sobre los diferentes estados de la garrapata tanto en test “in vitro” como en las pruebas “in situ”, lo que lleva a pensar que es importante considerarlo como una estrategia dentro de una visión de Manejo Integrado de Garrapatas (MIG).

III. Trabajo

A partir del día 4 después de aplicación se dio comienzo con la recolección de teleoginas en todos los animales fue realizada mediante barrido y examen de residuos de heno y heces y posterior revisión del filtrado. Recolección realizada hasta el día 21 del ensayo.

Se tomó una muestra de 50 teleoginas por ternero las cuales fueron pesadas e incubadas a 28 ºC y 75% Humedad relativa por 14 días para permitir oviposición. A los 14 días se registró peso de los huevos producidos de cada muestra. La muestra de huevos fue depositada en frasco de vidrio y llevada incubación por 30 días para garantizar eclosión. Una vez eclosionó el material incubado se observó bajo el estereoscopio contando huevos infértiles y cocones o corion.

CONSIDERACIONES:

1. La eclosión de los huevos depositados por garrapatas desprendidas de terneros tratados con BIOPLAG® (Mezcla especifica Bb+Ma), se afectó en forma severa, alcanzando una reducción promedio de 62.24%.

2. La reproducción en general (medida en términos de oviposición y eclosión de los huevos), de garrapatas producidas por bovinos tratados con BIOGPLAG®, se afectó severamente. El Índice Promedio de Inhibición de la Reproducción (IIR) fue de 71.23%.

3. Los vacunos tratados con BIOPLAG® en la presente prueba, no evidenciaron síntomas de reacciones desfavorables locales o sistémicas, atribuibles a la aplicación del producto

4. Los resultados de la prueba de establo realizada, permiten calificar al producto BIOPLAG®, como una opción limpia y segura para el control de la garrapata *Rhipicephalus microplus*, la cual puede ser combinada con alternativas químicas o no químicas en programas de Manejo Integrado del Parásito.

REFERENCIAS

Betancourt, A. 1996. Tratamientos estratégicos y control integrado de la garrapata. En: Pfizer: Memorias Seminario Internacional de Parasitología. Paipa, Nov. 22-24 p. 11-16.

Betancourt, A. 2001. Manejo no químico de garrapatas con énfasis en el empleo del hongo *Metarhizium anisopliae*. Conferencia dictada en la Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Antonio Nariño. Popayán.

Betancourt, A. 2004. Manejo Del complejo Ecto-Hemoparásitos en bovinos. Conferencia presentada en los Foros sobre “Manejo de Hemoparásitos en el Hato”, realizados por Intervet Colombia. Villavicencio, Pereira, Barranquilla y Valledupar. Agosto- septiembre 2004. 20 p.

Betancourt, A. 2005 Prueba de establo para evaluar la efectividad del producto BIOGARD® contra la garrapata del ganado *Boophilus microplus.* Informe Final presentado al Instituto Colombiano Agropecuario.

Cassalett, E.R. 2001. Alternativas de Control de cepas de garrapatas multirresistentes. En: Seminario Internacional de Enfermedades Parasitarias en Bovinos. MERIAL. Bogotá, Agroexpo. Julio 13-14. 14p.

Correira, A do C.B., Monteiro, A.C. y Fiorion, A.C. 1994. Efeito de quatro concentracóes do fungo Metarhizium anisopliae sobre o garrapata de bovinos Boophilus microplus, em condicóes de laboratorio. In SINCONBIOL, 4, Gramad, RS. Anais. Gramado p. 98.

Drummond, R.O.; Ernst, S.E.; Trevino, J.L.; Gladney, W.J. and Graham, O.H. 1973. *Boophilus anulatus and Boophilus microplus* laboratory tests for insecticides. J. E. Entomol. 66: 130-133.

Drummond, R.O.; Gladney, W.J.; Whetstone, T.M. and Ernst, S.E. 1971. Laboratory testing of insecticides for the control of the winter tick. J. Econ. Entomol. 64: 686-688.

Evans, Harry C. 1991. Uso actual y potencial de los entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas. SOCOLEN, Bogotá.

Ferrón, P. 1981. Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. *In* Burges, HD. (ed.) Microbial control of pest and plant diseases 1970-1980. Academic Press. London. pp. 465-482.

Guedes, A.P.; Da Silva, I.; Masuda, A. and Henning, M. 2000. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus.* Veterinary Parasitology. 94: 117.125.

Moreno, R.; Hernández, F.; Benavides, E.; Cotes, A.M.; Romero, A.; Gómez, M.I.y García, L.P.2001. Evaluación *in vitro* de *Metharhizium anisopliae, Beauveria bassiana y Verticillium lecanii* para el control dela garrapata *Boophilus microplus* (Canestrini) (Metastigmata: Ixodidae). En: Resúmenes XXVIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Pereira, Agosto 8-10 p. 43-44.

Narváez, M. y Espinosa, J. 1998. Evaluación de un producto químico (Cipermetrina 15%) y un producto biológico (*Metarhizium anisopliae)* para el control de garrapatas en bovinos en el municipio de Puerto Rico. Tesis de Grado Universidad del Amazonas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia. Florencia Caquetá.

Rijo Camacho, Esperanza, Mercedes Lujan, Elena Vitorte y E. Ponce. 1992. Control biológico de *Boophilus microplus* (Arácnida: Ixodidae) en parcelas experimentales. VI Jornada Científica de la Sociedad Cubana Zoología. Noviembre (Resumen).

Rijo, E. 1995. Control biológico de *Boophilus microplus* (Canestrini, 1978). En: Curso Internacional de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba.

Rodriguez, D. Hongos Entomopatógenos. En: Seminario sobre Patología de insectos. Medellín. Mayo 11, 1984. p 51-93.

Samsinakova, Anna, Kalakova, Susana, Daniel M. Dusabek, Homzakova Elena y Cerny, V. 1974. Entomophague fungi associated withe the ticks Ixodes ricinos. Parasitología (Praha) 21:39-48.

Sutherst, R., W. Warton y K.B.W., Vleech. 1978. Guide to studies on tick ecology. Division of Entomology. Technical Paper N°. 14 CSIRO 1-59 pp.

Walker, A.R.; Benavides, E. and Betancourt, A. 1988. Uso del concepto manejo integrado de plagas para el control de garrapatas. Carta Ganadera. 25(8): 52-57.

INSECTOS NECRÓFAGOS Y ECOLOGÍA DE LA DESCOMPOSICIÓN

FILOGENIA DE LOS MAYORES CARROÑEROS NEOTROPICALES: RELACIONES EVOLUTIVAS DE LOS GÉNEROS DE MOSCAS SARCOPHAGINAE (DIPTERA, SARCOPHAGIDAE) Y EVOLUCIÓN DEL HÁBITO NECRÓFAGO

Eliana Buenaventura; Thomas Pape

Natural History Museum of Denmark, Universitetsparken 15, DK-2100 Copenhagen, Denmark e-mail: elianabuenaventura@gmail.com

Resumen. Con cerca de 3000 especies, la familia Sarcophagidae es una de las más ricas dentro de las moscas caliptradas. Sarcophagidae es notable por ser un grupo de evolución reciente, por su alta diversidad en los todas las regiones biogeográficas, y su rango inusualmente diverso de hábitos de alimentación que incluye la necrofagia. Alrededor de 2000 de sus especies pertenecen a la subfamilia Sarcophaginae. El presente, constituye el estudio filogenético más amplio de esta subfamilia hasta la fecha. Utilizando el criterio de parsimonia, se analizaron caracteres morfológicos de 139 especies de los 50 géneros que constituyen la subfamilia Sarcophaginae. Se estudiaron no menos de 130 caracteres de los genitales masculinos, cuya homología se evalúa por primera vez. De 38 géneros no monotípicos representados por más de una especie, se recuperó la monofília de 34 géneros. Se encontró que el hábito de alimentación ancestral de los Sarcophaginae parece ser el saprófago con subsecuentes especializaciones que incluyen la coprofagia y necrofagia, las cuales evolucionaron más de una vez en esta subfamilia. De manera similar, el hábito parasítico parece haber evolucionado varias veces. Las moscas descomponedoras principalmente de estiércol de los géneros *Dexosarcophaga*, *Nephochaetopteryx*, *Oxysarcodexia*, *Oxyvinia* y *Ravinia* formaron clados cerca de la base del árbol, mientras que géneros que incluyen un mayor número de especies necrófagas como *Peckia* y *Sarcophaga*, se ubicaron en clados distantes de la base del árbol.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la vida animal en la Tierra es el resultado de cuatro explosiones evolutivas de insectos, las radiaciones de los escarabajos, polillas, avispas y moscas. Las moscas constituyen uno de los grupos más conocidos de insectos, pues debido a su ubicuidad han extendido su distribución a todos los ecosistemas terrestres. Desde su origen, éstos insectos pertenecientes al orden Diptera, han desarrollado una gran variedad de respuestas biológicas para adaptarse a las condiciones ambientales impuestas, desde los estómagos de mamíferos colonizados por éstridos parásitos, hasta recursos efímeros como los cadáveres de animales que generalmente son

colonizados por miles de larvas y adultos de diferentes familias de Calyptratae. Así, los dípteros han desarrollado una amplia gama de adaptaciones anatómicas y de comportamiento causadas por presiones de selección. La diversidad morfológica de sus estructuras corporales y los distintos tipos de especializaciones encontrados en las moscas se puede equiparar a su variedad de hábitos de vida, que incluyen la depredación, saprofagia, parasitismo de plantas y animales, nectarivoría, entre otros. Sin embargo, la comprensión de la relación entre radiación y adaptación en grupos tan diversos de organismos como las moscas plantea dificultades. En primer lugar, la comprensión de las radiaciones representa un reto para filogenetistas, que se enfrentan a la difícil tarea de desentrañar las relaciones cladísticas entre taxa estrechamente relacionados. Sólo aquellos taxa para los que se han producido filogenias robustas tendrán la base cladística que nos permita estudiar y caracterizar eventos evolutivos como verdaderas adaptaciones o procesos neutros no adaptativos.

En términos generales, las radiaciones se identifican mediante el cálculo de la proliferación de taxa en breves períodos de tiempo evolutivo (Grimaldi y Engel 2005). Por lo tanto, la identificación de las radiaciones requiere una filogenia calibrada, la cual proporciona tanto el patrón de diversificación de un cierto grupo de organismos como la dimensión temporal de eventos evolutivos específicos. Tradicionalmente, la historia evolutiva de los organismos se ha estudiado a través de la sistemática filogenética, y la diversidad taxonómica se ha utilizado como un proxy para las estimaciones de todos los tipos de diversidad. Sin embargo, más allá del recuento taxonómico de especies, una radiación rápida puede proporcionar una visión muy diferente de la historia evolutiva de un clado cuando se evalúa en términos de diversidad biológica, morfológica y ecológica. En este sentido, un buen ejemplo de un linaje que muestra una radiación rápida, no sólo como una cuestión de riqueza taxonómica, sino también como un ejemplo de diversidad ecológica, morfológica y biológica, son las moscas caliptradas. El árbol filogenético de los Diptera (Wiegmann *et al*., 2011: Fig. 1) es muy ilustrativo a este respecto, en el que sólo el clado de Calyptratae exhibe todos los rasgos ecológicos (hematófago, acuático, áptero, larvas o adultos endoparásitos, fitófagas) considerados en este estudio. En ese árbol la mayor radiación dentro del clado Calyptratae, en términos de riqueza taxonómica, son los Tachinidae, una familia con cerca de 8.200 especies, que, sin embargo, no es la más diversas en términos ecológicos, ya que la mayoría de sus especies son endoparasitoides (Cerretti *et al*., 2014). La segunda mayor radiación dentro de Calyptratae son los Sarcophagidae, con cerca de 2.600 especies, cuya distribución se extiende por todos los ambientes con excepción sólo de los ecosistemas alpinos altos y el ártico (Pape et al. 2011). A diferencia de las taquínidas, las moscas sarcofágidas son conocidas por su alta diversidad de estrategias de vida, que incluye la necrofagia, coprofagia, el cleptoparasitismo, parasitismo facultativo y obligatorio de vertebrados e invertebrados, la depredación e incluso la herbivoría (Pape 1996; Wiegmann *et al*., 2011; Piwczyński *et al*., 2014).

Recientemente, se identificaron dos radiaciones rápidas dentro de Sarcophagidae, una correspondiente a la diversificación dentro de la subfamilia Sarcophaginae y la otra ocurrida

dentro del género *Sarcophaga* Meigen (Piwczyński *et al*., 2014). La filogenia de Piwczyński *et al*. (2014) mostró rasgos característicos de una radiación, como la señal filogenética débil asociada con valores de soporte de rama muy bajos restringidos a nodos seguidos por diversificaciones rápidas. Así, desde un punto de vista filogenético, la subfamilia Sarcophaginae se destaca como un grupo de moscas con una notable diversidad morfológica y ecológica, que surgió como una de las mayores radiaciones dentro de otra radiación grande en un nivel taxonómico superior, la Calyptratae. Las moscas Sarcophaginae son bien conocidas por su morfología externa extremadamente homogénea, que contrasta con la espectacular diversidad morfológica de su terminalia masculina. Resalta además, que los componentes de la terminalia masculina en Sarcophaginae varían y son informativos en la reconstrucción filogenética a distintos niveles taxonómicos. A pesar de los muchos aspectos interesantes de la evolución, la morfología y la biología de estas moscas, pocos cladogramas han sido publicados, de manera que las relaciones filogenéticas dentro de esta radiación de dípteros son muy poco conocidas y las pocas hipótesis existentes son controvertidas.

En la última década, hubo un aumento la publicación de estudios filogenéticos que incluyeron múltiples representantes de la subfamilia Sarcophaginae, con tres filogenias basadas en datos moleculares (Kutty *et al*., 2010; Stamper *et al*., 2012; Piwczyński *et al*., 2014) y un árbol filogenético basado en datos morfológicos (Giroux *et al*., 2010). Estos análisis utilizaron muestras taxonómicas, fuentes de caracteres, marcadores moleculares y enfoques analíticos muy diferentes en la reconstrucción de las relaciones filogenéticas. Como consecuencia, los resultados de estos estudios no son totalmente comparables, e incluso cuando se han analizado muestras de taxa similares, las topologías resultantes han mostrado diferentes relaciones filogenéticas. Un ejemplo de los resultados contradictorios entre algunos estudios se observa para los géneros *Oxysarcodexia* Townsend y *Ravinia* Robineau-Desvoidy, que comparten hábitos de vida, y algunos caracteres adultos y larvarios, por lo cual se ha hipotetizado sobre su cercanía filogenética (Pape 1996). Sin embargo, las filogenias disponibles muestran resultados controvertidos. Por ejemplo, Giroux *et al*. (2010) recuperaron (*Oxysarcodexia* + *Ravinia*) utilizando datos morfológicos, pero en estudios moleculares posteriores Kutty *et al*. (2010) mostraron los clados (*Oxysarcodexia* + (*Notochaeta* Aldrich + *Sinopiella* Lopes & Tibana)) y (*Ravinia* + *Titanogrypa* Townsend) y Piwczyński *et al*. (2014) recuperó (*Oxysarcodexia* + *Blaesoxipha* Loew) y (*Ravinia* + (*Titanogrypa* + *Fletcherimyia* Townsend)). Por otro lado, los soportes bajos en los nodos son predominantes en la mayoría de las filogenias de Sarcophaginae disponibles, lo cual puede estar relacionado con la falta de señal filogenética debido a la radiación rápida.

Clasificación, taxonomía y filogenia de Sarcophaginae

La clasificación actual de Sarcophagidae reconoce tres subfamilias: Miltogramminae, Paramacronychiinae y Sarcophaginae (sensu Pape 1996), siendo ésta última, la más grande. Tanto en su estado larvario como adulto, las moscas Sarcophaginae son bien conocidas por su homogeneidad morfológica tanto a nivel de géneros como de especies. La homogeneidad

fenotípica de Sarcophaginae sólo es interrumpida por la notable diversidad en los genitales masculinos (por ejemplo, Roback, 1954; Giroux *et al*., 2010; Richet *et al*., 2011; Buenaventura y Pape, 2013).

La clasificación genérica de Sarcophaginae de Pape (1996) difiere de los principales catálogos regionales (p.e., Lopes, 1969; Verves, 1989) principalmente en dos puntos: 1) el concepto más o menos amplio para ciertos géneros, que es una consecuencia de que cada autor tiene una manera diferente de aplicar el rango genérico debido posiblemente a la notable uniformidad en la morfología externa de las especies que dificulta el establecer marcadores genéricos, y 2) las diferencias metodológicas entre los sistemáticos. Hasta la fecha, la clasificación de Pape (1996) es la propuesta más moderna y ha sido aceptada y utilizada por una gran parte de la comunidad; sin embargo, no ha sido probada en un estudio filogenético estricto.

Roback (1954) contribuyó al conocimiento de la evolución de los Sarcophaginae con un monumental estudio de los genitales masculinos de toda la subfamilia, pero sus hipótesis filogenéticas surgieron antes de la postulación de las teorías modernas de la sistemática y por lo tanto han sido considerados defectuosas al nivel metodológico (Pape 1996). Durante los últimos 30 años, se publicaron nuevos cladogramas, la mayoría de ellos centrados en el nivel de especie (Kurahashi y Kano, 1984; Lopes, 1984, 1990; Pape, 1994; Blackith *et al*., 1998). Las hipótesis filogenéticas basadas en morfología propuestas por Pape (1994) y Giroux *et al*. (2010), muestran relaciones muy similares a nivel de género. Los estudios tanto de Blackith *et al*. (1998) como de Giroux *et al*. (2010) mostraron una señal filogenética más fuerte en caracteres genitales masculinos que en otros caracteres externos.

Con base en el contexto anterior, este estudio se propuso analizar las relaciones filogenéticas dentro de la subfamilia Sarcophaginae usando caracteres morfológicos, especialmente los de la terminalia masculina, para proveer una hipótesis de la evolución de estas estructuras genitales dentro de una de las radiaciones evolutivas más grandes de moscas caliptradas, así como definiciones morfológicas para todos los géneros de esta subfamilia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron especímenes depositados en el Instituto Alexander von Humboldt, Villa de Leyva, Colombia (IAvH), el Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica (INBio), el Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil (MNRJ), el Museo Sueco de Historia Natural (Naturhistoriska Riksmuseet), Estocolmo, Suecia (NHRS), el Museo Nacional de Historia Natural, Washington, DC, EE.UU. (USNM), el Museo Bohart de Entomología, Universidad de California, Davis, California, EE.UU. (BME) y el Museo de Historia Natural de Dinamarca, Universidad de Copenhague, Copenhague, Dinamarca (ZMUC).

El grupo interno incluyó 139 especies que representan los 50 géneros actualmente reconocidos dentro Sarcophaginae (Pape, 1996), a excepción de *Sarcodexia* que aquí se considera como subgénero de *Peckia* Robineau-Desvoidy (Buenaventura y Pape 2013), *Wulpisca* Lopes que fue sinonimizado con *Panava* Dodge recientemente (Carvalho-Filho y Esposito, 2011) y *Lipoptilocnema* Townsend que aquí se considera como género y no como subgénero de *Sarcophaga*.

Con el fin de probar la monofília, validez y circunscripción de los géneros de la subfamilia Sarcophaginae, e inferir sus relaciones filogenéticas, construimos una matriz con 203 caracteres morfológicos de machos usando el software Mesquite ver. 2.75 (Maddison y Maddison, 2011).

El conjunto de datos se analizó bajo el criterio de Parsimonia en el programa informático TNT versión 1.1 (Goloboff *et al.*, 2008), utilizando pesos iguales. La búsqueda de árbol se llevó a cabo con la opción de búsqueda de Nueva Tecnología (level 50, initial addseqs = 9, find minimum tree length 20 times), con una búsqueda adicional usando el algoritmo de reconexión, bisección e intercambiado de ramas (TBR, por sus siglas en inglés) sobre los árboles más parsimoniosos (MPT) hallados en el paso anterior hasta alcanzar el número máximo de 10.000 árboles más parsimoniosos. Se calcularon soportes de Bremer (SB), Jackknife (JK), índice de retención (IR) y de consistencia (IC) con TNT. Se rastrearon los caracteres de hábitos de vida (necrofagia y coprofagia) conocidos para algunas especies, sobre el árbol de consenso en el programa Mesquite.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan por primera vez las relaciones filogenéticas para todos los géneros reconocidos en la subfamilia Sarcophaginae. El cladograma mostró soportes de rama altos y estuvo casi completamente resuelto, con unas pocas politomías a nivel de especie. De 38 géneros no monotípicos representados por más de una especie, se recuperó la monofília de 34 géneros. Los cuatro géneros no monofiléticos corresponden a *Sarcodexiopsis* Townsend, *Retrocitomyia* Lopes, *Tapacura* Tibana & Lopes y *Titanogrypa*. Los géneros no monotípicos *Bahamiola* Dodge y *Tulaeopoda* Townsend estuvieron representados por una sola especie cada uno, pero su posición filogenética no comprometió la monofília otros géneros. De los diez géneros monotípicos, el género *Austrophyto* Lopes surgió dentro del género *Microcerella* Macquart; una nueva especie de *Mecynocorpus* Roback cambia su estado de género monotípico a politípico, y las especies de los ocho géneros monotípicos restantes, surgieron como hermanas de otros géneros, lo que significa que sus posiciones filogenéticas no causaron la parafilia de otros géneros. Sobre la base de los soportes de nodos y las sinapomorfías en esta filogenia, se proponen 6 sinónimos genéricos y se valida el estatus genérico de *Lipoptilocnema*, y en consecuencia, se reconocen 43 de 50 de los géneros de la clasificación de Pape (1996).

La comprensión de los patrones de divergencia filogenética que han originado la diversidad actual dentro de la subfamilia, Sarcophaginae requiere del entendimiento de la evolución de las

transformaciones y cambios en la historia natural y cómo éstos se correlacionan con el desarrollo y la evolución morfológica y con eventos de alta especiación.

El entendimiento de las transformaciones y cambios en la historia natural de los Sarcophaginae y su posible correlación tanto con la evolución morfológica como con eventos de alta especiación, posibilita la comprensión de los patrones de divergencia filogenética que han originado la diversidad actual dentro de esta subfamilia de dípteros. La robustez de nuestro análisis evidenciado en el alto grado de resolución y relaciones bien soportadas de especies representantes de todos los géneros de Sarcophaginae, nos permiten abordar los cambios observados en cuanto a los hábitos alimenticios y hacer algunas inferencias evolutivas, como por ejemplo que la saprofagia es el hábito de alimentación ancestral. En función de la optimización realizada con el software Mesquite, se identificaron múltiples cambios en la historia natural de los Sarcophaginae, generalmente con la evolución de los hábitos especializados de la coprofagia y necrofagia a partir de un estado saprófago generalizado. De este modo, se hace evidente un patrón en el cual la coprofagia es el hábito de alimentación más frecuente en los clados cercanos a la base del árbol, mientras que la necrofagia fue el más frecuente en divergencias alejadas de la base de la filogenia, en donde además ocurren múltiples cambios de la necrofagia al parasitismo. En muy pocos casos, clados enteros se asociaron a una única forma de especialización, así por ejemplo, hubo estados ambiguos que hicieron difícil la determinación del hábito de alimentación ancestral que originó el parasitimo en divergencias alejadas de la base del árbol, aunque su estado ancestral muy posiblemente es el de la necrofagia. Así, sugerimos que la saprofagia es el estado ancestral de la subfamilia, así como de las especializaciones hacia la coprofagia y necrofagia, con éste último hábito de alimentación siendo el estado ancestral del parasitismo. En varios cambios el estado ancestral es ambiguo, pero la saprofagia es siempre uno de los estados más parsimoniosos, lo cual es consistente con los hallazgos en estudios similares (p.e., Kutty et al. 2014). Con frecuencia, se ha considerado a la saprofagia como el hábito de alimentación ancestral de las moscas *Cyclorrhapha*, a partir del cual hábitos de alimentación más especializados han evolucionado subsecuentemente (Ferrar 1987). Un hábito saprófago también ha sido sugerido para el ancestro de Calliphoridae, Sarcophagidae y Tachinidae (Herting, 1957; Rognes, 1991). Nuestros resultados son compatibles con lo que se ha encontrado en Muscidae (Kutty *et al*., 2014), pero no con lo propuesto para Scathophagidae, donde la fitofagia fue la forma de alimentación ancestral con dos cambios posteriores hacia la condición saprófaga (Kutty *et al*., 2007).

Nuestra filogenia muestra que los primeros linajes en Sarcophaginae son en su mayoría descomponedores de estiércol, mientras que linajes emergen más tarde tienen hábitos de alimentación más diversos, incluyendo la necrofagia y el parasitismo. Por ejemplo, especies del grado *Tricharaea* Thomson que incluye los géneros *Bahamiola*, *Pacatuba* Lopes, *Sarcofahrtiopsis* Hall y *Tricharaea*, así como los del clado *Oxysarcodexia* que contiene los géneros *Nephochaetopteryx* Townsend, *Oxysarcodexia* y *Ravinia*, se encuentran generalmente como descomponedores de estiércol. Estas agrupaciones de moscas descomponedoras como el

grado *Tricharaea* y el clado *Oxysarcodexia* se colocan cerca de la base de la subfamilia, mientras que todos los otros géneros que incluyen un mayor numero de especies necrófagas como los del clado *Peckia* y el clado *Microcerella*, así como géneros con los hábitos de alimentación parasitaria como los de los clados *Lepidodexia* Brauer & Bergenstamm, *Chrysagria* Townsend y *Udamopyga* Hall, emergen en divergencias alejadas de la base del árbol.

En este estudio se elaboró por primera vez una hipótesis filogenética de los géneros de la subfamilia Sarcophaginae, la cual se mostró estable, con un grado resolución considerable y soportes de rama altos. Además, se encontró que su hábito de alimentación ancestral es muy posiblemente la saprofagia, con subsecuentes cambios hacia especializaciones coprófaga y necrófaga, siendo esta última el origen del parasitismo. Esto resalta que aunque la gran mayoría de los Sarcophaginae adultos son inocuos, sus larvas pueden ser beneficiosas dentro de los servicios de los ecosistemas, debido a su rol central dentro de la descomposición y reciclaje de residuos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. C. Mello-Patiu, Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; Sr. M. Zumbado, Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo, CR; Dr. N.E. Woodley, USDA National Museum of Natural History, Washington DC; Dr, K.-A. Johanson, Swedish Museum of Natural History, Stockholm; The Bohart Museum of Entomology, University of California, USA, por el préstamo del material. E. Buenaventura expresa su agradecimiento a D. K.-B. Cheung, Natural History Museum of Denmark, Copenhagen, por su asistencia con las micrografías de SEM e ilustración científica, al Dr. T. Dikow, Instituto Smithsoniano, National Museum of Natural History, Washington DC, y al Dr. N. Woodley, USDA National Museum of Natural History, Washington DC, por su apoyo durante el desarrollo de su trabajo en el Instituto Smithsoniano. Extendemos nuestro agradecimiento a la Dra. M. Giroux, Department of Natural Resource Sciences of McGill University, Montreal, por proveer imágenes de SEM. Este estudio estuvo financiado por COLCIENCIAS en Colombia (Beca 512-2010 a E. Buenaventura), el Instituto Smithsoniano (Beca predoctoral 2013 a E. Buenaventura) y el Consejo Danés para la Investigación en Ciencias Naturales (Beca no. 272–08–0480 a T. Pape).

REFERENCIAS

Blackith, R., Blackith, R. & Pape, T., 1998. Taxonomy and systematics of *Helicophagella* Enderlein, 1928 (Diptera, Sarcophagidae) with the description of a new species and a revised catalogue. Studia dipterologica 4(2): 383–434.

Buenaventura, E. & Pape, T., 2013. Revision of the New World genus *Peckia* Robineau-Desvoidy (Diptera: Sarcophagidae). Zootaxa 3622(1): 87.

Carvalho-Filho, F.D.S. & Esposito, M.C., 2011. *Panava* a senior synonym of *Wulpisca*, and description of new species of *Panava* and *Dexosarcophaga* (*Bezzisca*) from the Brazilian Amazon (Diptera, Sarcophagidae). Zootaxa 2808: 49–56.

Cerretti, P. *et al*., 2014. Signal through the noise ? Phylogeny of the Tachinidae (Diptera) as inferred from morphological evidence. Systematic Entomology 39: 335–353.

Ferrar, P., 1987. A guide to the breeding habits and immature stages of Diptera Cyclorrhapha. Entomonograph *8*. E.J. Brill/., Leiden and Copenhagen.

Giroux, M., Pape, T. & Wheeler, T.A., 2010. Towards a phylogeny of the flesh flies (Diptera: Sarcophagidae): morphology and phylogenetic implications of the *acrophallus* in the subfamily Sarcophaginae. Zoological Journal of the Linnean Society 158: 740–778.

Goloboff, P.A., Farris, J.S. & Nixon, K.C., 2008. TNT, a free program for phylogenetic analysis. Cladistics 24(5): 774–786.

Grimaldi, D.A. & Engel, M.S., 2005. Evolution of the Insects, Cambridge University Press, New York.

Herting, B., 1957. Das weibliche Postabdomen der calyptraten Fliegen (Diptera) und sein Merkmalswert für die Systematik der Gruppe. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 45: 429–461.

Kurahashi, H. & Kano, R., 1984. Phylogeny and geographical distribution of the genus *Boettcherisca* Rohdendorf (Diptera: Sarcophagidae). Japanese Journal of Medical Science & Biology 37: 27–34.

Kutty, S.N. *et al*., 2014. Complete tribal sampling reveals basal split in Muscidae (Diptera), confirms saprophagy as ancestral feeding mode, and reveals an evolutionary correlation between instar numbers and carnivory. Molecular Phylogenetics and Evolution 78(1): 349–364.

Kutty, S.N. *et al.*, 2010. Molecular phylogeny of the *Calyptratae* (Diptera: Cyclorrhapha) with an emphasis on the superfamily Oestroidea and the position of Mystacinobiidae and McAlpine's fly. Systematic Entomology 35(4): 614–635.

Kutty, S.N. et al., 2007. Sensitivity analysis, molecular systematics and natural history evolution of Scathophagidae (Diptera: Cyclorrhapha: Calyptratae). Cladistics 23: 64–83.

Lopes, H.S., 1984. A tentative arrangement of the *Notochaetina* (Diptera, Sarcophagidae), a contribution to the phylogeny of the group. Anais da Academia Brasileira de Ciências 56: 339–350.

Lopes, H.S., 1969. Family Sarcophagidae. In A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States. pp. 1–88.

Lopes, H.S., 1990. On the genera of Sarcophagidae (Diptera) showing proclinate frontorbital bristles in males. Revista Brasileira de Biologia, 50: 279–292.

Maddison, W.P. & Maddison, D.R., 2011. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 2.75 http://mesquiteproject.org.

Pape, T. 1996. Catalogue of the Sarcophagidae of the World (Insecta: Diptera). Memoirs of Entomology International 8: 1–558.

Pape, T., 1994. The world *Blaesoxipha* Loew, 1861 (Diptera: Sarcophagidae). Entomologica scandinavica Supplement 45: 1–247.

Pape, T., Blagoderov, V. & Mostovski, M.B., 2011. Order Diptera Linnaeus, 1758. In Z. Zhang, ed. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148: 222–229.

Piwczyński, M. et al., 2014. A large-scale molecular phylogeny of flesh flies (Diptera: Sarcophagidae). Systematic Entomology 39(4): 783–799.

Richet, R., Blackith, R.M. & Pape, T., 2011. Sarcophaga of France *(*Diptera: Sarcophagidae*)*. Pensoft Publishers, Sofia, Moscow.

Roback, S.S., 1954. The evolution and taxonomy of the Sarcophaginae (Diptera, Sarcophagidae). University of Illinois Press, Urbana.

Rognes, K., 1991. Blowflies (Diptera, Calliphoridae) of Fennoscandia and Denmark Fauna Entomologica Scandinavica Vol. 24, ed., Leiden: E. J. Brill/Scandinavian Science Press Ltd.

Stamper, T. *et al*., 2012. Phylogenetic relationships of flesh flies in the subfamily Sarcophaginae based on three mtDNA fragments (Diptera: Sarcophagidae). Systematic Entomology 38(1): 35–44.

Verves, Y., 1989. Prof. Hugo de Souza Lopes and the modern system of Sarcophagidae. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 84: 529–545.

Wiegmann, B.M. et al., 2011. Episodic radiations in the fly tree of life. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108(14): 5690–5695.

BIOECOLOGÍA Y MORFOLOGÍA DE INMADUROS DE DÍPTEROS NECRÓFAGOS (CALLIPHORIDAE, SARCOPHAGIDAE) DE IMPORTANCIA SANITARIA Y FORENSE

Margareth Maria de Carvalho Queiroz

Laboratório de Entomologia Médica e Forense - LEMEF. Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil - mmcqueiroz@ioc.fiocruz.br

Título Breve: Bionomía de dípteros necrófagos de importancia sanitaria y forense

Palabras claves: Bionomía; dípteros Muscomorpha necrófagos; Microscopía Electrónica de Barrido; Calliphoridae; Sarcophagidae; Muscidae

INTRODUCCIÓN

La importancia de los dípteros muscoides en la transmisión de patógenos, producción de miasis y su afinidad con el hombre y los animales domésticos son conocidas desde la antigüedad. Muchos autores relatan que los dípteros (Oestroidea) son capaces de transportar varios microorganismos patogénicos como bacterias, virus, hongos, protozoarios, huevos y larvas de helmintos. Las moscas (Sarcophagidae, Calliphoridae e Muscidae) además de ser importantes vectores mecánicos, actuan como agentes irritantes y espoliadores productores de miasis al hombre y animales, estas son capaces de colonizar las carcasas en algunos minutos y son importantes en el proceso de descomposición, pues presentan un importante papel como indicadores forenses, donde la mayoría de sus larvas participa activamente en la degradación de la materia orgánica en la naturaleza, utilizando como principal sustrato carcasas de vertebrados. Siendo así, se debe tener en cuenta la importancia de estos insectos como indicadores forenses, pues con el conocimiento de su ciclo biológico y la identificación correcta de sus estadios inmaduros podrán ser utilizados en la estimación del *intervalo post-mortem* (IPM), ayudando en la identificación de casos de maltrato y abandono de niños, ancianos e incapacitados. Es fundamental conocer aspectos bionómicos de las especies, como el ciclo de vida, visto que cada vez más se torna necesario el desarrollo de métodos que auxilien a los peritos e investigadores en la correcta identificación de las especies de manera precisa y rápida, una vez que los inmaduros, principalmente en sus estadios iniciales presentan pocos caracteres diagnósticos. Estas familias son descritas como una de las que presentan un mayor potencial informativo para análisis forenses, siendo uno de los primeros dípteros que llegan a un cuerpo, estos pueden mostrar un patrón de sucesión de especies previsible durante la descomposición del cadáver. Debido a dificultades de identificación de los inmaduros de la mayoría de las especies de Díptera Oestroidea y de los adultos de la familia Sarcophagidae.

De este modo, se estableció como objetivo conocer el ciclo biológico de algunas especies de moscas y caracterizar los estadios inmaduros (huevos, larvas de primer, segundo y tercer instares y pupas) de esos muscoides a través de la técnica de microscopía electrónica de barrido (MEB). Siendo también imprescindible el conocimiento del ciclo biológico de las especies, pues pueden variar atrasando o acelerando el tiempo de desarrollo de los insectos de acuerdo con los factores abióticos en que los cuerpos son encontrados. Los inmaduros presentes en las carcasas poseen una uniformidad morfológica, siendo prácticamente indistinguibles a simple vista, con algunas excepciones o en algunos casos también con el microscopio óptico. Así, la microscopía electrónica de barrido muestra caracteres más detallados que pueden ser utilizados en la identificación de las especies para realización de la descripción de los instares larvales y la caracterización morfológica de los inmaduros de Diptera Oestroidea: *Peckia* (*P*.) *pexata* (Wulp, 1895) (Sarcophagidae), *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1818) (Calliphoridae) y *Ophyra aenescens* (Wiedemann, 1830) (Muscidae).

Metodología: Los muscoides provienen de las colonias establecidas y mantenidas en laboratorio, a partir de inmaduros y adultos capturados en el campo utilizándose como carnada para atraer las moscas, carcasas de puercos domésticos (*Sus scrofa*), de aproximadamente 15 kg. El puerco recién muerto fue adquirido de comerciantes que venden directamente para el consumo humano y fue colocado dentro de una armadilla del tipo Shannon modificada (Figura 1), estas colectas fueron realizadas en diferentes estados (AP, MS e RJ).

Figura 1: Armadilla do tipo Shannon modificada armada en diferentes estados (RJ, AP e MS) y carcasa de *Sus scrofa* (L.) como atractivo para la colecta de los dípteros muscoides. (Imagem: Margareth M. C. Queiroz).

Los insectos adultos capturados fueron llevados al laboratorio improvisado en el campo y situados dentro de jaulas para la retirada de las posturas para criar estas especies, posteriormente

fueron identificados a través de análisis morfológico utilizando llaves dicotómicas clásicas (Mello, 2003; Carvalho y Mello-Patiu, 2008).

Después de la emergencia de los adultos, las especies de interés fueron transferidas para jaulas de madera (30 cm x 30 cm x 30 cm) revestidas con tela de nylon para criar los insectos (Figura 2).

Figura 2: Jaulas utilizadas en mantención de dípteros muscoides en el laboratorio. (Imagen: Margareth M. C. Queiroz).

Durante tres días, los dípteros recibieron solamente agua y azúcar siendo mantenidos en las jaulas durante todo el tiempo de cría. A partir del cuarto día, fueron introducidos la carne bovina molida putrefacta, hígado bovino y pescado (sardina en pedazos pequeños) que sirvió como fuente de alimentación estimulante para la postura y substrato para la ovoposición/larviposición. Las jaulas eran mantenidas en estantes ventilados con temperatura regulada a 27±1°C, humedad relativa entre 60±10% e 12 horas de fotofase (Figura 3).

Figura 3: Estante ventilado regulado a 27±1°C, 60±10% URA y 12 horas de fotofase, utilizada en la mantención de dípteros muscoides en el laboratorio. (Imagem: Margareth M. C. Queiroz).

Las posturas obtenidas fueron transferidas para una dieta a base de carne bovina molida en inicio de descomposición, en la proporción de 1g de dieta para cada larva de los califorídeos y muscídeos y 2g de dieta para cada larva de sarcofagídeo y para *Peckia* (*P.*) *pexata* la dieta en la que se obtuvo éxito estaba constituida por carne bovina molida, mezclada con sardina picada (50% de cada) a inicios de descomposición. Esta dieta fue colocada en recipientes plásticos (10 cm x 10 cm) y estos fueron introducidos en otros recipientes de mayor tamaño (15 cm x 15 cm), que contenían vermiculita como substrato de pupación. Este último fue cubierto con un tejido de nylon preso por elástico y situados en estantes ventilados (Figura 4). Luego de la emergencia, los adultos fueron sexados y distribuidos en jaulas como las descritas anteriormente.

Figura 4: Parte del estante ventilado con jaulas y recipientes para la cría de inmaturos de dípteros muscoides: Parte inferior del estante muestra recipientes que contienen tubos Falcon donde se lleva a cabo la pupación y emergencia de adultos. A la derecha se muestra un recipiente grande externo que contiene la vermiculita y en su interior un recipiente más pequeño donde se deposita la carne para desarrollo de las larvas.

Asimismo fueron realizados los estudios para el conocimiento del ciclo biológico, donde fue analizada la duración y viabilidad de los estadios larval, pupal y fase de larva a adulto además del potencial biótico y la longevidad de los adultos de *L. eximia*, (*P.*) *pexata*, en condiciones de laboratorio, ambas especies presentan importancia sanitaria y forense. Como objetivo se trazó, estudiar el ciclo biológico de *P.* (*P.*) *pexata* e de *L. eximia* de colonias establecidas en laboratorio. Inmaduros y adultos fueron capturados utilizando como cebo, cadáveres de *Sus scrofa*. Se estimuló la ovoposición y esperó a la eclosión de las larvas. 160 neolarvas se dividieron en 4 grupos/40 en recipientes que contenían carne bovina y pescado podrido (1:1), siendo 2g de dieta/larva de Sarcophagidae e para Calliphoridae solamente carne bovina podrida (1g/larva). Una vez que abandonaron la dieta, se pesaron y se colocaron individualmente en tubos de ensayo que contenían vermiculita. Después de la emergencia se identificaron por sexos. 60 parejas (3x20 parejas) se separaron para estudiar el potencial biótico. Fue analizado: peso (L3), la eclosión período, las larvas y pupas, la etapa larval y la emergencia de adultos y la longevidad.

En el momento en que las larvas alcanzaron el estadio L3 y abandonaron la dieta (consideradas maduras), fueron pesadas individualmente, y ubicadas de forma individualizada en tubos de

ensayo que contenían vermiculita hasta ¼ de su volumen para calcular el período pupal. Después de emerger los adultos, fue identificado el sexo de cada espécimen y se registraron esos datos en una tabla establecida para estos fines como parte del protocolo de ensayo y para este tipo de trabajo.

Para microscopia electrónica de barrido, fueron analizados 30 ejemplares de cada estadio provenientes de colonias del laboratorio de cada especie. Los huevos fueron transferidos para placas de Petri que contenían Hidróxido de Sodio 2% (NaOH 2%) y posteriormente lavados en agua destilada. Las larvas también fueron transferidas para placas Petri, acto seguido fueron muertas en agua caliente (temperatura entre 75 a 80ºC), posteriormente fueron rápidamente transferidas para una segunda placa que contenía NaOH 2% y posteriormente lavadas en agua destilada. Después (huevos y larvas) fueron fijados con solución de Glutaraldehido 2.5% (GA 2.5%) en tampón Cacodilato de Sodio 0.1M a pH 7.2 y post-fijados en una mezcla de tetróxido de osmio 1% (OsO_4 1%) más tampón Cacodilato de Sodio 0,1M; deshidratados en series crecientes de acetona (7.5, 15, 30, 50, 70, 90, 100%) en la que permanecieron inmersos por 10 minutos en cada una de las concentraciones. El material fue mantenido en Etanol 100% y luego sometido al efecto del aparato de Balzers, para el secado en punto crítico. Fueron montados en soportes metálicos ("Stubs") y cubiertos con una fina capa de oro blanco, para permitir la visualización y obtención de las imágenes en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Se prepararon también 15 muestras de pupas que fueron muertas en un *freezer* a -24ºC por 5 minutos. En función de la rigidez del tejido (quitina) no hubo necesidad de los procesos de fijación, post-fijación y secado. Las terminologías empleadas en la descripción de los caracteres morfológicos siguieron las bases establecidas en los trabajos de Mc Alpine (1981) e Margaritis (1985).

RESULTADOS

Como resultados fue observado que en los estudios de bionomía de *P.*(*P.*) *pexata* el tiempo promedio en huevo hasta la eclosión de la larva fue 8.35±0.55 horas; el período larval promedio fue de 6.14±0.35 días y la viabilidad fue del 83,5% (Tabla 1). El peso medio de L3 fue 157±2.71 mg (Tabla 2). La viabilidad de pupa fue del 67% y el período de pupa 8.47±0.64 días. La proporción del sexo de machos y hembras emergidos fue 51.4 y 48.6%, respectivamente, con un índice de masculinidad de 0.48. El período de neolarva a adultos fue 16.41±0.54 días, y la viabilidad del 59%. El pico de producción se produjo en el séptimo día. No se pudo establecer una relación entre el peso de las larvas con respecto al sexo con que emergieron los adultos, aunque se evidenció que las hembras, en la fase larval, en su mayoría presentaban un peso ligeramente superior a los machos en esa misma fase. El peso mínimo necesario para que la larva inicie el proceso de pupación fue de 98 mg. Esta especie de Sarcophagidae deposita huevos (figura 5 A y B) y este conocimiento es esencial para la realización de la estimación más precisa del intervalo post-mortem, pues diferentes especies de la familia ponen larvas.

Tabla 1. Duración y viabilidad de los estadios larvales de *Peckia* (*Peckia*) *pexata* (Sarcophagidae) criadas en una dieta a base de carne bovina putrefacta a 27 ± ºC, 60 ± 10% UR y 12 h de fotofase, en condiciones de laboratorio.

Características biológicas	Duración (días)		Viabilidad
	Promedio ± DE	Intervalo de variación	(%)
Estadio larval	6.14 ± 0.35	6 - 7	83.5
Fase de pre-pupa	1.29 ± 0.45	1 - 3	100
Estadio pupal	8.47 ± 0.64	8 - 10	67
Fase de larva a adulto	16.41 ± 0.54	15 - 19	59

DE = Desviación estándar

Tabla 2. Peso (mg) de las larvas maduras (L3) y razón sexual de *Peckia* (*Peckia*) *pexata* (Sarcophagidae) al abandonar la dieta a base de carne bovina putrefacta a 27 ± 1 ºC, 60± 10% UR y 12 h de fotofase, en condiciones de laboratorio.

Larva Madura	Peso (mg)		Razón Sexual (%)
Sexo	Promedia ± DE	Intervalo de Variación	
Hembras	161 ± 2.81	225 - 110	0.48
Machos	154 ± 2.13	213 - 98	
Hembras y Machos	157 ± 2.71	225 - 98	

DE = Desviación estándar

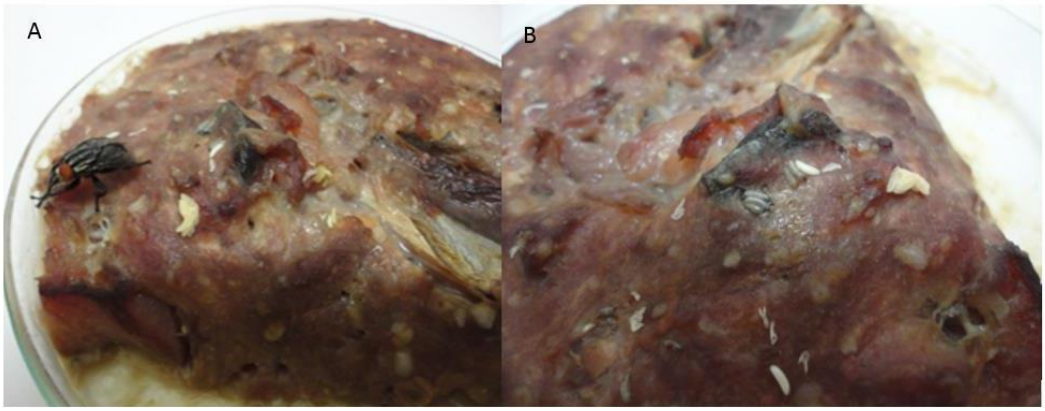


Figura 5. A y B- Dieta a base de carne bovina mezclada con pedazos de sardina putrefacta en la que se observa una hembra de *Peckia* (*Peckia*) *pexata* (Sarcophagidae) con los huevos recién depositados, huevos con embrión (oscurecidos), larvas alimentándose en la dieta y restos del recubrimiento externo de los huevos.

Los resultados en los estudios de bionomía de *Lucilia eximia* muestran que el tiempo promedio en huevo hasta la eclosión de la larva fue 10.55±0.56 horas; el período larval promedio fue de 4.68±0.64 días y la viabilidad fue del 80.5% (Tabla 2). El peso medio de L3 fue 39.1±4.8 mg (Tabla 4). La viabilidad de pupa fue del 73% y el período de pupa 6.47±0.68 días. La proporción del sexo de machos y hembras emergidos fue 49 y 51%, respectivamente, con un índice de masculinidad de 0.51. El período de neolarva a adultos fue 12.89±0.79 días, y la viabilidad del 63%. El pico de producción se produjo en el séptimo día. El peso mínimo necesario para que la larva (L3) iniciase el proceso de pupación fue de 30.1 mg.

Tabla 3. Duración y viabilidad de los estadios larvales de *Lucilia eximia* (Calliphoridae) criadas en una dieta a base de carne bovina putrefacta a 27 ± 1ºC, 60 ± 10% UR y 12 h de fotofase, en condiciones de laboratorio.

Características biológicas	Duración (días)		Viabilidad
	Promedia ± DP	Intervalo de Variación	(%)
Estado Larval	4.68 ± 0.64	4 - 6	80.5
Fase de Pre-Pupa	1.76 ± 0.95	1 - 3	100
Estado Pupal	6.47 ± 0.68	6 - 9	73.0
Fase de Larva hasta adulto	12.89 ± 0.79	12 - 14	63.0

DE = Desviación estándar

Tabla 4. Peso (mg) de las larvas maduras (L3) y razón sexual de *Lucilia eximia* (Calliphoridae) al abandonar la dieta a base de carne bovina putrefacta a 27±1ºC e 60 ± 10% UR y 12 h de fotofase, en condiciones de laboratorio.

Larva Madura	Peso (mg)		
sexo (Después de Emergencia)	Promedio ± DE	Intervalo de Variación	Razón Sexual (%)
Hembras	40.2 ± 3.8	33.5 – 40.9	
Machos	38.1 ± 4.2	30.1 – 39.1	0.51
Hembras y Machos	39.1 ± 4.8	30.1 – 40.9	

DE = Desviación estándar

La presencia de espinos filamentosos en el último segmento larval es una característica específica del género *Lucilia*. Además de eso, los puparios de esta especie fueron los únicos que presentaron una línea longitudinal lateral en el tórax y una constricción en el abdomen. El estudio permitió destacar diversas características que pueden ser combinadas para identificar las especies de importancia sanitaria y forense.

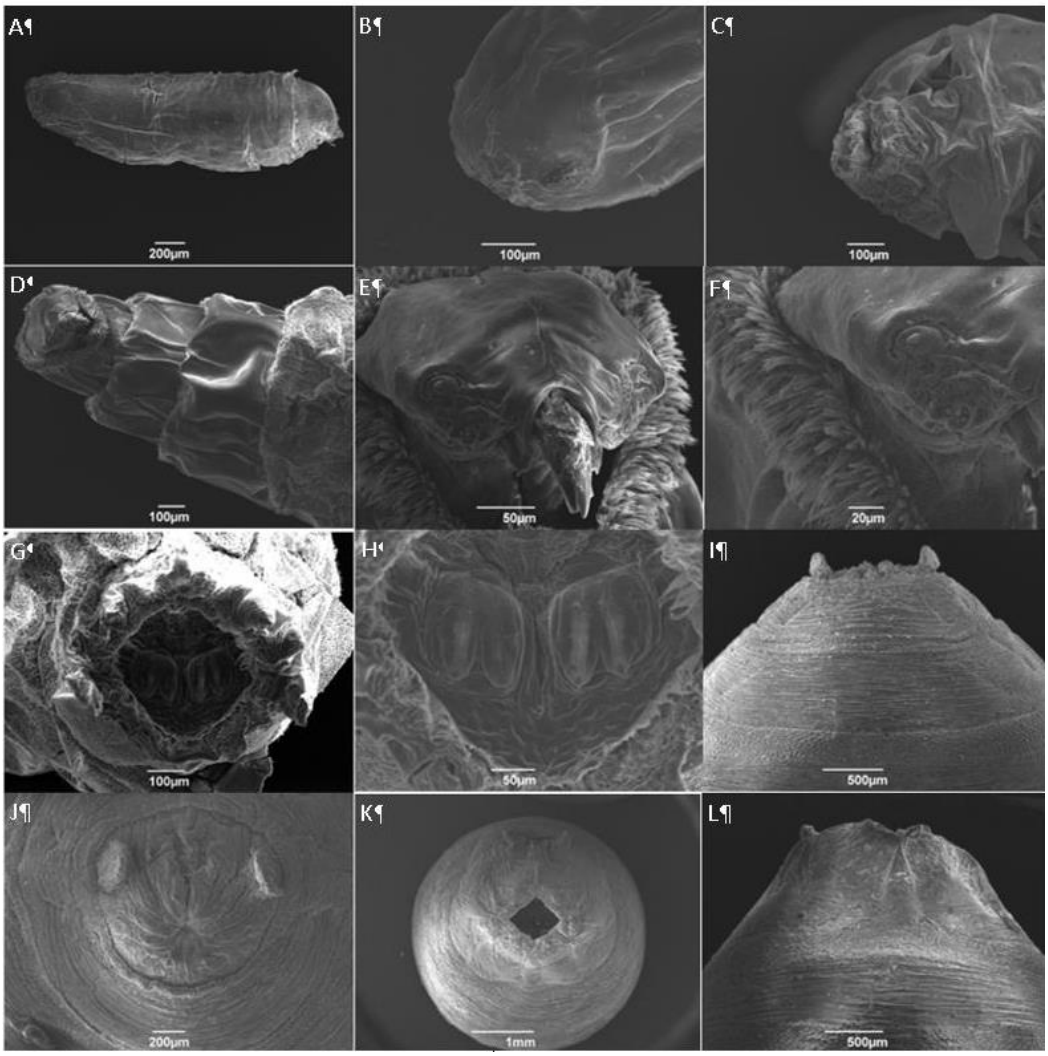


Figura 6. Microfotografías del estudio ultraestrutural de *Peckia* (*Peckia*) *pexata* (Sarcophagidae): A y B- Huevos, C- L1 eclosionando del huevo, D- Porción anterior de la L2, E- Cabeza de la L2, F- Detalle de la antena de la L3, G- Porción terminal de la L2, I y J- Porción anterior de la Pupa, con el espiráculo anterior, K y L- Porción terminal de la pupa.

Pocos estudios utilizan MEB para la descripción de huevos de especies de la familia Muscidae. En el análisis de los huevos de *Ophyra aenescens* fue observado que las células hexagonales presentan bordes más delineados al aproximarse a ambas extremidades. Su micrópila está adornada, presentando depresiones y proyecciones en el entorno de su abertura. En las larvas de primer instar, el collar cefálico y los espinos intersegmentales se presentan en hileras irregulares y el espiráculo posterior presenta una interrupción a lo largo de la abertura. En el último instar los espinos del collar cefálico e intersegmentales se presenta en hileras regulares y con un mayor número de hileras. Los espiráculos anteriores presentan ramificaciones variando de cuatro a siete. Los puparios presentan tubérculos respiratorios.

CONCLUSIÓN

Los estudios de la biología de especies de importancia sanitaria y forense, son muy pertinentes, ya que aún se encuentran muy incipientes en la literatura. Estos datos son relevantes para el área, puesto que estas especies son encontradas con frecuencia en los trabajos de entomología forense con carcasas de puercos, pero son muy sensibles para el establecimiento y mantención como colonias en condiciones de laboratorio. Siendo una de las especies de origen silvestre y perteneciente a la familia Sarcophagidae, *Peckia* (*P.*) *pexata* deposita huevos y no larvas como las otras especies de la familia, lo que es muy importante para la estimación del intervalo *post-mortem*. Así como la descripción ultraestrutural de sus inmaturos (huevos, larvas y pupas) de las diferentes especies de muscoides.

Todas las características morfológicas serán presentadas detalladamente en la conferencia en el "Simposio Insectos necrófagos y ecología de la descomposición, en el XLII Congreso de la Sociedad Colombiana de entomología".

ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (SCARABAEINAE) DE COLOMBIA: AVANCES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

Claudia A. Medina Uribe

Colecciones Biológicas Instituto de Investigaciones en recursos Biológicos Alexander von Humboldt - camedina@humboldt.org.co

INTRODUCCIÓN

En la ecología de la descomposición intervienen variados grupos de organismos que actúan de diferentes formas y a diferentes niveles sobre la materia orgánica. En el proceso de descomposición se pueden reconocer dos fases principales rompimiento y degradación. En la fase de rompimiento intervienen además de los factores abióticos como la lluvia, el viento, la temperatura entre otros, la mesofauna y la macrofauna. En este último se incluyen variados grupos de insectos como, larvas de moscas principalmente de las familias Muscidae, Sarcophagidae, y Calliphoridae, y coleópteros de familias variadas como Geotrupidae, Siplhidae y Scarabaeidae (Galante y Marcos-García, 2005). En el grupo de los Scarabaeidae son dominantes los escarabajos coprófagos, considerados descomponedores porque desintegran excremento, cadáveres, y variados tipos de material vegetal como frutos caídos, hojarasca, hongos entre otros. Los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae son comúnmente llamados coprófagos por que la principal fuente de alimento es el excremento de vertebrados, sin embargo, su acción como descomponedores es amplia sobre variados tipos de materia orgánica vegetal y animal.

Los estudios ecológicos han dado especial atención a la descomposición de los desechos vegetales, debido a la importancia que tiene la hojarasca en la estructura del suelo y su aporte en el ciclo de nutrientes. A pesar de la importancia que tienen para los ecosistemas la degradación del excremento y la carroña, estos procesos son menos estudiados y conocidos. Por su carácter definido y limitado en el espacio y en el tiempo; el excremento y los cadáveres se convierten en unidades ecológicas únicas con una fauna asociada y procesos ecológicos particulares. Conocer los procesos de descomposición sobre un recurso atractivo por la riqueza de sus nutrientes, pero además efímero e irregularmente distribuido, como lo es el excremento y la carroña, es fundamental para entender el funcionamiento ecológico y ciclo de nutrientes en ecosistemas tropicales.

El inicio del estudio de los escarabajos coprófagos en Colombia, se remonta a los trabajos de Howden en la Sierra Nevada de Santa Marta (Howden y Campbell, 1974), y en la Amazonia (Howden y Nealis, 1975). En la década de los noventa; con los trabajos de Medina *et al*. (1990),

Escobar y Medina (1996), Medina y Kattan (1996), Pardo (1997), se inicio una época creciente de estudios en el grupo. Aproximadamente 140 trabajos han sido publicados y más de cien investigadores han trabajado con coprófagos en estos últimos 25 años (ver Referencias en Noriega *et al*., 2015).

Para analizar el nivel de conocimiento de escarabajos coprófagos en Colombia se identificaron tres líneas principales de investigación: 1) Taxonomía y Sistemática, 2) Estudios Ecológicos y 3) Funciones Ecológicas (ver figura 1.). En Colombia la investigación en estas líneas se ha desarrollado de manera disímil, y las líneas 1 y 2 y son las que más trabajos publicados han tenido y es donde el conocimiento en escarabajos coprófagos de Colombia se esta cimentando. El componente 3 esta dando sus primeros frutos con los trabajos de escarabajos asociados as sistemas silvopastoriles (Giraldo *et al*., 2014). Sin embargo, el estudio de la biología de escarabajos coprófagos, que incluye conocer aspectos de su historia natural, comportamiento, fisiología, así como estudios más aplicados que involucren la cría de escarabajos, valoración de sus "servicios ecosistemicos" (tasas de remoción de excremento, fertilización del suelo, control biológico etc.), efecto de drogas veterinarias y agroquímicos sobre las poblaciones de escarabajos coprófagos, es aun incipiente en Colombia.

Este trabajo describe el estado de conocimiento con escarabajos coprófagos desde estas tres líneas de investigación, e identifica los vacíos de información y perspectivas de estudio del grupo en Colombia.

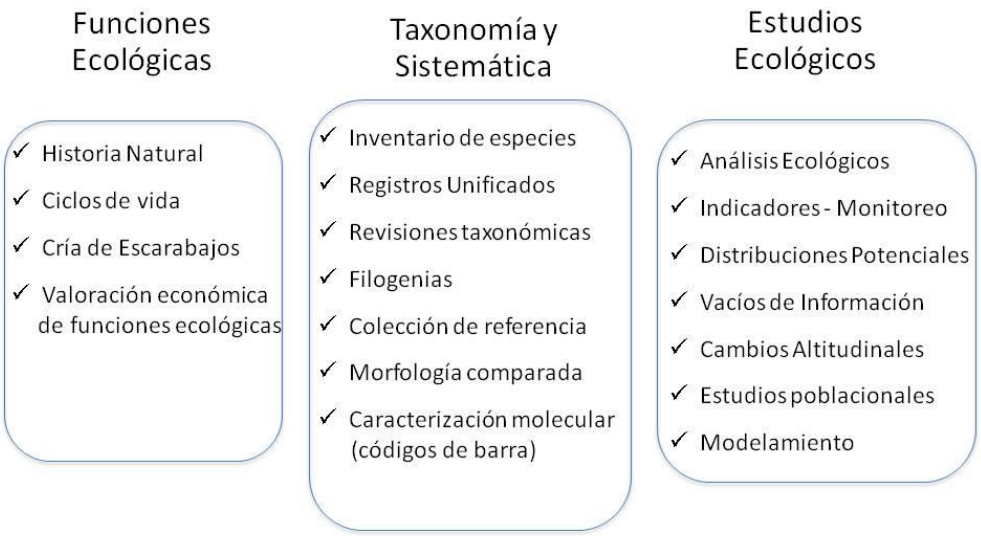


Figura 1. Líneas principales de investigación en escarabajos coprófagos.

Taxonomía y Sistemática

El inventario consolidado de escarabajos coprófagos para Colombia, se inició a partir del listado compilado por Medina *et al*. (2001), basado en los listados de Blackwelder (1944) y Vulcano y Pereira (1964, 1967). En esta publicación se registraron 35 géneros y 283 especies . Algunos trabajos taxonómicos de inventarios y listados locales han contribuido a incrementar y depurar el listado de especies, por lo que se estima que el número de especies de coprófagos (Scarabaeinae) es mucho mayor (Cultid *et al*., 2014; Medina y González, 2014), sin embargo, hasta el momento no hay un listado actualizado publicado después del listado de Medina *et al*. (2001). Entre los trabajos taxonómicos se destacan los trabajos en *Deltochilum* (González *et al*., 2009; González y Vaz de Mello, 2014), *Eurysternus* (Camero, 2010), *Scybalocanthon* (Molano y Medina, 2012), *Cryptocanthon* (Arias-Buriticá y Medina, 2014), *Dichotomius* (Arias-Buriticá y Vaz de Mello, 2013), y *Ontherus* (González y Medina, 2015). Algunos esfuerzos han sintetizado información de algunas regiones y ecosistemas de Colombia, en ese sentido se tiene un listado de las especies de los Andes (Pulido *et al*., 2007), del eje cafetero (Cultid *et al*., 2012), del bosque seco (Medina & González, 2014; González *et al*., en prensa) y de los Paramos de Nariño (Martínez-Revelo y Lopera-Toro, 2014). El grupo de investigación de Wildlife Conservation Society, WCS-Colombia, ha dedicado esfuerzos al estudio ecológico en la ecoregión del eje cafetero y un resultado importante es la guía de escarabajos coprófagos (Cultid *et al*., 2012), este trabajo incluye el listado, la descripción ilustrada de las especies más representativas, y es además una guía importante para el muestreo y análisis ecológico del grupo. A partir de la revisión exhaustiva de las especies de bosque seco, depositadas en la colección de coprófagos del Instituto Humboldt, se compilo el inventario actualizado para este ecosistema en Colombia. Un total de 64 especies son reportadas, el número de especies incremento en más del 50 % de lo reportado en otros trabajos para este ecosistema (Medina y González, 2014; González y Medina aceptado).

Estudios Ecológicos

En los estudios ecológicos es donde indudablemente se han realizado la mayoría de investigaciones en Colombia; predominan los trabajos de diversidad, composición y patrones de distribución (Amat *et al*., 1997; Amezquita *et al*., 1999; Escobar, 2000; Escobar y Chacón, 2000; Escobar *et al*., 2000; Camero y Lobo, 2010). Además muchos trabajos (no todos publicados; ver Noriega *et al*. 2015), donde se comparan los diferentes usos del suelo y los cambios de diversidad de hábitats conservados, en contraste con plantaciones potreros o habitas degradados (Medina *et al*., 2000; Pardo- Locarno y Camero, 2014). Algunos estudios han examinado el ensamblaje y comunidades (Barraza *et al*., 2010; Martínez *et al*., 2010; Delgado-Gómez *et al*., 2012). Algunos trabajos han evaluado las preferencias alimenticias y de cebo (Bustos y Lopera, 2003; Bohórquez y Montoya, 2009). Se resaltan los estudios de distribución de escarabajos coprófagos en gradientes altitudinales que han incluido puntos de muestreo en los Andes colombianos (Escobar *et al*., 2005, 2006).

Acorde con Noriega (2015), el grueso de las investigaciones en escarabajos coprófagos en el país, el 86 %, está en los trabajos ecológicos; sin embargo, el 40 % de estos trabajos corresponden a investigaciones no publicadas, se han contabilizado 76 documentos entre trabajos y tesis de grado.

La investigación en patrones de distribución y comparaciones ecológicas a nivel de paisaje, así como los posibles estudios de modelamiento con escarabajos coprófagos, se ha visto limitada por la falta de resolución taxonómica en los listados locales (Cultid *et al*., 2014; Medina y González, 2014). Estudios de completitud del inventario de escarabajos coprófagos de Colombia, muestra que en la región del eje cafetero, una de las más muestreadas del país, el muestreo cubre solo el 4 % de la región y todavía se detecta un elevado y marcado nivel de incertidumbre taxonómica (Cultid *et al*., 2014). Extrapolando este análisis a todo el país, somos conscientes que el inventario de escarabajos coprófagos está aún lejos de ser completo y representativo, por lo que se hace énfasis en la necesidad de un mejor conocimiento taxonómico, así como en una cobertura más amplia de los muestreos, que hasta el momento están concentrados en la región Andina.

Funciones Ecológicas

Los atributos y funciones ecológicas de los escarabajos coprófagos son ampliamente reconocidas; el reciclaje de nutrientes, control de parásitos y vectores de enfermedades, aireación del suelo y dispersión secundaria de semillas, han sido las más documentadas (Nichols *et al*., 2008). Aunque se conoce que estas funciones ecológicas se traducen en servicios ecosistémicos específicos, como control biológico, fertilización del suelo, entre otros, el aporte de los escarabajos en el funcionamiento de los ecosistemas en procesos de trasformación en Colombia, ha sido poco documentado. Estudios básicos relacionados con la historia natural de las especies colombianas son escasos, los ciclos de vida son desconocidos y así mismo las evaluaciones sobre la incidencia de escarabajos en control biológico y fertilización del suelo. Recientemente se han iniciado estudios de los efectos negativos de la ganadería intensiva sobre la biodiversidad de escarabajos y a su vez como los sistemas silvopastoriles ayudan al incremento de la diversidad de escarabajos y sus funciones ecológicas (Giraldo *et al*., 2010).

Perspectivas de Investigación

A pesar de que el conocimiento de escarabajos coprófagos en Colombia ha tenido mayormente incidencia sobre las líneas 1 y 2, recientemente diferentes trabajos y proyectos están involucrando aspectos más relacionados a la biología, y evaluaciones de las funciones ecológicas y a su vez valoración de los servicios ecosistemicos.

Un mejor conocimiento de las especies es fundamental para toda la investigación con el grupo. El desarrollo de una taxonomía integrativa donde se involucren atributos morfológicos con información molecular (e.g. secuencias de códigos de barra de ADN), reforzar las revisiones taxonómica de grupos abundantes en especies como *Canthon*, *Dichotomius*, *Deltochilum*, *Uroxys*, entre otros, así como mejorar la identificación y descripción de especies nuevas,

continuar con la unificación de registros y tener la colección de referencia nacional de escarabajos coprófagos completa, permitirá tener el inventario más actualizado del grupo para Colombia.

El inventario actualizado, sumado al estudio de los patrones de riqueza, distribución, y recambio de especies, así como un mejor conocimiento de la historia natural de los escarabajos coprófagos en Colombia, permitirá proyectar e incidir sobre las estrategias de conservación y recuperación de procesos ecológicos en ecosistemas naturales y degradados. La investigación debe dirigirse a identificar las especies potenciales a ser criadas, e introducidas en sistemas ganaderos y mejorar así la degradación del excremento que se acumula en las pasturas, y equilibrar funciones ecológicas como control biológico. Esta investigación además debe repercutir en recomendaciones de áreas de alto valor en conservación y permitirá definir el estado de conservación y grados de amenaza de las especies de escarabajos coprófagos en Colombia.

REFERENCIAS

Amat, G. G; Lopera, A.; Amézquita, S. 1997. Patrones de distribución de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en relicto del bosque alto andino Cordillera Oriental de Colombia. Caldasia 19(1-2): 191-204.

Arias, J. A.; Medina, C. A. 2014. Tres nuevas especies de *Cryptocanthon* Balthasar, 1942 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) para Colombia. Caldasia, 36(1): 165-180.

Amézquita, M. S.; Forsyth, A.; Lopera, A.; Camacho, A. 1999. Comparación de la composición y riqueza de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera:Scarabaeidae) en remanentes de bosque de la Orinoquía Colombiana. Acta Zoológica Mexicana (n.s.): 76: 113-126.

Arias-Buriticá, J.A.; Vaz-De-Mello, F. 2013. *Dichotomius ribeiroi* (Pereira, 1954) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): redescripción y anotaciones taxonómicas de la especie. Caldasia 35(1): 209-217.

Barraza J.; Montes, J.N.; Martínez, D.; Cuauhtémoc. 2010. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del bosque tropical seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). Revista Colombiana de Entomología 36: 285–291.

Blackwelder, R.E. 1944. Checklist of the Coleopterous insects of Mexico, Central America, the west Indies and South America Part 2. Bulletin of the United States National Museum 185: 189-341.

Bohórquez, J. C.; Montoya, J. 2009. Abundancia y preferencia trófica de *Dichotomius belus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en la reserva forestal de Colosó, Sucre. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 10(1): 1-7.

Bustos-Gómez F.; Lopera, A. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). Páginas 59– 65 en G. Onore, P. Reyes-Castillo, y M. Zunino, editores. Escarabeidos de Latinoamérica: estado del conocimiento. Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España.

Camero, E. 2010. Los escarabajos del género *Eurysternus* Dalman, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) 46: 147-179.

Camero, E.; Lobo, J. M. 2010. Distribución conocida y potencial de las especies del género *Eurysternus* Dalman, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) 47: 257-264.

Cultid, C. A.; Medina, C. A.; Martínez, B. G.; Escobar, F.; Constantino, L. M.; Betancur, N. J. 2012. Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del eje cafetero: Guía para el estudio etológico. (Ed.) WCS, CENICAFE & Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Villa María, Caldas, Colombia.

Cultid, C.A.; Lobo, J.; Medina, C.A.; González, F.A; Escobar, F.; Chacón de Ulloa, P. 2014. Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Ecorregion del Eje Cafetero, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 40(1): 11-119.

Delgado-Gómez, P.; Lopera, A.; Rangel-Ch., J. O. 2012. Variación espacial del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en remanentes de bosque seco en Chimichagua (Cesar, Colombia). In J.O. Rangel-Ch. (Ed.), Colombia Diversidad Biótica XII*:* La región Caribe de Colombia (pp. 833-849). Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.

Escobar, F.; Medina, C. A. 1996. Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de Colombia: estado actual de su conocimiento. pp. 93-116 In: G. Amat, G. Andrade, & F. Fernández (Eds), Insectos de Colombia. Volumen I. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras. Editora Guadalupe, Bogotá, Colombia.

Escobar, F. 2000. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 79: 103-121.

Escobar, F.; Chacón De Ulloa, P. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae, Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño - Colombia. Revista de Biología Tropical 48(4): 961-975.

Galante, E.; Marcos-Garcia, M. A. 2005. Decomposer Insects. pp. 665-674. In: Encyclopedia of Entomology. Springer, The Netherlands.

Girón-Vanderhuck, M.; Molina-Rico, J.; Aguirre-Obando, O. A. 2010. Cambios en las propiedades químicas del suelo con la utilización de *Dichotomius satanas* (Harold, 1867) (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en condiciones de invernadero. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío, 21: 43-54.

Giraldo, C.; Escobar, F.; Chará, J. D.; Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. Insect Conservation and Diversity 4(2): 115-122.

González, F. A.; Molano, F.; Medina, C. A. 2009. Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Tel- hyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Sacrabaeinae: *Deltochilum*) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 35(2): 253-274.

González, A.; Vaz-de-Mello, F. 2014. Taxonomic review of the subgenus Hybomidium Shipp 1897 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilum). Annales de la Société Entomologique de France (N.S.) 50 (3–4): 431–476.

González A.; Medina, C.A. 2015. The genus *Ontherus* Erichson 1847 (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): description of a new species, and notes on the genus in Colombia. Zootaxa 3949 (1): 82-90.

González, A.; Medina, C.A. Aceptado. Listado de especies de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco de Colombia. Biota Colombiana.

Howden, H. F.; Campbell; J. M. 1974. Observations on some Scarabaeoidea in the Colombian Sierra Nevada de Santa Marta. The Coleopterists Bulletin 28(3), 109-114.

Howden, H.F.; Nealis, V.G. 1975. Effects of Clearing in a Tropical Rain Forest on the Composition of the Coprophagous Scarab Beetle Fauna (Coleoptera). Biotropica 7 (2): 77-83.

Martínez-Hernández N.; García, S.; Gutiérrez, M.; Sanjuán, S.; Contreras, S. 2010. Composición y estructura de la fauna de escarabajos (Insecta: Coleoptera) atraídos por trampas de luz en la Reserva Ecológica de Luriza, Atlántico, Colombia. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) 47: 373–381.

Martínez-Revelo D.E.; Lopera-Toro, A. 2014. Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de los páramos del departamento de Nariño, Colombia. Biota Colombiana 15(1): 62-72.

Medina, C. A.; Escobar, F.; Rojas, A. M. 1990. Aspectos ecológicos y biomecánicos de *Oxysternon conspicillatum* (Col: Scarabaeidae) en el Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología, 16(2): 54-61.

Medina, C. A.; Kattan, G.H. 1996. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva forestal de Escalerete. Cespedesia 21(68): 89-102.

Medina, C. A.; Pulido, L. A. 2009. Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeinae) de la Orinoquía colombiana. Biota Colombiana 10(1, 2): 55-62.

Medina, C. A.; Lopera, A.; Vítolo, A.; Gill, B. 2001. Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. Biota Colombiana 2(2): 131-144.

Medina C.A.; Escobar, F.; Kattan, G. 2002. Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean landscape. Biotropica 34: 181–187.

Medina, C. A.; González, F.A. 2014. Capitulo 6. Escarabajos Coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae. 194-213. *En:* Pizano, C & H. García (Editores). El Bosque Seco Tropical en Colombia. I Edición, páginas; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.

Molano, F.; Medina, C. A. 2010. Especie nueva de *Scybalocanthon* (Coleoptera: Scarabaeinae: Canthonini) y descripción de la variación del órgano genital masculino. Revista Mexicana de Biodiversidad 81: 689-699.

Nichols, E.; Spector, S.; Louzada, J.; Larsen, T.; Amézquita, S.; Favila, M. E.; The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation 141: 1461-1474.

Noriega J.A.; Camero, E.; Arias-Buriticá, J.; Pardo-Locarno, L.C.; Montes, J.M; Acevedo, A.A.; Esparza, A.; Murcia, B.; Garcia, H.; Solís, C. 2015. Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. Revista de Biología Tropical 63 (1): 97-125.

Otavo, S.; Parrado-Rosselli, A.; Noriega, J. A. 2013. Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. Revista de Biologia Tropical 61(2): 735-752.

Pardo, L. C. 1997. Muestreo preliminar de los escara- bajos copronecrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae) de las selvas de la Fragua, cuenca baja del rio Calambre (Valle). Cespedesia 22(69): 59-80.

Pardo-Locarno, L.C.; Camero, E. 2014. Escarabajos coprófagos (Coleoptera-Scarabaeinae) en siete microcuencas del río Dagua, Chocó biogeográfico de Colombia. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) (54): 207–224.

Vulcano M.A.; Pereira, F.S. 1964 Catalogue of Canthonini (Col. Scarab.) inhabiting the western hemisphere Ent. Arb. Mus. Frey. 15: 570-685.

Vulcano, M.A.; Pereira, F.S. 1967. Sinópse dos Passalidae e Scarabaeidae s. str. da região amazônica (Insecta, Coleoptera). Atas do Simposio sôbre a Biota Amazônica (Zoologia) 5: 533-603.

ENTOMOLOGÍA MÉDICA

ENTOMOFAUNA INVASORA: ¿CONSECUENCIA INFORTUNADA DE LA GLOBALIZACIÓN?

Guillermo L. Rúa-Uribe

Biólogo, Ph D. Profesor Facultad de Medicina. Grupo Entomología Médica (GEM). Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Carrera 51D Nº 62-29. Laboratorio 321. glruauribe@gmail.com

Título breve: Entomofauna invasora

Resumen. Se consideró en un principio que barreras naturales como montañas y océanos representaban infranqueables obstáculos para la distribución geográfica de las especies, y por consiguiente, los ecosistemas evolucionaban en un relativo aislamiento. Sin embargo, la industrialización, globalización y el mejoramiento en los sistemas de transporte, han permito expandir las fronteras ecológicas de un gran número de especies. Algunas de estas especies, una vez introducidas en el nuevo ambiente, tienen el potencial biológico para superar las diferentes barreras ecológicas y evolutivas que le imponen la nueva dinámica ecosistémica a la que ingresan. Luego de la introducción, estas especies logran establecerse y dispersarse. Pero no solo la población invasora debe superar obstáculos, también la especie nativa se ve enfrentada al impacto de los invasores, incluso, si no ha desarrollado estrategias que le permitan sobrepasar tal efecto, podría llegar a desaparecer. La biología de la invasión de la que trata el presente documento, es una disciplina relativamente reciente que busca generar conciencia sobre el impacto que se genera en los ecosistemas nativos al introducir, intencionalmente o no, especies foráneas. Esta revisión pretende analizar aspectos relevantes de la entomofauna invasora más reconocida y su relación con la globalización, haciendo énfasis en *Aedes albopictus*, un mosquito originario de Asia, pero que ha generado importantes repercusiones en salud humana en los diferentes países en donde se ha establecido.

Palabras clave: Especies exóticas, Especies importadas, Relaciones ecológicas interespecíficas, Biología de la invasión, *Aedes albopictus*

Invading Entomofauna: Unfortunate Consequence of Globalization?

Abstract. In the beginning, it was thought that natural barriers such as mountains and oceans were unbeatable obstacles for the geographical distribution of species. Hence, ecosystems evolved in relative isolation. Nevertheless, industrialization, globalization and improvement in transportation systems, have granted the expansion of ecologic boundaries for several species. Once introduced into their new environment, some of those species have the biologic power to

overcome the variety of ecological and evolutionary barriers imposed by the dynamics of the ecosystem they are now entering. After introduction, these species manage to establish and scatter. Yet, the invading population is not the only one with obstacles to overcome –native species are confronted with the impact of the invaders. Moreover, if they have not developed strategies for surpassing this effect, they could disappear. The invasion biology presented in this document is a relatively new discipline that seeks to generate awareness on the impact of the introduction –intentional or not– of foreign species in native ecosystems. The goal of this review is to analyze relevant aspects of the most renowned invading entomofauna and its relationship with globalization. The main focus will be on *Aedes albopictus*, a mosquito originally from Asia which has had several and meaningful repercussions on human health in the different countries where it has established.

Key words: Exotic Species, Imported Species, Interspecific Ecological Relationships, Invasion Biology, *Aedes albopictus*

INTRODUCCIÓN

Diferentes actividades humanas han provocado trascendentales consecuencias ecológicas a lo largo del tiempo. En particular, en los últimos cinco siglos, el transporte humano ha aumentado significativamente el intercambio (intencional o no) de fauna, flora y diversos microorganismos, afectando la dinámica ecológica natural de las comunidades locales a donde arriban (Perrings, *et al.*, 1992). Estos organismos no autóctonos pueden convertirse en especies invasoras, lo cual conllevaría a un incremento en densidad y a ocupar un nicho en el ecosistema local, y a menudo ser capaces de dominar la población nativa (Crooks, 2002). En la actualidad, las especies invasoras representan la segunda causa de amenaza y extinción de especies, precedida tan sólo por la pérdida de hábitat (Lowe *et al.*, 2000).

Tales invasiones biológicas pueden ser definidas como la introducción, establecimiento y dispersión de una especie por fuera de su rango autóctono, y su consecuente impacto sobre las especies nativas y ecosistemas que recién ocupan (Davis y Thompson, 2000; Lounibos, 2002; Richardson y Pyšek, 2006). El impacto de dichas especies invasoras (o invasivas) puede ser producto tanto de las nuevas interacciones bióticas con las comunidades nativas, como de un efecto sobre las condiciones abióticas del ecosistema en procesos relacionados con la ingeniería del ecosistema (Williamson, 1996). Sin embargo, cuando las especies introducidas en un nuevo ecosistema no logran ampliar su dispersión geográfica o no generan un impacto significativo, deben considerarse tan solo como especies no nativas o colonizadoras (Lounibos, 2002; Juliano y Lounibos, 2005). No obstante, debe considerarse que el impacto suele ser un elemento altamente subjetivo y frecuentemente depende de los valores e interés personales (Daehler, 2001).

Al ingresar a un nuevo ecosistema, las especies invasoras participan en redes ecológicas como depredación (depredador o presa), parasitismo (parásito u hospedero), mutualismo o competencia interespecífica por espacio o alimento, principalmente (Strauss *et al*., 2005), y de acuerdo con su

potencial de adaptación, algunas de ellas llegan a ser más exitosas que otras. Este potencial de adaptación es lo que diferencia a una especie invasora de una especie colonizadora (Facon *et al*., 2006).

De acuerdo con la base de datos de las cien especies invasoras más perjudiciales en el mundo (Lowe *et al.*, 2000), los más notorios ejemplos de entomofauna invasora se presentan en la Tabla 1. Tanto estas las especies entomológicas como las demás de la lista, fueron seleccionadas por Lowe y colaboradores (2000) de acuerdo con dos criterios: 1. La severidad de su impacto sobre la diversidad biológica y/o las actividades humanas, y 2. Como ejemplos de los temas importantes relativos a las invasiones biológicas. Sin embargo, existen otras especies invasoras que no aparecen en la lista, pero su ausencia no implica que la especie no represente una verdadera amenaza. El impacto de algunas de las especies listadas como entomofauna invasora, y otros ejemplos, serán tratados en la sesión correspondiente.

Tabla 1. Entomofauna invasora de mayor reconocimiento a nivel mundial.

Especie	**Orden/Familia**	**Nombre Común**
Aedes albopictus	Diptera/Culicidae	Mosquito tigre asiático
Anopheles quadrimaculatus	Diptera/Culicidae	Mosquito de malaria
Anoplolepis gracilipes	Hymenoptera/Formicidae	Hormiga loca, Hormiga amarilla zancona
Anoplophora glabripennis	Coleoptera/Cerambycidae	Escarabajo asiático de antenas largas
Bemisia tabaci	Hemiptera/Aleyrodidae	Mosca blanca del algodón
Cinara cupressi	Hemiptera/Aphididae	Áfido de los cipreses, Pulgón de los cipreses, Pulgón gigante de las cupresáceas.
Coptotermes formosanus	Isoptera/Rhinotermitidae	Termita subterránea de Formosa
Linepithema humile	Hymenoptera/Formicidae	Hormiga argentina
Lymantria dispar	Lepidoptera/Lymantriidae	Legarta peluda, palomilla gitana asiática
Pheidole megacephala	Hymenoptera/Formicidae	Hormiga cabezona, hormiga leona
Solenopsis invicta	Hymenoptera/Formicidae	Hormiga roja de fuego
Trogoderma granarium	Coleoptera/Dermestidae	Gorgojo khapra
Vespula vulgaris	Hymenoptera/Vespidae	Avispa común, Chaqueta amarilla
Wasmannia auropunctata	Hymenoptera/Formicidae	Hormiga del árbol de cacao, Pequeña hormiga roja de fuego

***** Fuente: Lowe *et al*., 2000

Para conocer con mayor detalle el listado de las cien especies invasoras más destacadas por su impacto, se sugiere consultar el Anexo 1. Como puede observarse en el Anexo, gran cantidad de ejemplos de especies invasoras no corresponden a especímenes entomológicos. Sin embargo, tales ejemplos, sus interacciones e impactos, han servido para establecer la biología de la invasión como una nueva disciplina científica, y por ello, las consecuencias de algunas de las especies invasoras que se ilustran en la parte introductoria del presente documento, y a pesar de que no guardan estricta relación con la entomofauna, se emplean para dar claridad a ciertos enunciados debido a que corresponden a excelentes modelos biológicos explicativos.

El documento que se presenta a continuación pretende analizar los principales aspectos ecológicos y evolutivos, tanto de las especies invasoras, como de la población nativa que es afectada por el ingreso de un nuevo participante en la dinámica ecológica. Se presentan los ejemplos más notorios de la entomofauna invasora de importancia en la salud humana, y se hace énfasis en las características bionómicas de *Aedes albopictus*, mosquito invasor de gran relevancia en las últimas décadas, debido a su papel como vector de varios arbovirus que impactan significativamente la salud pública a escala mundial, nacional y regional.

Etapas del proceso de invasión de especies y barreras (ecológicas y evolutivas) que se deben superar

De acuerdo con Williamson (1996), la invasión biológica puede representarse en tres etapas: introducción, establecimiento y dispersión geográfica (Figura 1). Sin embargo, diferentes estudios han indicado que luego de la dispersión, por diferentes fuerzas ecológicas y/o evolutivas, como se indica más adelante, las especies invasoras tienden a adaptarse a las condiciones de su nuevo entorno (Strauss *et al*., 2006; Prentis *et al*., 2008; Suárez y Tsutsui 2008). En este sentido, cambios evolutivos tanto en las especies invasoras como las nativas juegan un importante papel en la reconfiguración de las comunidades locales (Strauss *et al*., 2006). Por ejemplo, para que el proceso de invasión sea exitoso, la especie no nativa debe sortear satisfactoriamente una serie de barreras ecológicas y evolutivas para convertirse en una verdadera especie invasora. Tales barreras le imponen a la especie introducida un nivel significativo de stress ecológico y presión de selección, que la especie invasora debe superar mediante una rápida adaptación al nuevo ambiente (Facon *et al*., 2006). Las barreras que debe superar la especie invasora son fundamentalmente ecológicas y evolutivas (Prentis *et al.*, 2008).

En cuanto a los obstáculos ecológicos que encuentra la especie invasora durante el proceso de invasión (Figura 2), la barrera biogeográfica y de hábitat, impuesta por el nuevo entorno, es la que conlleva a un mayor desafío en la etapa de introducción. En la medida en que la especie foránea se establezca, es decir, ocupe un lugar en la trama ecológica, y logre dispersarse, tal barrera dejaría de ser un obstáculo (Prentis *et al.*, 2008).

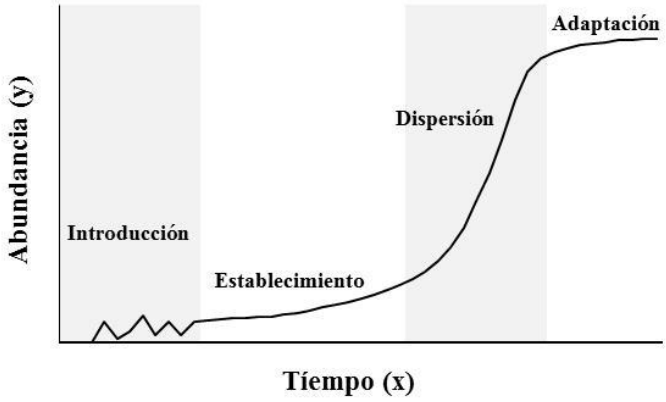


Figura 1. Etapas del proceso de invasión de especies.
(Fuente: Williamson 1996: Prentis *et al*., 2008)

Otras dificultades ecológicas que debe resolver la especie invasora son el proceso reproductivo y el efecto ambiental (Figura 2). En cuanto al primero, debido a que el número de invasores suele ser escaso, y por consiguiente el encuentro de pareja se dificulta, el proceso reproductivo es particularmente importante a causa de que la reproducción sexual es la base de la variabilidad genética, lo que posibilitaría el éxito en el nuevo ambiente (Van Buskirk y Willi, 2006).

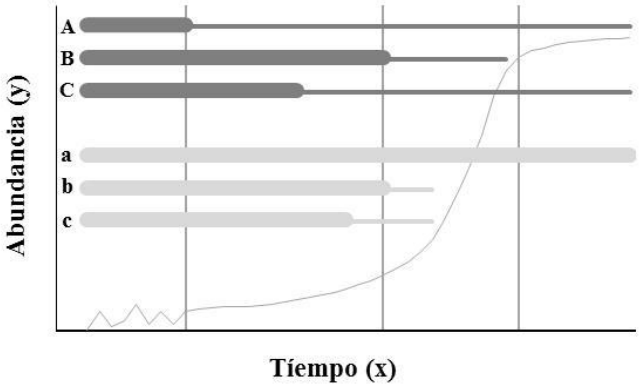


Figura 2. Barreras ecológicas (barras oscuras) y evolutivas (barras claras) durante el proceso de invasión de especies. A. Geográfica. B. Reproductiva. C. Ambiental. a. Cuello de botella genético. b. Stress genético inducido por el nuevo ambiente. (Fuente: Williamson 1996: Prentis *et al*., 2008).

Otras dificultades ecológicas que debe resolver la especie invasora son el proceso reproductivo y el efecto ambiental (Figura 2). En cuanto al primero, debido a que el número de invasores suele ser escaso, y por consiguiente el encuentro de pareja se dificulta, el proceso reproductivo es particularmente importante a causa de que la reproducción sexual es la base de la variabilidad genética, lo que posibilitaría el éxito en el nuevo ambiente (Van Buskirk y Willi, 2006).

Con relación al efecto ambiental, principalmente las condiciones climáticas tienen un impacto clave en las etapas de introducción y establecimiento. Sin embargo, una vez la especie invasora supere las anteriores etapas y comience con su dispersión geográfica, la barrera climática, dentro de patrones normales, no afectará significativamente la población de la especie foránea (Figura 2).

Pero no solo las anteriores dificultades ecológicas limitan el proceso de invasión, también algunos procesos evolutivos configuran una barrera para las especies invasoras. Entre las principales barreras evolutivas que intervienen en la invasión deben destacarse el efecto cuello de botella y el stress genético inducido por un nuevo ambiente (Prentis *et al.*, 2008). Con relación al primero, tal efecto se presenta debido a que la población colonizadora suele estar conformada por un bajo número de individuos con limitado intercambio de material genético (Dlugosch y Parker, 2008). En este sentido, ha habido consenso científico en considerar que un cuello de botella genético reduce el potencial para la adaptación, debido a una importante disminución en la variación cuantitativa dentro de la población (Van Buskirk y Willi 2006). Sin embargo, ciertos alelos de la población invasora que han sido neutrales en su hábitat natural, pueden llegar a ser ventajosos en el nuevo ecosistema (Prentis *et al.*, 2008). Y con respecto el stress genético inducido por un nuevo ambiente, tanto las variables bióticas como abióticas propias del ecosistema local, pueden actuar como estímulos que afectan la estabilidad del genoma, resultando en algún grado de variación fenotípica (Novak, 2007).

También debe considerarse que durante el proceso de invasión, no solo la especie invasora se enfrenta a una serie de barreras ambientales y genéticas, igualmente la población local debe sortear los impactos generados por la presencia de una nueva especie en el ecosistema. En consecuencia con lo anterior, la población nativa podría verse afectada ecológica y/o evolutivamente por efecto de la especie invasora, y de acuerdo con Strauss y colaboradores (2006), el grado de afectación dependería principalmente del tamaño de la población nativa (o de su variabilidad genética) y del impacto intrínseco que presenta la especie foránea (Figura 3).

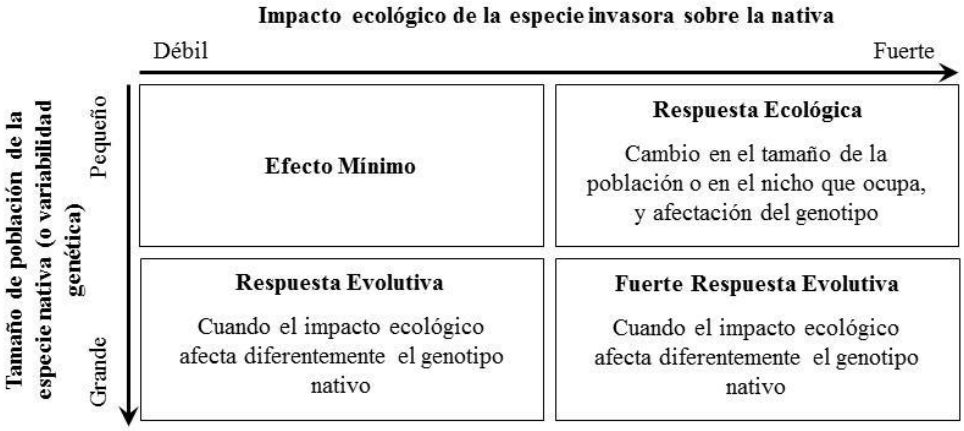


Figura 3. Posibles tipos de respuestas que determina el impacto de la población invasora sobre la población nativa. (Fuente: Strauss *et al*., 2006)

Con base en lo anterior, una reducción en la población nativa podría no ser significativa si la población local presenta gran variabilidad genética y una apropiada respuesta al impacto por la introducción de especies invasoras. Por el contrario, la falta de habilidad para hacerle frente a los procesos de selección impuestos por la especie invasora podría conllevar a la extinción de la población autóctona (Case y Bolger, 1991; Phillips y Shine, 2004).

Desde el punto de vista Darwiniano de la selección natural, la introducción de especies invasoras pueden afectar el *fitness* de las especies locales, y tal afectación no es producto del azar, debido a que algunos genotipos podrían ser más susceptibles al cambio que otros. También debe considerarse que las características involucradas en la respuesta selectiva que se presente en el proceso de invasión, deben tener un componente heredable.

De acuerdo con la Figura 3, si es débil el impacto de la especie invasora sobre una población local pequeña, la especie invasora no se constituiría en un importante agente selectivo debido a que su influencia ecológica y evolutiva sería mínima. Pero si el impacto de la especie invasora es fuerte, la pequeña población nativa podría experimentar una respuesta ecológica debido a una reducción en el tamaño de la población y en el nicho que ocupa, lo que conllevaría a que los diferentes, pero pocos genotipos sean afectados en forma similar, pero no se tendría una respuesta evolutiva (Strauss *et al*., 2006). En este sentido, la frecuencia de algunos fenotipos se vería afectada, sin que se hayan presentado cambios evolutivos en la población nativa.

Sin embargo, para el caso de las pequeñas poblaciones nativas que son afectadas en su densidad o nicho ecológico por efecto de especies invasora, se debe considerar que si se presenta flujo genético entre la especie local y una población coespecífica no invadida, la presión de selección podría ser disminuida por el ingreso de nuevos genes a partir de los individuos de la población no invadida (Strauss *et al*., 2006).

Diferencias en la respuesta en la población nativa se presentan cuando ella es de gran tamaño o presenta mayor variabilidad genética. Si el impacto de la especie invasora es débil, la gran población local podría generar una respuesta evolutiva cuando el impacto ecológico de la especie invasora afecta diferentemente los diversos genotipos de la población nativa. Pero si el impacto de la especie invasora es fuerte, los efectos ecológicos serían de tal magnitud que afectarían en forma diferencial los diversos genotipos de la población nativa, y debido a que la variabilidad genética y el tamaño de la población local son mayores, la especie nativa tendría una fuerte respuesta evolutiva y podría resistir los impactos ecológicos, lo que conllevaría a que la selección natural pueda actuar sobre los diferentes genotipos (Strauss *et al*., 2006). Sin embargo, es importante también considerar que la interacción entre la especie invasora y la nativa no necesariamente debe conllevar a una respuesta evolutiva producto de la invasión. Si la especie nativa presenta características que permitan cohabitar con la especie invasora, o si se han presentado con antelación fallidos procesos de invasión, ambas especies, nativa e invasora, podrían coexistir armónicamente, al menos en un principio (Suárez y Tsutsui, 2008).

EJEMPLOS DE ENTOMOFAUNA INVASORA DE IMPORTANCIA EN SALUD HUMANA

En el marco de la entomología médica, los artrópodos impactan la salud humana de diferentes formas: al actuar como vectores de agentes patógenos (virus, bacterias, protozoos o filarias), por su papel como parásitos (endo o ectodérmicos), al ser generadores de alergias, o por contacto venenoso (Harwood y James, 1979). En la Tabla 1 se resaltan los más reconocidos artrópodos invasores que tienen importancia clínica. Sin embargo, en la historia humana de los últimos siglos, son varios los ejemplos de especies entomológicas invasoras que han sido vinculadas con afectaciones en la salud humana. Se presentan a continuación los ejemplos que mayor trascendencia han tendido. Se deja para tratar independientemente a *Ae. albopictus*, un mosquito de reciente introducción en la ciudad en Medellín (Rúa-Uribe *et al*., 2011, 2012) y que por sus implicaciones epidemiológicas, amerita un mayor detalle de los aspectos biológicos relacionados con su invasión.

Aedes aegypti, vector de fiebre amarilla urbana y dengue

Existe un gran consenso científico en que *Ae. aegypti* migró del oeste de África al Nuevo Mundo a través de barcos que comerciaban esclavos, entre los siglos XV y XVII (Christophers, 1960; Lounibos 2002). Los estudios indican que América estuvo libre de fiebre amarilla urbana hasta el arribo de *Ae. aegypti* (Taylor 1951), único vector conocido que transmite la enfermedad en el entorno urbano (Groot, 1980). Pero algunos años posteriores a la llegada de este mosquito, se comenzaron a registrar epidemias de fiebre amarilla en ciudades portuarias del caribe. El tercer elemento requerido para completar el escenario epidemiológico (el virus), se cree que ingresó vía esclavos enfermos (Taylor, 1951).

Para Colombia, las epidemias de fiebre amarilla urbana fueron frecuentes hasta 1920, mientras que para dengue, se registró su endemicidad en la década del 50 en el valle del río Magdalena. Simultáneamente para ese tiempo, *Ae. aegypti* se distribuía en Colombia a alturas inferiores a 1250 msnm, particularmente en la Costa Atlántica, valles interandinos del Magdalena y Cauca, y en los departamentos de Santander y Norte de Santander (Groot, 1980).

La anterior situación epidemiológica fue similar para otros países de la región. Razón por la cual, y ante el riesgo de la reurbanización de la fiebre amarilla, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) inició una campaña agresiva para la erradicación de *Ae. aegypti* (Soper 1965). Y entre 1952 y 1960, el vector fue eliminado del territorio colombiano, exceptuando Cúcuta. Sin embargo, a partir de 1966, el mosquito reapareció en Santa Marta, Barranquilla, Riohacha y otras ciudades del caribe (Groot, 1980). Se ha considerado que la reinvasión de esta especie al interior del país se produjo por transporte fluvial por el río Magdalena a partir de Cartagena, y para 1880 se reportó en Neiva. En Antioquia, los primeros reportes datan de 1915 en Puerto Berrio y Cisneros (Padilla *et al*., 2012).

En la actualidad, *Ae. aegypti* se ha registrado hasta una altitud de 2200 msnm (Rodríguez y De la Hoz, 2005), y solo unos pocos municipios han escapado de la invasión de esta importante especie

vectora de dengue y fiebre amarilla urbana, pero que en el tiempo reciente, también ha sido incriminado como transmisor del virus chikungunya en Colombia (Padilla *et al*., 2012).

Apis mellifera scutellata, abeja africana introducida intencionalmente

A pesar de que la principal importancia de la especie *A. mellifera* se relaciona con aspectos ecológicos y económicos (polinización y producción industrial de miel), se toma como ejemplo de entomofauna de importancia médica debido al notorio número de casos por envenenamiento que se registran por la picadura de este territorial insecto (Valderrama, 2003). Incluso, para algunas personas, el contacto con la toxina de *A. mellifera* puede conllevar a un shock anafiláctico con consecuencias fatales sino se recibe un tratamiento a tiempo (Kors *et al*., 1993).

Con base en los deseos de los apicultures de disponer una línea de *Apis* más productiva y mejor adaptada a las condiciones tropicales que las abejas europeas tradicionalmente empleadas (*A. m. carnica* y *A. caucasica*), se concedió permiso de importar desde África a Brasil, algunas abejas reina de la subespecie *A. m. scutellata.* Luego de la introducción de esta especie, fue posible la formación de colonias. Sin embargo, algunos ejemplares escaparon e hibridizaron con las otras subespecies de *A. mellifera* presentes en Brasil (Sheppard, 1989; Sheppard y Smith, 2000). El producto de los cruzamientos naturales permitió la formación de un híbrido con características indeseables para el manejo y explotación apícola (Suárez y Tsutsui, 2008).

De acuerdo con Southwick (1993), el cruzamiento de *A. m. scutellata* con otras subespecies de abejas melíferas, introducidas intencionalmente en América por los europeos, ocasionó como resultado el origen de grandes poblaciones de abejas africanizadas. Desde entonces, debido a la ausencia de todo tipo de control posible, se originó la africanización de las poblaciones de abejas del género *Apis* en diferentes países de América, con las graves consecuencias en la apicultura, economía y salud pública de los países que fueron invadidos por esta hibrido natural.

Desde la perspectiva de la biología de la invasión, debe considerarse que en unas pocas décadas, un inocente experimento de importación de abejas melíferas de África, se convirtió en una población de millones de colonias que actualmente ocupan una superficie aproximada de 25 millones de kilómetros cuadrados (Thimann, 2015).

Xenopsylla cheopis, vector de la más grande epidemia de peste bubónica en Europa

El caso de la peste bubónica o peste negra es otra importante configuración epidemiológica de enfermedades transmitidas por insectos, en donde la invasividad de vectores y parásitos impactan de forma significativa, la salud, la economía y demás aspectos relevantes en una comunidad.

La peste bubónica es ocasionada por la bacteria *Yersinia pestis*, la cual es transmitida por la picadura de *X. cheopis* y otras pulgas de roedores (Harwood, 1979). Se ha considerado que la epidemia de peste bubónica que azotó a Europa en el siglo XIV fue debida a la introducción de roedores infectados con *X. cheopis* que albergaban la batería. Estos roedores se encontraban en los barcos que

viajaban de China a Europa a través de la ruta de la seda (Link, 1954). Este foco endémico de China que generó la epidemia de peste se mantuvo activo solo hasta hace algunos años (Haindl, 2015).

Debido a la gravedad de la peste en Europa, se ha considerado que se presentaron múltiples reintroducciones de pulgas infectadas con la bacteria, y que pudieron haberse presentado otros mecanismos por los cuales el vector entró en contacto con la población humana. En este sentido, se ha indicado que durante la incursión por barco a Europa por parte de los mongoles, los cuales también estaban siendo afectados por la peste, emplearon como táctica de guerra, el catapultar los cadáveres infectados 'bombardeando' a las ciudades que desean invadir (Ziegler, 1993).

Se ha estimado que el total de casos fatales por peste correspondió al 30% de la población europea. Las ciudades portuarias y comerciales más afectadas estuvieron en Francia, Italia, España, Inglaterra y Alemania (Link, 1954).

En muchas ciudades portuarias, y por más de dos siglos, la peste se convirtió en una enfermedad endémica, con brotes epidémicos cada pocos años (Ziegler, 1993). Se ha considerado que la epidemia en San Francisco (Estados Unidos) en 1899 fue debida a la circulación endémica de roedores silvestres parasitados con pulgas infectadas con la bacteria *Y. pestis* (Link, 1954).

De acuerdo con los enfoques de la biología de la invasión, el impacto de la peste no sólo fue demográfico, también generó importantes implicaciones de carácter psicológico. De acuerdo con Haindl (2015), el ambiente de temor y tensión ocasionado por la muerte en masa, pudo haber propiciado reacciones diversas, por ejemplo: algunos consideraron la epidemia como un castigo divino, otros que era producto de un envenenamiento por parte de los judíos, y muchos abandonaron las ciudades para evitar el contagio.

Anopheles gambiae s.l., mayor vector de malaria en el mundo

Debido a las características bionómicas, *Anopheles gambiae* s.l. es probablemente por mucho, el mayor vector de malaria en el mundo (White 1974). Su hábitat nativo es el continente africano (White, 1974), sin embargo, este vector fue accidentalmente introducido en Brasil en 1930 (Pinto, 1939), con posterior establecimiento y dispersión por cerca de diez años (Soper, 1943).

De acuerdo con Pinto (1939), se considera que larvas o adultos de *An. gambiae* s.l. posiblemente ingresaron mediante transporte aéreo o lanchas rápidas desde Dakar (Senegal) a Natal (Brasil), en donde en 1930 se notifica por primera vez una epidemia de malaria en el continente americano atribuida a A*n. gambiae* s.l.

A partir de los primeros casos de Natal, el vector y la enfermedad se dispersaron geográficamente, ocasionando graves epidemias de malaria en diferentes ciudades del nororiente brasileño (Pinto, 1939). El gran riesgo epidemiológico de esta situación alertó las alarmas, al considerar que *An. gambiae* s.l. podría llegar a convertirse en un vector local en la dinámica de transmisión de malaria en el continente americano, lo que podría conllevar a pasar de un estado

endémico a epidémico en diferentes ciudades. Para superar este grave escenario epidemiológico, la Fundación Rockefeller aportó los fondos necesarios para eliminar el vector de las áreas invadidas (Soper, 1943). Para ello, se diseñó una estrategia agresiva para tratar los criaderos con el larvicida verde de Paris, y las viviendas fueron asperjadas con insecticidas a base de piretro (Deane, 1988). Solo 19 meses después de iniciada la campaña de eliminación, A*n. gambiae* s.l. desapareció del nororiente de Brasil, y los casos de malaria se redujeron abruptamente (Causey *et al*., 1943). La eliminación del invasor *An. gambiae* s.l. en Brasil, es uno de los pocos casos de erradicación de especies que afectan la salud humana (Killeen *et al*., 2002).

Para el período de la invasión de *An. gambiae* s.l. en Brasil, se desconocía que era un complejo de especies conformado siete diferentes taxa (White, 1974). Estudios posteriores, empleando técnicas moleculares, han revelado que la identidad específica del mosquito invasor en Brasil fue *An. arabiensis* (Parmakelis *et al*., 2008).

Caso de estudio: *Aedes albopictus*, mosquito tigre asiático

Aedes albopictus, además de ser considerado el vector principal de dengue en varios países de Asia, puede transmitir más de 15 diferentes tipos de arbovirus también de importancia epidemiológica (Tabla 2) (Estrada-Franco,1995). Razón por la cual, la invasión de este mosquito a nuevas áreas podría conllevar a serias repercusiones en la salud de la población local.

Este importante vector es originario del sureste de Asia, islas del Pacífico Occidental y Océano Índico (Huang 1968), pero se ha constituido en una especie cosmopolita que en la actualidad se encuentra presente en diferentes países de Europa, África y América (Gratz, 2004; Reiter, 1998), razón por la cual esta especie invasora es considerada como uno de los animales con mayor dispersión geográfica alcanzada en las últimas dos décadas (Benedit *et al*., 2007).

Se ha considerado que el primer registro de *Ae. albopictus* por fuera de su sitio de origen fue realizado en 1979 en el sureste de Europa, en la República de Albania. Posteriormente esta especie ha ampliado su distribución, colonizando otros países europeos como Bélgica, Francia e Italia (Gratz, 2004). Particularmente en Italia, esta especie invasora ha encontrado las condiciones ambientales favorables para proliferar y aumentar su distribución (Toma *et al*., 2003), llegándose a convertir en el mosquito peste de mayor distribución en ese país (Cancrini *et al*., 2003).

Aedes albopictus también ha migrado al continente africano. En 1992 Savage y colaboradores detectaron a *Ae. albopictus* en el Estado Delta en Nigeria, y para el mismo año, en Cape Town (Sub África), se notificó la presencia de larvas de esta especie (Cornel y Hunt, 1991). A pesar de que ambos reportes fueron en el mismo año, es posible que la colonización de *Ae. albopictus* haya sido primero en Nigeria, debido a que la detección en Cape Town se realizó en llantas traídas de Japón (Cornel y Hunt, 1991). Otros reportes de la presencia de *Ae. albopictus* en África se han realizado en Camerún en 1999 (Fontenilli y Toto, 2001) y en Islas Bioko (Guinea Ecuatorial) en el 2001 (Toto *et al*., 2003).

Tabla 2. Lista de arbovirus de importancia en salud humana transmitidos natural o experimentalmente por *Ae. albopictus.**

Virus	Familia	Género	Infección	
DENV-1	Flaviviridae	*Flavivirus*	**Natural**	**Experimental**
DENV-2			✓	
DENV-3			✓	
DENV-4			✓	
VON			✓	
VEJ			✓	
DENV-1			✓	
DENV-2				✓
DENV-3				✓
DENV-4			✓	
VON			✓	
Fiebre Amarilla			✓	
Saint Louis			✓	
Chikungunya	Togaviridae		✓	
VEEE			✓	
VEEV				✓
Mayaro				✓
VEEO				✓
Tensaw	Bunyaviridae	*Bunyavirus*	✓	
Keystone			✓	
J. Canyon			✓	
Rift Valley		*Phleboviru*		✓
Orungo	Reoviridae	*Orbivirus*		✓

* Recopilación de revisiones anteriores (Mitchell 1995; Moore y Mitchell 1997; Gratz 2004; Paupy *et al*., 2009).
VON: Virus del Oeste del Nilo. VEJ: Virus de la Encefalitis Japonesa. VEEE: Virus de la Encefalitis Equina del Este. VEEV: Virus de la Encefalitis Equina Venezolana. VEEO: Virus de la Encefalitis Equina del Oeste

El primer registro de *Ae. albopictus* en el continente americano, exceptuando Hawái en donde se considera que habita desde principios del siglo XX (Mitchell 1995), fue realizado en Texas (Estados Unidos) en 1985 (Sprenger y Wuithiranyagool, 1986). Sin embargo, se ha indicado que esta especie pudo haberse establecido años antes debido a que mosquitos hembra fueron colectados en 1983 en Memphis, Tennessee (Reiter y Darsie, 1984). Dos años después de haber sido detectado en Texas, se reportó la presencia de *Ae. albopictus* en 15 de los 50 estados

norteamericanos (Moore y Mitchell, 1987). Moore y Mitchell (1997) sugieren que la autopista interestatal contribuyó significativamente a la distribución de esta especie invasora al interior de Estados Unidos, en donde se ha constituido, en muchas localidades del sureste, en el mosquito doméstico más abundante.

Además de haberse dispersado ampliamente al interior de Estados Unidos, y como podría esperarse, *Ae. albopictus* fue detectado en 1988 en México, en la localidad de Matamoros (Ibanez-Bernal y Martinez-Campo, 1994), la cual comparte frontera con Texas. A partir de este hallazgo en México, *Ae. albopictus* ha sido reportado en los estados de Tamaulipas (Ibanez-Bernal, 1997), Chiapas (Cas-Martinez y Torres-Estrada, 2003), Nuevo León (Orta-Pesina *et al*., 2005) y Morelos (Villegas-Trejo *et al*., 2010).

La distribución de *Ae. albopictus* también ha alcanzado algunos países de Centro América como Guatemala (Ogata y López-Samayoa, 1996), Honduras (Woodall, 2012), Salvador, Nicaragua (Lugo *et al*., 2005), Cuba (Broche y Borja, 1999) y Panamá (Isid 2012), y de Sur América. Particularmente en esta última región, el primer registro de *Ae. albopictus* fue realizado en Brasil en 1986 (Forattini, 1986), país en donde se ha distribuido ampliamente, llegando a colonizar 20 de los 27 estados de la nación (La Corte Dos Santos, 2003). Otros países de Sur América en donde se ha detectado la presencia de la especie han sido, cronológicamente, Bolivia en 1995 (OPS, 1987), Colombia en 1998 (Vélez *et al*., 1998), y más recientemente se ha registrado en Argentina (Rossi *et al*., 1999) y Uruguay (Rossi y Martínez, 2003) en el 2003, y en el 2009 en Venezuela (Navarro *et al*., 2009).

En Colombia, el primer registro de *Ae. albopictus* se realizó en Leticia en 1998, en donde, a través de un estudio eco epidemiológico realizado en la zona, fueron colectados ocho ejemplares adultos (Vélez *et al*., 1998). Cabe anotar que Leticia se encuentra ubicada en límites fronterizos con Brasil, en frente de la localidad de Tabatinga, en donde la Fundación Nacional de Salud y la Secretaria de Estado de Salud del Amazonas reportaron la presencia de *Ae. albopictus* en el año 1996 (Ferreira *et al*., 2003). Tres años después del reporte en Leticia, en el 2001, Suárez (2001) registró la presencia de esta especie en Buenaventura (Valle del Cauca), a través de la colecta de un ejemplar adulto y varias larvas provenientes de trampas ubicadas en la zona portuaria de esta ciudad.

Posteriormente, en el 2007 se notifica en Cali la presencia de *Ae. albopictus* (Cuellar *et al*., 2007). Tal detección fue producto del intenso programa de vigilancia entomológica implementado desde el año 2002 en el Departamento del Valle del Cauca, en donde se monitorean semanalmente larvitrampas ubicadas en 17 estaciones (Cuellar *et al*., 2007).

En Colombia, *Ae. albopictus* ha seguido su proceso de invasión, y para el año 2010 se reporta la especie en Barrancabermeja (Santander) (Gutiérrez *et al*., 2011), y recientemente, en mayo del 2011, se detecta por primera vez en Medellín la presencia de *Ae. albopictus*, como un potencial nuevo vector de dengue (Rúa-Uribe *et al*., 2012). Esta última detección se realizó mediante el

monitoreo entomológico que realiza la Secretaría de Salud a través del empleo de larvi y ovitrampas situadas en diferentes sitios de la ciudad, tales como terminales de transporte terrestre y aéreo, zonas de alta transmisión de dengue, plazas de mercado y locales de almacenamiento y venta de llantas usadas (Rúa-Uribe *et al*., 2011).

Es de particular interés la rapidez con que fue hallada esta especie en Medellín. Después de tres meses de iniciada la vigilancia, fue reportada la presencia del potencial vector en la ciudad (Rúa-Uribe *et al*., 2011). Diferente a lo registrado en Cali, en donde transcurrieron cinco años de vigilancia entomológica para detectar a *Ae. albopictus.* Ante este resultado, se podría considerar que *Ae. albopictus* estuviera en Medellín desde tiempo atrás.

Desde el reporte en Leticia hasta el registro en Medellín, transcurrieron cerca de 13 años. Es posible que el origen de los mosquitos hallados en Leticia fuera producto del intercambio comercial con Tabatinga, ciudad de Brasil, en donde *Ae. albopictus* ha tenido una amplia distribución a lo largo del país (La Corte Dos Santos 2003). En cuanto al origen de la población de *Ae. albopictus* de Buenaventura, no se cuenta con sólidos argumentos que permitan definir con claridad el lugar de donde provino. Mientras que para las demás ciudades colombianas en donde esta especie ha sido detectada, la invasión de *Ae. albopictus* podría ser explicada por el movimiento comercial, vía terrestre, que se presenta frecuentemente con Cali y Buenaventura. Sin embargo, se requieren estudios que permitan validar esta hipótesis.

Es importante tener en cuenta que la ausencia de detecciones en otras ciudades del país puede reflejar fallas en la vigilancia entomológica, más que la ausencia de esta especie invasora. Razón por la cual debe considerarse que es altamente probable que además de Leticia, Buenaventura, Cali, Barrancabermeja y Medellín, haya en otras ciudades del país en donde las condiciones ambientales permitieron la introducción, establecimiento y dispersión de esta nueva especie. Sería importante intensificar los monitoreos entomológicos en ciudades en donde *Ae. aegypti*, especie estrechamente relacionada con *Ae. albopictus*, se distribuye ampliamente.

Aspectos ecológicos de *Ae. albopictus* relevantes en su invasión

Son numerosos los reportes que tratan de la flexibilidad ecológica de *Ae. albopictus*, en particular los relacionados con el hábitat, preferencia por sitios de cría, hábitos alimenticios y competencia vectorial (Hawley, 1988).

Con relación al hábitat, a pesar de que puede ubicarse en la zona urbana, se ha indicado que se encuentra con mayor frecuencia en regiones forestales y en espacios abiertos con abundante vegetación, propio de zonas suburbanas o rurales (Estrada-Franco, 1995; Braks *et al*., 2003; Juliano y Lounibos, 2005). Esta tendencia se fundamenta en que *Ae. albopictus* fue originariamente una especie selvática, que se procreaba y alimentaba en los márgenes de los bosques, y que a partir de allí comenzó a adaptarse al medio urbano (Hawley, 1988). Con base en lo anterior, *Ae. albopictus* puede encontrase en ambientes con extensa vegetación, aprovechando

como criaderos naturales los tocones de bambú, cavidades de árboles, axilas de plantas (bromelias) y depósitos de agua en grietas de las rocas (Gomes *et al*., 1992). Sin embargo, cuando habita en la zona urbana, se puede desarrollar muy bien en depósitos artificiales como matas en agua, floreros, llantas y latas (Novak, 1992). Estos dos últimos sitios de cría han sido identificados como los más empleados para su desarrollo urbano (Carvajal *et al*., 2009).

Cuando ambas *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* comparten los mismos sitios de cría, no hay un consenso científico acerca del desplazamiento de una especie con respecto a la otra. Mientras que en los estudios realizados en el sudeste asiático indican que *Ae. aegypti* puede sustituir a *Ae. albopictus* en las zonas urbanas (Gilotra *et al*., 1969; Moore y Fisher, 1969), en Estados Unidos y Brasil se ha observado que *Ae. albopictus* puede llegar a desplazar de una forma drástica y rápida las poblaciones de *Ae. aegypti* (Juliano *et al*., 2004; Braks *et al*., 2004). Cabe mencionar también los resultados observados en Cuba (Marquetti *et al*., 2008), en donde *Ae. albopictus* no ha podido desplazar a *Ae. aegypti*, incluso cuando comparten sitios de cría en las localidades más rurales. En este sentido, han sido varios los ejemplos reportados en donde ambas especies logran coexistir (Briegel y Timmermann, 2001; Simard *et al*., 2005). Particularmente, en Mayotte (isla francesa del sureste de África en el Océano Índico) se ha observado que *Ae. albopictus* y *Ae. aegypti* coexisten en el 40% de criaderos (Vagny *et al*., 2009).

En cuanto a la preferencia alimenticia, Ho y colaboradores (1972) indican que *Ae. albopictus* prefiere alimentarse de seres humanos, pero el comportamiento hematófago de las poblaciones de mosquitos parece depender de la disponibilidad de las fuentes alternativas de alimentación. Además del comportamiento antropofílico, las hembras de *Ae. albopictus* se alimentan de una amplia variedad de animales domésticos y silvestres, entre ellos, perros, conejos, bóvidos, ciervos, ardillas, zarigüeyas, miomorfos (excepto *Rattus*), mapaches y aves gallináceas y de los grupos paseriformes, columbiformes, ciconiformes (Savage *et al*., 1993). Esta capacitad antropofílica/zoofílica que se ha reportado en *Ae. albopictus* lo capacita como un vector potencial para intervenir en los ciclos de transmisión tanto de enfermedades antropozoonóticas como de ocurrencia exclusiva del ser humano, y que muestren un comportamiento endémico o emergente (Ponce *et al*., 2004).

Otra particularidad de la flexibilidad ecológica demostrada por *Ae. albopictus* es la rápida capacidad de adaptarse a bajas temperaturas ambientales, no siendo estas un impedimento para su dispersión, como sí lo son para *Ae. aegypti* (Ponce *et al*., 2004; Delatte *et al*., 2009). Específicamente en Colombia, en un período de 13 años, ha ampliado su distribución, pasando de una zona ubicada a 82 msnm (Leticia) a otra a situada a 1475 msnm (Medellín). Esta capacidad biológica de *Ae. albopictus* le confiere el potencial de habitar un amplio número de ciudades colombianas, en las cuales puede encontrar criaderos favorables para su colonización y dispersión.

Además de las anteriores características que le confieren a *Ae. albopictus* un mayor potencial de invasión, se podría considerar que la eficiente dispersión de *Ae. albopictus* a diferentes países, fue

debida a la introducción de huevos o larvas mediante el intercambio comercial de mercancía como neumáticos, tocones de bambú y demás elementos que son empleados por esta especie invasora como sitios para su ovipostura (CDC, 1986; Hawley *et al*., 1987; Hawley, 1988). En particular, se ha indicado que una de las características más importante que lleva a que especies de *Aedes* sean invasoras, es que los huevos sean resistentes a la desecación, lo que posibilita su transporte e introducción mediante el transporte de los sitios de cría de la especie (Juliano y Lounibos, 2005). Se ha considerado que la invasión de *Ae. albopictus* a Estados Unidos se presentó debido a la importación de llantas usadas desde Japón (Hawley *et al*., 1987), mientras que en Brasil, sucedió por importación de tocones de bambú desde Asia suroriental (1986). De acuerdo con Luonibos, 2002, la habilidad que tiene esta especie para emplear contenedores artificiales como sitios de cría, ha facilitado su distribución pasiva, en las últimas décadas, a través de importantes rutas comerciales.

ENTOMOFAUNA INVASORA Y GLOBALIZACIÓN

En el mundo actual, los adelantos tecnológicos y científicos han generado importantes avances en los sistemas de transporte, entre otros, posibilitado que ciudades alejadas entre sí por miles de kilómetros, puedan ser conectadas en muy pocos horas. Además, el incremento en la frecuencia de vuelos nacionales e internacionales ha permitido que las personas y los bienes que estas transportan, puedan estar, en un mismo día, en lugares ecológica y epidemiológicamente muy dispares entre sí. Las ventajas obtenidas con el mejoramiento de los sistemas de transporte, en unión con los adelantos en los medios de comunicación es lo que ha conllevado a la globalización: el mundo se ha convertido en una “aldea”.

Como puede verse en los ejemplos analizados de entomofauna invasora, es posible que los únicos casos relacionados con la globalización sean la invasión de *An. gambiae* s.l. a Brasil y la distribución casi global de *Ae. albopictus*. Sin embargo, es importante considerar que los medios de transporte desde tiempo remoto, han tenido un papel determinante en la distribución de las especies invasoras.

Debe considerarse también que con el mejoramiento de los sistemas de transporte y su consecuente reducción en el tiempo de conexión entre ciudades distantes, podría permitir que especies con un menor potencial de invasión, puedan en un futuro cercano, convertirse en especies invasoras, y afectar ecológica y/o evolutivamente las dinámicas locales.

Adicional a la globalización, debe tenerse en cuenta que la variabilidad y el cambio climático junto con la alteración del uso de suelo que el hombre realiza en diferentes ecosistemas, se han convertido en otros dos mecanismos que modulan la dispersión de especies, convirtiendo a algunas en invasoras.

Particularmente, se cuenta con evidencia de que la alteración en las temperaturas ambientales y en los regímenes de precipitación afectan el rango de dispersión de insectos invasores (Roiz *et*

al., 2011, Rochlin *et al*., 2013). Pero también se ha demostrado que la deforestación incrementa la incidencia de malaria y de otras enfermedades transmitidas por vectores, favoreciendo la dispersión de insectos transmisores (Kilpatrick *et al*., 2015).

PERSPECTIVAS

Las especies invasoras pueden llegar a alterar negativamente los ecosistemas donde arriban, incluso pueden hacer que determinadas especies se extingan. Adicional a lo anterior, tales especies pueden alterar la epidemiología de enfermedades de gran importancia en salud pública en las zonas donde llegan. Razón por la cual se deben implementar sistemas de monitoreo que permitan identificar oportunamente las especies invasoras y tomar las medidas correspondientes.

Actualmente ya se realizan esfuerzos en este sentido. Hace algún tiempo fue constituido el Programa Global sobre Especies Invasoras (GISP, por sus siglas en inglés), el cual con ayuda de cooperación internacional, reúne esfuerzos principalmente orientados a la conservación de la fauna y la flora. Con este tipo de iniciativas se busca sensibilizar y concientizar a instituciones y personas en general, acerca de tomar decisiones consientes sobre el transporte de material biológico y el impacto que este podría tener en los ecosistemas donde arriban.

Finalmente, hay que considerar que las especies naturalmente buscan dispersarse y que el cambio climático puede ampliar los límites de distribución para muchas especies, particularmente de los insectos vectores (Martens, 1997). Sin embargo, seguirán existiendo barreras naturales impuestas por los ecosistemas, que no deben ser superadas por la realización de actividades humanas, que intencionalmente o no, conlleven a la introducción de especies invasoras.

CONCLUSIONES

Tradicionalmente se había considerado que mares y montañas actuaban como barreras geográficas que impedían la dispersión de las especies. Sin embargo, son numerosos los ejemplos que revelan que el hombre, intencionalmente o no, puede transportar diferentes especies de su lugar nativo a un nuevo ecosistema. La introducción de las especies foráneas al nuevo hábitat implica que la población local deba desarrollar una serie de estrategias para poder vencer el impacto de la especie invasora. Pero a la vez, la especie invasora debe superar barreras ecológicas y evolutivas que le impone la nueva dinámica ecológica a donde arriba.

Algunas de las especies invasoras son de importancia en la salud humana, y su introducción, establecimiento y dispersión, ha generado notorias repercusiones epidemiológicas. Sin embargo, debe considerarse que en algunos casos (por ejemplo *Ae. albopictus*), el efecto total puede no ser tangible de forma inmediata.

El efecto de la globalización sobre la invasividad de la entomofauna de interés médico solo ha sido evidente en dos casos (invasión de *An. gambiae* s.l. a Brasil y distribución cosmopolita de *Ae. albopictus*). Sin embargo, avances en los sistemas de transporte, que permita acercar

temporalmente ciudades distantes a miles de kilómetros, podría hacer que especies con un menos potencial de invasión, se conviertan en reales especies invasivas.

En la actualidad, las especies invasoras se han convertido en un elemento de gran preocupación para los sistemas de salud y los programas de conservación a nivel internacional, y son el objeto de esfuerzos de cooperación internacional como el Programa Global sobre Especies Invasoras. Se requiere que haya un mayor compromiso de diferentes agentes de la sociedad para tener un mayor monitoreo de especies invasoras y tomar decisiones conscientes al momento de transportar material biológico que pueda generar impacto en lugares por fuera de su rango nativo.

AGRADECIMIENTOS

La presente revisión se realizó en el marco de las actividades propuestas por la Red INVAWET (Especies invasoras en humedales), de la cual el autor hace parte, y que ha sido financiada por el CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). El autor también desea expresar sus agradecimientos a la doctora Aracelly Caselles O., líder de la Red INVAWET, y al doctor Eloy Becares M. por la revisión crítica del documento, y profundos agradecimientos también a la Secretaria de Salud de Medellín, en especial al ingeniero Enrique A. Henao C. y al médico veterinario William H. Sanabria G., por el trabajo colaborativo que se realiza sobre *Ae. albopictus* en Medellín, y por amablemente facilitar información referente de esta especie invasora en la ciudad.

REFERENCIAS

Bagny, L.; Delatte, H.; Elissa, N.; Quilici, S.; Fontenille, D. 2009b. *Aedes* (Diptera: Culicidae) vectors of arboviruses in Mayotte: distribution area and larval Habitat. Journal of Medical Entomology 46:198-207.

Benedict, M.; Levine, R.; Hawley, W.; Lounibos, P. 2007. Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. Vector Borne and Zoonotic Diseases 7:76-85.

Braks, M.A.H.; Honorio, N.A.; Lourenco-De-Oliveira, R.; Juliano, S.A.; Lounibos, P. 2003. Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida. J Med Entomol 40:785-94.

Braks, M.; Honorio, N.; Lounibos, P.; Lourenco-De-Oliveira, R.; Juliano, S. 2004. Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. Annals of the Entomological Society of América 97(1):130-139.

Briegel, H.; Timmermann, S. 2001. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): physiological aspects of development and reproduction. Journal of Medical Entomology 38:566-71.

Broche, R.; Borja, E. 1999. *Aedes albopictus* in Cuba. Journal of the American Mosquito Control Association 15:569-70.

Cancrini, G.; Frangipane, AF.; Ricci, I.; Tessarin, C.; Gabrielli, S.; Casas-Martínez, M.; & Torres-Estrada, J.L. 2003. First evidence of *Aedes albopictus* (Skuse) in southern Chiapas in Mexico. Emerg Infect Dis 9:606-7.

Carvajal, J.; Moncada, L.; Rodríguez, M.; Pérez, L.; Olano, V. 2009. Caracterización preliminar de los sitios de cría de *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae) en el municipio de Leticia, Amazonas, Colombia. Biomédica 29:413-23.

Case, T.J.; & Bolger, D.T. 1991. The role of introduced species in shaping the distribution and abundance of island reptiles. Evol Ecol 5:272-90.

Causey, O.R.; Deane, L.M.; Deane, M.P. 1943. Ecology of *Anopheles gambiae* in Brazil. Am J Trop Med Hyg 23:73-94.

Causey, O.R.; Penido, H.M.; Deane, L.M. 1943. Observations on malaria in the presence and absence of *Anopheles gambiae* in an experimental area in (Cumbe) Cear´a, Brazil. Am J Trop Med Hyg 23:59-71

CDC (Centers for Disease Control). 1986. Epidemiologic notes and reports *Aedes albopictus* Introduction -Texas. Morbidity and Mortality Weekly Report 35: 141-2.

Christophers, R.C. 1960. *Aedes aegypti* The Yellow Fever Mosquito: Its Life History, Bionomics, and Structure. Cambridge: Cambridge Univ Press 739p.

Cornel, A.J.; & Hunt, R.H. 1991. *Aedes albopictus* in Africa? First records of live specimens in imported tires in Cape Town. J Am Mosq Control Assoc 7:107-8.

Crooks, J.A. 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. Oikos 97:153-66.

Cuéllar, M.; Velásquez, O.; González, R.; Morales, C. 2007. Detección de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia. Biomédica 27:273-9.

Daehler, C.C. 2001. Two ways to be an invader, but one is more suitable for ecology. Bull Ecol Soc Am 81:101-2.

Davis, M.A.; & Thompson, K. 2000. Eight ways to be a colonizer; two ways to be an invader: a proposed nomenclature scheme for invasion ecology. Bull Ecol Soc Am 81:226-30.

Deane, L.M. 1988. Malaria studies and control in Brazil. Am J Trop Med Hyg 38:223–30

Delatte, H.; Gimonneau, G.; Triboire, A.; Fontenille, D. 2009. Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity and gonotrophic cycles of *Aedes*

albopictus (Skuse), vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. Journal of Medical Entomology 46:33-41.

Dlugosch, K.M.; & Parker, I.M. 2008. Founding events in species invasions: genetic variation, adaptive evolution, and the role of multiple introductions. Mol Ecol 17:431-49.

Estrada, J. 1995. Biology, disease relationship, and control of *Aedes albopictus*. Technical Paper PAHO 42:51.

Facon, B.1.; Genton, B.J.; Shykoff, J.; Jarne, P.; Estoup, A.; David, P. 2006. A general eco-evolutionary framework for understanding bioinvasions. Trends Ecol Evol 21:130-5.

Ferreira, F.; Barbosa, M.; Alecrim, W.; Guerra, M. 2003. Registration of the ocurrence of *Aedes albopictus* in an urban zone in Manaus, Amazonas, Brazil. Revista da Saúde Pública 37:674-5.

Fontenille, D.; Toto, J.C. 2001. *Aedes (*Stegomyia) *albopictus* (Skuse), a potential new dengue vector in Southern Cameroon. Emerging Infectious Diseases 2001(7):1066-7.

Forattini, O.P. 1986. Identificacão de *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* no Brasil. Revista Saúde Pública 20:244-5.

Gilotra, S.; Rozeboom, L.; Bhatta, N. 1969. Observations on possible competitive displacement between populations of *Aedes aegypti* Linnaeus and, *Aedes albopictus* Skuse in Calcutta. Bulletin of the World Health Organization 37:437-46.

Gomes, A.; Forattini, O.; Kakitani, I.; Marques, G.; Marques, C.; Azevedo, M.1992. Microhahitats de *Aedes albopictus* (Skuse) na região do vale do Paraiba, Estado de São Paulo, Brasil. Revista Saúde Pública 26:108-18.

Gratz, NG. 2004. Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. Medical and Veterinary Entomology 18:215-27.

Groot, H. 1980. The reinvasion of Colombia by *Aedes aegypti*: aspects to remember. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 29: 330-39.

Gutiérrez, M.; Almeida, O.; Barrios, H.; Herrera, J.; Ramírez, M.; Rondón, L. 2011. Hallazgo de *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) en el municipio de Barrancabermeja, Colombia. Biomédica 31(sup3):26.

Haindl, A.L. 2015. La Peste Negra. "Disponible en": http://edadmedia.cl/wordpress/wp-content/uploads/2011/04/LaPesteNegra.pdf. [Fecha revisión: 2 de junio 2015].

Harwood, R.F.; James, M.T. 1979. Entomology in Human and Animal health. Washington State University; Pullman. Edit Macmilliam Publishing Co, Inc 48-57 p.

Hawley, W.; Reiter, P.; Copeland, R.; Pumpini, C. 1987. *Aedes albopictus* in North America Probable introduction in used tires from northern Asia. Science 236:1114-6.

Hawley, W. 1988. The biology of *Aedes albopictus*. Journal of the American Mosquito Control Association. Supplement 1:1-39.

Ho, BC.; Chan, KL.; Chan, YC. 1972 Control of A*edes* Vectors. The Biology and bionomic of *Aedes albopictus* En: Chan YC *et al.,* (eds). Vector Control in Southeast Asia. Proceedings SEAMEO Workshop Singapur 15-7.

Huang, Y. 1968. Neotype designation for *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 70:297-302.

Ibañez-Bernal, S.; Martinez Campos, C. 1994. *Aedes albopictus* in Mexico. Journal of the American Mosquito Control Association 10:231-2.

Ibañez-Bernal, S.; Briseno, B.; Mutebi, JP.; Argot, E.; Rodriguez, G.; ISID (International Society for Infectious Diseases). 2002. Panama detects new dengue carrying mosquito. 8th November, 2002. Disponible en: http://www.promedmail.org/direct.php?id=20021108.5753 [fecha de revisión: 10 de junio de 2015].

Juliano, S.A.; Lounibos, P.; O'Meara, G.F. 2004. A field test for competitive effects of *Aedes albopictus* on *A. aegypti* in South Florida: differences between sites of coexistence and exclusion?. Oecologia 139:583-93.

Juliano, S.; Lounibos, P. 2005. Ecology of invasive mosquitoes: Effects on resident species and on human health. Ecology Letters 8:558-74.

Killeen Gf, Fillinger U, Kiche I, Gouagna Lc, Knols Bg. 2002. Eradication of A*nopheles gambiae* from Brazil: lessons for malaria control in Africa?. Lancet Infect Dis. 2:618-27

Kilpatrick A.M., 2015 Globalization, land use and the invasion of West Nile Virus. Science 334: 323-27

Kors, J.W.; Van Doormaal, J.J.; De Monchy, J.C. 1993. Anaphylactoid shock following Hymenoptera sting as a presen ting symptom of systemic mastocytosis. J Intern Med 233: 255-58.

La Corte Dos Santos, R. 2003. Updating of the distribution of *Aedes albopictus* in Brazil (1997–2002). Rev Saude Publica Sao Paulo 37:671-3.

Link, V.B. 1954. A history of plague in the United States of America. Public Health Monogr. No. 26. Washington, DC: GPO 120p.

Lounibos L.P. 2002. Invasions by insect vectors of human disease. Annu Rev Entomol 47:233-66.

Lowe, S.; Browne M.; Boudjelas S.; De Poorter M. 2000. 100 of the world´s worst invasive alien species a selection from Global invasive species database. Disponible en: http://www.issg.org/booklet.pdf [fecha de revisión: 1o de junio de 2015].

Lugo, E.C.; Moreno, G.; Sacaría, M.A.; López, M.M.; López, J.D.; Delgado, M.A.; *et al*., 2005. Scientific Note: Identification of *Aedes albopictus* in urban Nicaragua. J Am Mosq Control Assoc 21:325-7.

Martens, P. 1997. Health Impacts of Climate Change and ozone depletion. And Eco-epidemiological Modelling Approach. 157 p.

Martinez Campos, C. 1997. First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa in Mexico. Medical and Veterinary Entomology 11:305-9.

Marquetti, M.C.; Bisset, J.; Leyva, M.; García, A.; Rodríguez, M. 2008. Comportamiento estacional y temporal de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en La Habana, Cuba. Rev Cubana Med Trop 60:62-7.

Mitchell, C.J. 1995. Geographic spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in arbovirus cycles in the Mediterranean Basin. J Vector Ecol 20:44-58.

Moore, C.; Fisher, B. 1969. Competition in mosquitoes: Density and species ratio effects on growth, mortality, fecundity, and production of growth retardant. Annals of the Entomological Society of America 62(6):1325-31.

Moore, C.; Mitchell, C. 1997. *Aedes albopictus* in the United States: ten-year presence and public health implications. Emerging Infectious Diseases 3:329-34.

Navarro, J.; Zorrilla, A.; Moncada, N. 2009. Primer registro de *Aedes albopictus* (Skuse) en Venezuela. Importancia como vector de dengue y acciones a desarrollar. Boletín de Malariología y Salud Ambiental 46:161-6.

Novak, R. 1992. The Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus.* Wing Beats 3:5p.

Novak, S.J. 2007. The role of evolution in the invasion process. Proc Natl Acad Sci USA 104: 3671-2.

Ogata, K.; López-Samayoa, A. 1996. Discovery of *Aedes albopictus* in Guatemala. J Am Mosq Control Assoc 12:503-6.

Organización Panamericana de La Salud. 1987. Aedes *albopictus* en las Américas. Reseñas. Bol Of Sanit Panam 102:624-33.

Orta-Pesina, H.; Mercado-Hernández, R.; Elizondo-Leal, J.F. 2005. Distribución de *Aedes albopictus (*Skuse) en Nuevo León, México, 2001-2004. Rev Salud pública Méx 47:163-5.

Padilla J, Rojas D, Sáenz R. 2012. Dengue en Colombia: determinantes, epidemiologia, estrategias de intervención y perspectivas.

Parmakelis, A.; Russello, M.A.; Caccone, A.; Marcondes, C.B.; Costa, J.; Forattini, O.P.; Sallum, M.A.; Wilkerson, R.C.; Powell, J.R. 2008. Historical analysis of a near disaster: *Anopheles gambiae* in Brazil. Am J Trop Med Hyg 78:176-78.

Paupy, C.; Delatte, H.; Bagny, L.; Corbel, V.; Fontenille, D. 2009. *Aedes albopictus*, an arbovirus vector. From the darkness to the light. Microbes and Infection II 11:1177-85.

Perrings, C.; Folke, C.; & Maler, K.G. 1992. The ecology and economics of biodiversity loss – the research agenda. Ambio 21: 201-11.

Phillips, B.L.; & Shine, R. 2004. Adapting to an invasive species: toxic cane toads induce morphological change in Australian snakes. Proc Natl Acad Sci USA 101:17150-5.

Pietrobelli, M. 2003. *Aedes albopictus* is a natural vector of *Dirofilaria immitis* in Italy. Vet Parasitol 118:195-202.

Pinto, C. 1939. Dissemina¸c˜ao da malaria pela avia¸c˜ao; biologia do *Anopheles gambiae* e outros anophelineos do Brasil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 34:293-430

Ponce, G.; Flores, A.; Badii, M.; Fernández, I.; Rodríguez, M. 2004. Bionomía de *Aedes albopictus* (Skuse). Revista Salud Pública y Nutrición 5:1-14.

Prentis, P.J.; Wilson, J.R.U.; Dormontt, E.E.; Richardson, D.M.; & Lowe, A.J. 2008. Adaptive evolution in invasive species. Trends in Plant Science 13:288-94.

Reiter, P.; Darsie, R.F. 1984. *Aedes albopictus* in Memphis, Tennessee (USA): an achievement of modem transportation?. Mosq News 44:396-9.

Reiter, P. 1998. *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: the shape of things to come Journal of the American Mosquito Control Association 14:83-94.

Richardson, D.M.; & Pysˇek, P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. Prog Phys Geog 30:409-31

Rochlin I. 2013 THe rise of the invasives and decline of the natives. Insights revealed from adult populations of container-inhabiting *Aedes* mosquitoes in temperate North-America. Biol. Invasions 15:991-1003

Rodríguez, H.; De La Hoz, F. 2005. Dengue and dengue and vector behaviour in Cáqueza, Colombia, 2004. Rev Salud Pública (Bogotá) 7: 1-15.

Roiz D., Neteler M., Castellani C., Arnoldi D., Rizzoli A. 2011. CLimatic factors driving invasions of the tiger mosquito (Aedes albopictus) into new areas of Tentrino, Northern Italy. PlosONE 6: e14800

Rossi, G.C.; Pascual, N.T.; Krsticevic, F.J. 1999. First record of *Aedes albopictus* [Skuse) from Argentina. J Am Mosq Control Assoc 15:422.

Rossi, G.C.; Martínez, M. 2003. Mosquitos (Diptera: Culicidae) del Uruguay. Entomol Vect 10:469-78.

Rúa-Uribe, G.; Suárez-Acosta, C.; Londoño, V.; Sánchez, J.; Rojo, R.; Bello-Novoa, B. 2011. Detección de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Medellín, Colombia. Biomédica 31(supl 3): 243-4.

Rúa-Uribe, G.; Suárez-Acosta, C.; Rojo A. 2012. Implicaciones epidemiológicas de *Aedes albopictus* (Skuse) en Colombia. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 30: 328-37.

Savage, H.M.; Ezike, V.I.; Nwankwo, A.C.; Speigel, R.; Miller, B.R. 1992. First record of breeding populations of *Aedes albopictus* in continental Africa: implications for arboviral transmission. J Am Mosq Control Assoc 8:101-3.

Savage, H.; Niebylski, M.; Smith, G.; Mitchell, C.; Craig, G.B. 1993. Host-feeding patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a temperature North American site. J Med. Entomol 30:27-33.

Sheppard, W.S. 1989. A history of the introduction of honey bee races into the United States. American Bee Journal 129: 617-19.

Sheppard, W.S.; Smith, D.R. 2000. Identification of African-derived bees in the Americas: a survey of methods. Annals of the Entomological Society of America 93:159-76.

Simard, F.; Nchoutpouen, E.; Toto, J.; Fontenille, D. 2005; Geographic distribution and breeding site preference of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Cameroon, Central Africa. Journals Medical Entomology 42:726-31.

Soper, D.L.; Wilson, D.B. 1943. *Anopheles gambiae* in Brazil 1930 to 1940. New York: Rockefeller Found 262 p.

Soper, F.L. 1965. The 1964 status of *Aedes aegypti* eradication and yellow fever in the Americas. Am J Trop Med Hyg 14:887-91.

Southwick 1993. Trapping and releasing drones in areas of Africanized honey bees. Am. Bee J. 35-56

Sprenger, D.; Wuithiranyagool, T. 1986. The discovery and distribution of *Aedes albopictus* in Harris County, Texas. J Am Mosq Control Assoc 2:217-8.

Strauss S.Y.; Webb, C.O.; & Salamin, N. 2005. Exotic taxa less related to native species are more invasive. Proceedings of the National Academy of Sciences U S A 103(15): 5841-5.

Strauss, S.Y.; Lau, J.A.; & Carroll, S.P. 2006. Evolutionary responses of natives to introduced species: what do introductions tell us about natural communities? Ecology Letters 9: 354-71.

Suarez, A. V.; & Tsutsui, N. D. 2008. The evolutionary consequences of biological invasions. Mol Ecol 17:351-60 [doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03456.x].

Suárez, M. 2001. *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera, Culicidae) en Buenaventura, Colombia. Informe Quincenal Epidemiológico Nacional 6:221-4.

Taylor, R.M. 1951. Epidemiology. In Yellow Fever, ed. GK Strode, pp. 431–538. New York: McGraw-Hill 710 p.

Thimann, R. 2015. Retrospectiva de 25 años de la abeja africanizada en Venezuela. Programa Producción Animal, universidad Ezequiel Zamora, Guanare. "Disponible en": http:/ /www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P265_Retrosp25aAbejAfricanizadaVzla.pdf [Fecha revisión: 4 de junio 2015].

Toma, L.; Severini, F.; Di Luca, M.; Bella, A.: Romi, R. 2003. Seasonal patterns of oviposition and egg hatching rate of *Aedes albopictus* in Rome. J Am Mosq Control Assoc 19:19-22.

Toto, J.C.; Abaga, S.; Carnevale, P.; Simard, F. 2003. First report of the oriental mosquito *Aedes albopictus* on the West African island of Bioko, Equatorial Guinea. Med and Vet Entomol 17:343-6.

Valderrama, R. 2003. Aspectos toxicológicos y biomédicos del veneno de las abejas *Apis mellifera*. IATREIA 16(3): 217-27

Van Buskirk, J.; & Willi, Y. 2006. The change in quantitative genetic variation with inbreeding. Evolution Int J Org Evolution 60:2428-34.

Vélez, I.; Quiñones, M.; Suarez, M.; Olano, V.; Murcia, L.; Correa, E. 1998. Presencia de *Aedes albopictus* en Leticia, Amazonas, Colombia. Biomédica 18:182-98.

Villegas-Trejo, A.; Manrique-Saide, P.; Che-Mendoza, A.; Cruz-Canto, W.; Fernández, M.G.; González-Acosta, C.; *et al*., 2010. First report of *Aedes albopictus* and other mosquito species in Morelos, México. J Am Mosq Control Assoc 26:321-3.

Williamson, M. 1996. Biological Invasions. Chapman & Hall; New York, USA 244p

White, G.B. 1974. *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa. Trans R Soc Trop Med Hyg 68: 278-98.

WHO (World Health Organization). 2009. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Geneva, March 2009. Fact sheet No 117.

WHO (World Health Organization). 2012. World Health Organization. Global strategy for dengue prevention and control. 2012-2020. 43 p.

Woodall, J. 2012. *Aedes albopictus* - Honduras. December 14, 1995. Consultado: 13 de febrero de 2012. Disponible en: http://www.promedmail.org/pls/askus/f?p=2400:1001:509626:::F2400 _P1001.

Ziegler, P. 1993. The Black Death, Alan Sutton Publishing Inc, USA 3-4 p.

Anexo 1. Listado de las cien especies invasoras más perjudiciales en el mundo (una selección de la base de datos de las especies invasoras del mundo)*

MICROORGANISMOS

Banana bunchy top virus
(*banana bunchy top virus*)
Malaria aviar
(*Plasmodium relictum*)
Peste bovina
(*rinderpest virus*)

PLANTAS ACUÁTICAS

Alga wakame
(*Undaria pinnatifida*)
Caulerpa
(*Caulerpa taxifolia*)
Espartina
(*Spartina anglica*)
Jacinto de agua
(*Eichhornia crassipes*)

INVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Almeja asiática
(*Potamocorbula amurensis*)
Cangrejo chino
(*Eriocheir sinensis*)
Cangrejo de mar común
(*Carcinus maenas*)
Caracol manzana dorado
(*Pomacea canaliculata*)
Ctenóforo americano
(*Mnemiopsis leidyi*)
Estrella de mar japonesa
(*Asterias amurensis*)
Mejillón
(*Mytilus galloprovincialis*)
Mejillón cebra
(*Dreissena polymorpha*)
Pulga espinosa de anzuelo
(*Cercopagis pengoi*)

INVERTEBRADOS TERRESTRES

Afido del ciprés
(*Cinara cupressi*)
Avispa común
(*Vespula vulgaris*)
Caracol gigante africano
(*Achatina fulica*)
Caracol lobo
(*Euglandina rosea*)

HONGOS

Afanomicosis
(*Aphanomyces astaci*)
Chancro del castaño
(*Cryphonectria parasitica*)
Grafiosis del olmo
(*Ophiostoma ulmi*)
Podredumbre de raíz
(*Phytophthora cinnamomi*)
Quitridiomicosis cutánea
(*Batrachochytrium dendrobatidis*)

PLANTAS TERRESTRES

Acacia negra
(*Acacia mearnsii*)
Acacia pálida
(*Leucaena leucocephala*)
Árbol de la pimienta
(*Schinus terebinthifolius*)
Árbol de la quinina
(*Cinchona pubescens*)
Arroyuela
(*Cecropia peltata*)
Caña común
(*Arundo donax*)
Carpinchera (mimosa)
(*Mimosa pigra*)
Carrizo marciego
(*Imperata cylindrica*)
Cayeputi australiano
(*Melaleuca quinquenervia*)
Chumbera
(*Opuntia stricta*)
Clidemia
(*Clidemia hirta*)
Edichio
(*Hedychium gardnerianum*)
Falopia japonesa
(*Fallopia japonica*)
Faya
(*Myrica faya*)
Guaco (mikania)
(*Mikania micrantha*)
Guayabo fresero
(*Psidium cattleianum*)
Hiptage
(*Hiptage benghalensis*)

Escarabajo asiático de antenas largas
(*Anoplophora glabripennis*)
Escarabajo de khapra
(*Trogoderma granarium*)
Flatworm
(*Platydemus manokwari*)
Hormiga de Argentina
(*Linepithema humile*)
Hormiga leona
(*Pheidole megacephala*)
Hormiga loca
(*Anoplolepis gracilipes*)
Hormiga roja de fuego
(*Solenopsis invicta*)
Lagarta peluda
(*Lymantria dispar*)
Mosca blanca del tabaco
(*Bemisia tabaci*)
Mosquito de la malaria
(*Anopheles quadrimaculatus*)
Mosquito tigre asiático
(*Aedes albopictus*)
Pequeña hormiga de fuego
(*Wasmannia auropunctata*)
Termita subterránea de Formosa (*Coptotermes formosanus shiraki*)

PECES

Carpa
(*Cyprinus carpio*)
Gambusia
(*Gambusia affinis*)
Perca americana
(*Micropterus salmoides*)
Perca del Nilo
(*Lates niloticus*)
Pez gato andador
(*Clarias batrachus*)
Tilapia del Mozambique
(*Oreochromis mossambicus*)
Trucha arco iris
(*Oncorhynchus mykiss*)
Trucha común
(*Salmo trutta*)

ANFIBIOS

Coquí común
(*Eleutherodactylus coqui*)
Rana toro
(*Rana catesbeiana*)
Sapo gigante

Kudzú
(*Pueraria montana var. lobata*)
Lantana
(*Lantana camara*)
Lechetrezna frondosa
(*Euphorbia esula*)
Ligustro
(*Ligustrum robustum*)
Mezquite
(*Prosopis glandulosa*)
Miconia
(*Miconia calvescens*)
Pino resinero
(*Pinus pinaster*)
Salicaria púrpura
(*Lythrum salicaria*)
Shoebutton ardisia
(*Ardisia elliptica*)
Siam weed
(*Chromolaena odorata*)
Tamarisco
(*Tamarix ramosissima*)
Tojo
(*Ulex europaeus*)
Tulipán africano
(*Spathodea campanulata*)
Wedelia
(*Sphagneticola trilobata*)

REPTILES

Culebra arbórea café
(*Boiga irregularis*)
Galápago de Florida
(*Trachemys scripta*)

MAMÍFEROS

Ardilla gris americana
(*Sciurus carolinensis*)
Armiño
(*Mustela erminea*)
Cabra
(*Capra hircus*)
Ciervo
(*Cervus elaphus*)
Coipú
(*Myocastor coypus*)
Conejo
(*Oryctolagus cuniculus*)
Gato doméstico
(*Felis catus*)
Jabalí

(*Bufo marinus*)	(*Sus scrofa*)
AVES	Macaco cangrejero (*Macaca fascicularis*)
Bulbul cafre (*Pycnonotus cafer*)	Mangosta javanés (*Herpestes javanicus*)
Estornino pinto (*Sturnus vulgaris*)	Rata negra (*Rattus rattus*)
Miná común (*Acridotheres tristis*)	Ratón doméstico (*Mus musculus*)
Yellow Himalayan raspberry (*Rubus ellipticus*)	Zarigüeya australiana (*Trichosurus vulpecula*)
	Zorro (*Vulpes vulpes*)

* Fuente: Lowe et al., 2000

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE *Aedes aegypti*: PRIMEROS PASOS PARA EL DESARROLLO DE TRAMPAS ACÚSTICAS

Hoover Pantoja[1]; Francisco Vargas[2]; Alejandro Vergara[3]; Natalia Bedoya[4]; Guillermo Rúa[5]; Horacio Cadena[6]; Freddy Ruiz[7]

[1] Estudiante M.Sc, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad de Antioquia, Colombia; hoover.pantoja@gmail.com
[2] Profesor. Facultad de Ingeniería. Investigador Universidad de Antioquia, Colombia.
[3] Estudiante Bioingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia.
[4] Estudiante Bioingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia.
[5] Ph.D. Profesor. Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Colombia.
[6] M.Sc. Profesor. Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Colombia.
[7] Ph.D. SABIT. Salud y Biodiversidad para el Trópico. Medellín. Colombia.

Acoustic characteristics of *Aedes aegypti*: first steps towards developing acoustic traps

Uno de los pilares operacionales de los organismos de control vectorial, es el uso de equipos de captura para monitorear poblaciones de vectores a través del tiempo y el espacio. Desafortunadamente las trampas usadas para capturar mosquitos, en su mayoría usan la luz como atrayente y la especie *Ae. aegypti* no responde ante este tipo de estímulos, debido a sus hábitos diurnos (Hoel, 2005). En consecuencia, se deben incluir cebos químicos (CO2) o cebo humano para mejorar las tasas de captura, lo que incrementa sustancialmente los costos operacionales, sin mejorar sustancialmente los resultados (Sivagnaname & Gunasekaran, 2012); limitando el monitoreo a indicadores que en su mayoría están basados en la colecta de estados inmaduros del vector. Sin embargo, según estudios del Programa Especial para la Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR), aunque los indicadores larvarios tienen algún valor operacional, no pueden ser usados como aproximaciones de la abundancia de estados adultos del vector y su uso es limitado en la predicción del riesgo de transmisión (Focks, 2003, 2006).

Ante las deficiencias que presentan los métodos de monitoreo de poblaciones adultas, el sonido surge como un atrayente alternativo para el desarrollo de dispositivos de monitoreo. En el pasado, las trampas acústicas han sido probadas para la captura de mosquitos (Ikeshoji & Yap, 1990; Ikeshoji *et al*., 1985; Ikeshoji & Ogawa, 1988) y en la actualidad, nuevos hallazgos renuevan el interés en el sonido como atrayente específico para la especie (Stone *et al.*, 2013). Gibson y Russell (2006) describieron el proceso denominado convergencia armónica, el cual consiste en un tipo de reconocimiento sexual acústico en *Toxorhynchites brevipalpis*. Dicho proceso consiste en la convergencia de las frecuencias del aleteo de machos y hembras, al momento del cortejo. Las modificaciones en la frecuencia del aleteo de la hembra y pruebas acerca del desplazamiento de las antenas ante estímulos acústicos, permitió a Gibson concluir que las hembras, aunque tienen menor cantidad de sensilas que los machos, son igualmente sensibles a señales acústicas, lo que

permite una dinámica acústica entre machos y hembras. El mismo comportamiento se presenta en *Ae. aegypti*, con la particularidad de que la convergencia no se da en las frecuencias naturales del aleteo, sino en sus armónicos superiores (Cator *et al*., 2009). En esta especie la convergencia se da en el segundo armónico de la frecuencia natural del macho (600 Hz) y el tercero de la hembra (400 Hz). En los últimos años, el sonido ha venido retomado nuevamente importancia como método de atracción y pruebas recientes realizadas con trampas CDC y BG-SENTINEL equipadas con altavoces emitiendo señales de atracción, revelaron el potencial del sonido como atrayente, al lograr significativas tasas de captura, en especial, si se ubica las trampas en lugares cercanos a enjambres *(Stone et al*., 2013).

El PECET, Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales y su nuevo Laboratorio de Bioacustica, ha venido caracterizando los tonos de vuelo de *Ae. aegypti*, en búsqueda de señales de atracción específicas para la especie. Para ello se está realizando un estudio bioacústico profundo de los tonos de vuelo de *Ae. aegypti*, mediante la implementación de metodologías de grabación para campo cercano y algoritmos computacionales, que garantizan la extracción de características sobre señales libres de ruido y extrae características de frecuencia.

Para el registro de las señales de mosquitos, se ha estandarizado una metodología que usa tres micrófonos de velocidad de partículas, que junto a la técnica de substracción espectral, aseguran que las características extraídas de la señal, pertenecen únicamente al sonido producido por el aleteo del mosquito. Implementando la metodología mencionada se ha encontrado que la frecuencia fundamental o el tono de vuelo de machos y hembras, corresponde a 791.03 ± 29.63 y 510.23 ± 39.40 Hz respectivamente. Si se compara dichas frecuencias con las halladas por Cator *et al*. (2009) (Machos = 636.70 ± 15.10 Hembras = 430,60 ± 10.80) se observan diferencias en cuanto a la media y la desviación estándar, posiblemente explicadas por procesos distintos de cría. A diferencia de la colonia usada por Cator (sexta generación), la usada en el presente trabajo presenta una gran variación genética puesto que los mosquitos son silvestres. A pesar de las disimilitudes entre colonias, la diferencia de 100 Hz entre frecuencias fundamentales es un resultado inesperado, pues se ha aceptado que cada especie de mosquito tiene un rango de frecuencia especifico (Belton & Costello, 1979). Sin embargo, también existe evidencia de una gran variabilidad de tonos de vuelo para esta especie (Arthur *et al*., 2014), lo que plantea algunas interrogantes al respecto y genera la necesidad de ampliar el conocimiento acerca del ancho de banda de comunicación en los mosquitos. Nuestros resultados son la primera aproximación hacia el desarrollo de técnicas de atracción, basadas en el sonido e inspiradas en el cortejo del mosquito.

REFERENCIAS

Arthur, B.J. *et al*., 2014. Mosquito (*Aedes aegypti*) flight tones: Frequency, harmonicity, spherical spreading, and phase relationships. The Journal of the Acoustical Society of America, 135(2), pp.933–941. Available at: http://scitation.aip.org/content /asa/journal/jasa/135 /2/10.1121 /1.4861233.

Belton, P. & Costello, R.A., 1979. Flight sounds of the females of some mosquitoes of western canada. Entomologia Experimentalis et Applicata 26: 105–114.

Cator, L.J. *et al*., 2009. Harmonic convergence in the love songs of the dengue vector mosquito. Science New York, N.Y. 323(5917):1077–9. Available at: http://www.pubmedcentral.nih.gov /articlerender. fcgi?artid=2847473&tool=pmcentrez&rendertype=abstract.

Focks, D., 2006. Multicountry study of *Aedes aegypti* pupal productivity survey methodology. *T*ropical Medicine, 31(1): 56. Available at: http://www.searo.who.int/LinkFiles/Dengue_ Bul letins_cbr4_vol31.pdf.

Focks, D., 2003. Review of Entomological Sampling Methods and Indicators for, Gainsville, Florida, USA: World Health Organization. Available at: http://www.who.int/tdr/publications/ documents/dengue_vectors.pdf.

Gibson, G. & Russell, I., 2006. Flying in tune: sexual recognition in mosquitoes. Current biology*:* CB, 16(13): 1311–6. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16824918 [Accessed November 18, 2013].

Hoel, D.F., 2005. Response of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) to Traps Attractants, and Adulticides in North Central Florida. University of Florida.

Ikeshoji, T. & Ogawa, K., 1988. Field catching of mosquitoes with various types of sound traps. Japanese Journal of Sanitary Zoology 39(2): 119–123.

Ikeshoji, T., Sakakibara, M. & Reisen, W., 1985. Removal sampling of male mosquitoes from field populations by sound- trapping. Japanese Journal of Sanitary Zoology 36(3):197–203.

Ikeshoji, T. & Yap, H.H., 1990. Impact of the insecticide treated sound traps on an *Aedes albopictus* population. *J*apanese Journal of Sanitary Zoology 41(3): 213–217.

Sivagnaname, N. & Gunasekaran, K., 2012. Need for an efficient adult trap for the surveillance of dengue vectors. The Indian journal of Medical Research 136(5):739–49. Available at: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3573594&tool=pmcentrez&rendertyp e=abstract.

Stone, C.M., Tuten, H.C. & Dobson, S.L., 2013. Determinants of male *Aedes aegypti* and *Aedes polynesiensis* (Diptera : Culicidae) Response to Sound: Efficacy and considerations for use of sound traps in the field determinants of male *Aedes aegypti* and *Aedes polynesiensis* (Diptera : Culicidae) Respo. Journal of Medical Entomology 50(4):723–730.

MOSQUITOS DEL GENERO *Culex* EN COLOMBIA: ESTADO DEL CONOCIMIENTO.

Jovany Barajas G.[1]; Carolina Torres-Gutierrez[2]; Libertad Ochoa G.[3]; Sandra Uribe-Soto[4]; Iván D. Vélez B.[5]; Charles H. Porter[6]

[1] Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET. Universidad de Antioquia.
[2] Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET. Universidad de Antioquia - aniloract@gmail.com
[3] Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET. Universidad de Antioquia.
4 Grupo de Sistemática Molecular, Universidad Nacional de Colombia. Medellín (Antioquia), Colombia - siuribesoto@gmail.com
[5] Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales – PECET. Universidad de Antioquia.
[6] Research Entomologist, Division of Parasitic Diseases, National Center for Zoonotic, Vector-Borne and Enteric Diseases, Centers for Disease Control and Prevention (**CDC**). U. S. A.

Resumen. Los mosquitos del género *Culex* representan uno de los géneros más ampliamente distribuidos y diversos de la familia Culicidae (Diptera). Numerosas especies del género han sido incriminadas como transmisores de diferentes agentes patógenos a vertebrados y humanos, tanto en ambientes rurales como urbanos. Esta presentación aborda las características biológicas y taxonómicas de estos insectos y destaca el número actual de especies del género *Culex* que ocurren en Colombia, con especial énfasis en las especies que exhiben importancia médica.

INTRODUCCIÓN

Los mosquitos del género *Culex* Linnaeus, 1758 son dípteros que pertenecen a la tribu Culicini, familia Culicidae. El género incluye 769 especies (Harbach, 2015), distribuidas mundialmente, que ocupan diversidad de hábitats y exhiben distintos comportamientos alimenticios (Forattini, 1965a; Harbach y Kitching, 1998; Forattini, 2002, Harbach, 2011; Harbach *et al.*, 2012).

Una de las principales características de los inmaduros del género *Culex* es la capacidad para explotar medios acuáticos con altos contenidos de materia orgánica, comunes en zonas urbanas. Debido a la adaptación de estos organismos a ambientes contaminados, las poblaciones de *Culex* alcanzan tamaños poblacionales grandes, y por tanto, pueden convertirse en molestia sanitaria para los grupos humanos que entran en contacto con sus individuos (Forattini, 1965, 2002).

Muchos adultos de *Culex* son predominantemente nocturnos y la hematofagia, por parte de las hembras, es realizada principalmente en horas con poca luz o sin esta (Forattini, 2002). Se sabe que especies silvestres de *Culex* se alimentan principalmente de aves (hábito ornitofílico), sin embargo, la especificidad de hospederos no es estricta y estos mosquitos exhiben también comportamientos zoofílicos y antropofílicos; es decir sus hábitos alimenticios son oportunistas (Forattini et al., 1987; Forattini, 2002; Mesa *et al*. 2005; Molaei et al., 2006).

En el contexto epidemiológico, los mosquitos del género *Culex* representan insectos de importancia médica, por su amplia distribución y especialmente, por su capacidad para transmitir agentes patógenos (e.g. virus y parásitos) para vertebrados y humanos. Algunas especies de *Culex* han sido registradas como vectores del virus del Nilo occidental, virus de la encefalitis de San Louis y virus de la encefalitis equina venezolana, en diferentes regiones del continente americano (Rivas *et al*., 1997; Forattini y Massad, 1998; Goddard *et al.*, 2002; Lukacik *et al.*, 2004; Weaver *et al.*, 2004; Mesa, *et al*., 2005; Turell *et al*., 2005; Diaz et al., 2006; Andreadis, 2012). Adicionalmente, la especie *Culex quinquefasciatus* es considerada vector de la bacteria *Wuchereria brancrofti*, agente causal de la filariasis humana (Brito et al., 1997; Dean, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio sobre mosquitos Culex en Colombia partió de una revisión bibliográfica de diversos textos científicos de corte taxonómico, sistemático y epidemiológico. Se compilaron registros en publicaciones nacionales e internacionales que incluyeran registros de *Culex* en Colombia para generar un listado de subgéneros y especies. Para esto se consultaron bases de datos especializadas como Web of Science y Scielo, accediendo a dichas fuentes de información a través de la biblioteca digital de la Universidad de Antioquia. También se consultaron contenidos libres en internet sobre especies de Culicidae, disponibles en los siguientes links:

Catálogo Mundial de Culicidae disponibilizado por la entidad Walter Reed Biosystematics Unit, Smithsonian Institution (http://www.mosquitocatalog.org/).

Mosquito Taxonomic Inventory, nombre en inglés para inventario taxonómico de mosquitos (família Culicidae) (http://mosquito-taxonomic-inventory.info/).

Colección bibliográfica disponible en página en línea de Armed Forces Pest Management Board (Estados Unidos), nombre en inglés para junta de manejo de plagas de las fuerzas armadas de Estados Unidos (http://www.afpmb.org/).

Clasificación taxonómica del género *Culex*

La clasificación actual de *Culex* comprende 769 especies válidas y veintiséis subgéneros, trece de los cuales ocurren en la región neotropical (Harbach, 2011, 2015). Para los subgéneros con mayor número de especies se ha utilizado un sistema jerárquico con categorías informales como grupos, subgrupos, series, secciones y complejos, con el fin de facilitar el estudio de las especies.

La clasificación de *Culex* está basada principalmente en estudios morfológicos, con especial importancia en los caracteres de la genitalia masculina. Las relaciones evolutivas del género han sido abordadas por algunos autores con el objetivo de refinar los esquemas de clasificación existentes (Miller *et al*., 1996; Navarro and Liria, 2000; Navarro and Weaver, 2004; Vesgueiro *et al*., 2011; Demari-Silva *et al*., 2011; Harbach *et al*., 2012). Así, a partir de estos aportes, es posible decir que *Culex* no corresponde con un grupo monofilético (Harbach, 2007), y que los

estudios existentes hasta la fecha son insuficientes para resolver las relaciones entre sus numerosas especies, subgéneros y categorías subgenéricas informales.

Según Harbach (2007), la mayoría de los subgéneros reconocidos para el género *Culex* son monofiléticos, aun cuando estudios de revisión taxonómica detallados para dichos taxa son escasos (Berlin y Belkin, 1980, Sallum y Forattini, 1996, Valencia, 1973, Harbach 2007, 2012, Harbach *et al*., 2012, Linthicum, 2012). La revisión de Harbach (2011) presenta el esquema actual de clasificación del género, incluyendo listas actualizadas de las especies incluidas en los diferentes subgéneros y la literatura correspondiente para cada grupo.

Subgéneros de *Culex*

El género *Culex* está dividido en 26 subgéneros con distribución muy variada, las especies de este género ocurren en todas las regiones geográficas del planeta, desde los trópicos hasta las regiones templadas pero sin extenderse hasta las latitudes extremas del norte (Dyar, 1928; Lane, 1953; Bram, 1967; Forattini, 2002; Harbach, 2011).

Los subgéneros de *Culex* son: *Acalleomyia, Acallyntrum, Aedinus, Afroculex, Allimanta, Anoedioporpa, Barraudius, Belkinomyia, Carrollia, Culex, Culiciomyia, Eumelanomyia, Kitzmilleria, Lasiosiphon, Lophoceraomyia, Maillotia, Melanoconion, Micraedes, Neoculex, Nycaromyia, Oculeomyia, Phenacomyia, Phytotelmatomyia, Sirivanakarnius*. Trece de estos subgéneros ocurren en el Neotrópico (Forattini, 2002; Harbach, 2011).

RESULTADOS

Culex en Colombia

En Colombia el estudio relacionado con mosquitos del género *Culex* es incipiente, carente de estudios específicos que contemplen la diversidad y distribución del género en el país. Los primeros inventarios de mosquitos Culicidae que fueron publicados por autores norteamericanos (Dyar, 1928; Lane 1953; Forattini, 1965a,b; Knight y Stone, 1977; Heineman y Belkin, 1978) incluyeron especies colectadas en regiones colombianas, y por tanto, estos autores son fuente de información fundamental para conocer la diversidad del grupo. Los primeros inventarios de especies de la familia Culicidae que se publicaron en el país corresponden a los trabajos de Komp (1936, 1956), Patiño (1937), Boshell-Manrique (1938) y Bates (1943), la mayoría de los cuales corresponden principalmente con estudios de fiebre amarilla y sus vectores en diferentes áreas geográficas de Colombia.

Otras contribuciones de mayor porte son las de Barreto-Reyes (1955), quien incluyó 42 especies del género *Culex*. Similarmente, el estudio de Barreto & Lee (1969) incluía 34 especies del género, algunos de los cuales correspondían con nuevos registros para la época. Recientemente, la lista publicada por Rozo-López y Mengual (2015) incluye 324 especies de Culicidae conocidas para Colombia, de las cuales 105 corresponden con especies del género *Culex*.

Estudios más recientes han contribuido con información para *Culex* en condiciones de laboratorio (García *et al*., 2006), y en áreas rurales o silvestres del país. El estudio de Parra-Henao y Suarez (2012) trata sobre la fauna de Culicidae del Urabá antioqueño, Barajas *et al*. (2013) presentan información sobre culícidos de municipios de Antioquia y Caldas, y Zuluaga *et al*. (2012) estudiaron dípteros de importancia médica en zonas de influencia de hidroeléctricas en Antioquia, entre éstos mosquitos Culicidae. De forma complementaria, investigaciones realizadas en focos de transmisión del virus de la encefalitis equina venezolana, en regiones colombianas como La Guajira, Santander y Valle del Magdalena medio, han hecho aportes importantes sobre el papel de las especies de *Culex* del subgénero *Melanoconion* en la transmisión de diferentes subtipos del virus de la encefalitis equina venezolana (Rivas *et al*., 1997, Ferro *et al*., 2003, 2008).

El aporte de Barajas (2013) incluye un estudio taxonómico y de distribución significativo para especies de *Culex* de la región andina colombiana. En este trabajo se listan 17 especies y 5 subgéneros que ocurren en diferentes localidades del país, destacando distintos rangos altitudinales en los que se colectaron especies, así como los tipos de criaderos encontrados para las mismas.

La especie mejor conocida del género corresponde con *Culex* (*Culex*) *quinquefasciatus*, por tratarse de una especie cosmopolita asociada a ambientes urbanos que alcanza altas densidades poblacionales y ha sido previamente señalada como de importancia en salud pública. Sobre *Cx. quinquefasciatus* existe información abordando temas comportamentales (Garcia *et al.*, 2006; Rojas, *et al.*, 2010; González *et al*., 2007; Hernandez *et al.*, 2007; Noriega, 2009; Garcia *et al*., 2010), biológicos (Salazar y Moncada, 2004; Henríquez y Gómez, 2009; Rojas-Mogollón *et al.*, 2013) y principalmente de resistencia a insecticidas y estrategias de control (Giraldo-Calderón *et al.*, 2008; Gonzalez *et al*., 2007; Morales y Quiñones, 2007; Rocha *et al.*, 2009).

Como producto de la revisión bibliográfica realizada, es posible afirmar que en Colombia existen registros de 9 subgéneros y 106 especies del género *Culex*, que ocurren en gran parte del país, y que constituyen insectos de gran interés biológico y epidemiológico. Las contribuciones recientes sobre este grupo de mosquitos son un punto de partida importante para que estudiantes y profesionales del área de la entomología médica continúen generando conocimiento sobre mosquitos *Culex.*

REFERENCIAS

Andreadis, T.G. 2012. The Contribution of *Culex pipiens* Complex Mosquitoes to Transmission and Persistence of West Nile virus in North America. Journal of the American Mosquito Control Association 28(s): 137-151.

Barajas, J. 2013. Mosquitos del género *Culex* (Diptera: Culicidae) en estratos altitudinales de la región andina de Colombia. Trabajo de tesis de Maestría. Universidad de Antioquia. 147 pp.

Barajas, J., Suaza, J. D., Torres, C., Rúa, G. L., Uribe-Soto, S. & Porter, C. H. 2013. Mosquitos (Diptera: Culicidae) asociados a guadua en los municipios de Anserma, Hispania y Jardín, Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 39: 132-140.

Barreto, P. 1955. Lista de mosquitos de Colombia, S.A. (Diptera, Culicidae). Revista Anales de la Sociedad de Biología, Bogotá. 7: 46-94.

Barreto, P. & Lee, V. H. 1969. Artrópodos hematófagos del río Raposo, Valle, Colombia. II-Culicidae. Caldasia, 10: 408-440.

Bates, M. 1943. Mosquitoes as Vectors of Dermatobia in Eastern Colombia. Annals of the Entomological Society of America, 36: 21-24.

Berlin, O. G. & Belkin. J. 1980. Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXVI. Subgenera *Aedinus*, *Tinolestes* and *Anoedioporpa* of *Culex*. Contributions of the American Entomological Institute, 17: 1- 104.

Bram, R. A. 1967. Classification of *Culex* subgenus *Culex* in the New World (Diptera: Culicidae). Proceedings of the United States National Museum, 120(3557): 1-122, illus.

Brito, A. C., Williams P., Fontes G. & Rocha E. M. M. 1997. A comparison of two brazilian populations of *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) from Endemic and non-endemic Areas to infection with *Wuchereria bancrofti* (Cobbold, 1877). Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 92: 33-36.

Boshell-Manrique, J. 1938. Informe sobre la fiebre amarilla silvestre en la región del Meta, desde julio de 1934 hasta diciembre de 1936. Revista de la Facultad de Medicina. Bogotá, 6:407-427.

Dean, M. 2001. Lymphatic Filariasis. The quest to eliminate a 4000-year-old disease. Health & Development International and Glaxo SmithKline. 111.

Demari-Silva, B., Vesgueiro, F. T., Sallum, M. A. & Marrelli, M. T. 2011. Taxonomic and phylogenetic relationships between species of the genus *Culex* (Diptera: Culicidae) from Brazil inferred from the Cytochrome C Oxidase I mitochondrial gene. Journal of Medical Entomology, 48: 272-279.

Diaz, L. A., Ré, V., Almirón, W. R., Farías, A., Vásquez, A., Sanchez-Seco, M. P., Aguilar, J., Spinsanti, L., Konigheim, B., Visintin, A., García, J., Morales, M. A., Tenorio, A. & Contigiani, M. 2006. Genotype III Saint Louis Encephalitis Virus, Argentina. Emerging Infectious Diseases, 12:1752-1754.

DYAR, H. G. 1928. The mosquitoes of the Americas. Carnegie Institute of Washington. Publication No. 387: v, 1-616.

Ferro, C., Boshell, J., Moncayo, A. C., Gonzalez, M., Ahumada, M. L., KANG, W. & WEAVER, S. C. 2003. Natural enzootic vectors of venezuelan equine encephalitis virus, Magdalena Valley, Colombia. Emerging Infectious Diseases, 9: 49-54.

Ferro M. C, Olano V. A, Ahumada M., Weaver, S. 2008. Mosquitos (Diptera: Culicidae) en el caserío de Chingalé, Santander, donde se registró un caso humano de Encefalitis Equina Venezolana. Biomédica, 28:234 - 244.

Forattini O. P. 1965a. Entomologia Médica, Culicini: *Culex*, *Aedes* e *Psorophora*. Editora Universidade de São Paulo, EDUSP, Vol. 2, 506 pp.

Forattini O. P. 1965b. Entomologia Médica. *Culicini*: *Haemagogus*, *Mansonia*, *Culiseta*. *Sabethini*, *Toxorhynchitini*. Arboviroses. Editora Universidade de São Paulo. Vol. 3, 416 pp.

Forattini O. P. & Massad, E. 1998. Culicidae Vectors and anthropic changes in a Southern Brazil Natural Ecosystem. Ecosystem Health, 4:9-19.

Forattini O. P. 2002. Culicidologia Médica. São Paulo- Brasil. Editora Universidade de São Paulo, EDUSP, Vol. 1, 860 pp.

García, C., Londoño, Y., Moncada, L., Cárdenas, E. & Escovar, J. 2006. Estudio de adaptación del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) a tres diferentes pisos térmicos Cundinamarqueses. XXXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. Resúmenes.

Giraldo-Calderón, G. I., Pérez, M. Morales, C. A. & Ocampo, C. B. 2008. Evaluación del triflumurón y la mezcla de *Bacillus thuringiensis* más *Bacillus sphaericus* para el control de las formas inmaduras de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en sumideros en Cali, Colombia. Biomédica. 28:224-233.

García. C., Escovar, J., Londoño, Y. & Moncada, A. L. 2010. Altitud y tablas de vida de poblaciones de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Cucilidae). Revista Colombiana de Entomología. 36: 62-67.

Goddard, L., Roth, A., Reisen, W. & Scott, T. 2002. Vector competence of California mosquitoes for West Nile virus. Emerging Infectious Diseases, 8:1385-91.

González, R., Gamboa, F., Perafán, O., Suárez, M. F. & Montoya, L. J. 2007. Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 33: 148-156.

HARBACH, R. E. 2007. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. Zootaxa 1668: 591-638.

Harbach, R. E. 2011. Classification within the Cosmopolitan genus *Culex* (Diptera: Culicidae): The foundation for molecular systematics and phylogenetics research, Review. Acta Tropica, 120: 1-14.

Harbach, R. E. 2015. Mosquito Taxonomic Inventory, http://mosquito-taxonomic-inventory.info/, acceso en mayo - junio 2015.

Harbach, R. & Kitching, I. J. 1998. Phylogeny and classification of Culicidae. Systematic Entomology, 23: 327-370.

Harbach, R. E., Kitching, I. J., Culverwell, C. L., Dubois, J. & Linton, Y. M. 2012. Phylogeny of mosquitoes of tribe Culicini (Diptera: Culicidae) based on morphological diversity. Zoologica Scripta, 41: 499-514.

Heinemann, S. J. & Belkin, J. N. 1978. Collection records of the project "Mosquitoes of Middle America". 12. Colombia (COA, COB, COL, COM). Mosquito Systematics. 10: 493-539.

Hernández, G. E., Rojas, M. A., Quiñones, M. L. & Moncada, L. I. 2007. Variación de la densidad de larvas de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) en criaderos del sur de Bogotá. Biomédicas. Asociación Colombiana de Parasitología y Medicina Tropical. Resumen. 27 (2).

Henríquez, B. J. & Gómez, M. A. 2009. Reconocimiento de hemocitos en hemolinfa de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) del humedal Neuta (Soacha, Cundinamarca). XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. Resúmenes.

Knight, K. L. & Stone, A. 1977. A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). 2nd edition. Thomas Say Found. Annals of the Entomological Society of America. 6: xi-611.

Komp, W. H. W. 1936. An annotated list of the mosquitoes found in the vicinity of an endemic focus of yellow fever in the Republic of Colombia. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 38: 58-70.

KOMP, W. H. W. 1956. Notes on Mosquitoes from an area of endemic yellow fever in Colombia. Entomological Society of Washington. Vol. 58:37 - 42.

LANE, J. 1953. Neotropical Culicidae. Volume I. University of São Paulo, São Paulo. 1112.

Linthicum, K. J. 2012. Summary of the Symposium Global Perspective on the *Culex pipiens* Complex in the 21st Century: The Interrelationship of *Culex pipiens*, *quinquefasciatus*, *molestus* and Others. The American Mosquito Control Association, 28: 152-155.

Ludwig, G. & TSAI, T. 1997. Epidemic Venezuelan equine encephalitis in La Guajira, Colombia, 1995. Journal of Infectious Diseases. 175: 828-832.

Lukacik, G, Anand, M.; Shusas, E. J.; Howard, J. J.; Oliver, J; Chen, H.; Backenson, P. B.; Kauffman, E. B.; Bernard, K. A.; Kramer, L. D. & White, D. J. 2006. West Nile Virus surveillance in mosquitoes in New York State, 2000-2004. Journal American Mosquito Control Associatión. 22: 264-71.

Mesa, F. A., Cárdenas, J. A. & Villamil, L. C. 2005. Las encefalitis equinas en la salud pública. Universidad Nacional de Colombia, 1-116.

Morales, J. & Quiñones, M. L. 2007. Evaluación de la resistencia a insecticidas piretroides en *Culex quinquefasciatus*, al sur de Bogotá. Biomédicas. 27 (2).

Miller, B. R., Crabtree, M. B. & Savage, H. M. 1996. Phylogenetic on fourteen *Culex* mosquito species, including the *Culex pipiens* complex, inferred from the internal transcribed spacers of ribosomal DNA. Insect Molecular Biology. 5: 93-107.

Navarro, J. C. & Liria, J. 2000. Phylogenetic relationships among eighteen Neotropical Culicini species. Journal of American Control Association. 16, 75-85.

Navarro J. C. & Weaver S. C. 2004. Molecular Phylogeny of the Vomerifer and Pedroi Groups in the Spissipes Section of the Subgenus *Culex* (*Melanoconion*). Journal of Medical Entomoly, 41: 575-581.

Noriega, J. A. 2009. Dinámica poblacional y ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) en condiciones experimentales. SOCOLEN. XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Resúmenes.

Parra-Henao, G. J. & SUÁREZ, L. 2012. Mosquitos (Díptera: Culicidae) vectores potenciales de arbovirus en la región de Urabá, noroccidente de Colombia. Biomédica. 32: 252-262.

Patiño, L. 1937. Notas sobre fiebre amarilla en Colombia. Revista de la Facultad de Medicina. Vol. 6(5): 211- 281.

Rivas, F.; Díaz, L.; Cárdenas, V.; Daza, E.; Bruzón, L.; Alcalá, A.; De La Hoz, O.; Caceres, F. M.; Aristizabal, G.; Martinez, J. W.; Revelo, D.; De La Hoz, F.; BOSHELL, J.; Camacho, T.; Calderon, L.; Olano, V. A.; Villarreal, L. I.; Roselli, D.; Alvarez, G.; Ludwig, G. & Tsai, T. 1997. Epidemic Venezuelan equine encephalitis in La Guajira, Colombia, 1995. Journal of Infections Diseases. 175: 828-832.

Rocha, R. L., Torres. C., Correa, M. M. & Vélez, I. D. 2009. Evaluación preliminar en laboratorio sobre la efectividad de microorganismos de tecnología probiótica para el control de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), una nueva alternativa para el control biológico. Biomédicas. 29(1).

Rojas, M., Hernández, G., Moncada, L., Quiñones. M. L. & Rentería, L. 2010. Population dynamics of *Culex quinquefasciatus* in Bogotá Colombia. American Mosquito Control Association memories. Resumen. 16.

Rojas-Mogollón, M. A., Hernández-Neuta, G. E., Moncada, L. I., Quiñones, M. L. & Renteria-Ledezma L. 2013. Actividad de picadura de *Culex quinquefasciatus* (Say, 1863) en Bogotá, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina, 61:261-266.

Rozo-Lopez P & Mengual X. 2015. Updated list of the Mosquitoes of Colombia (Díptera: Culicidae). Biodiversity Data Journal 3: e4567.

Salazar, M. J. & Moncada, L. I. 2004. Ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* Say, 1826 (Diptera: Culicidae) bajo condiciones no controladas en Bogotá. Biomédica. 24 (4): 385-392.

Sallum, M. A. M. & Forattini, O. P. 1996. Revision of the *Spissipes* Section of *Culex* (*Melanoconion*) (Diptera: Culicidae). Journal of American Mosquito Control Association. 12: 517-600.

Turell Mj, Dohm Dj, Sardelis Mr, O`Guinn, Ml, Andreadis Tg & Blow JA. 2005. An Update on the potential of North American Mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile Virus. Journal of Medical Entomology. 42(1): 57 -62.

Valencia, J. D. 1973. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXXI. A revision of the subgenus Carollia of *Culex*. Contributions of the American Entomological Institute. 9: 1-134.

Vesgueiro, F. T., Demari-Silva, B., Malafronte, R. D. S., Sallum, M. A. M. & Marrelli, M. T. 2011. Intragenomic variation in the second internal transcribed spacer of the ribosomal DNA of species of the genera *Culex* and *Lutzia* (Diptera: Culicidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 108:1-8.

Zuluaga, W. A.; López, Y. L.; Osorio, L.; Salazar, L. F.; González, M. C.; Ríos, C. M.; Wolff, M. I. & Escobar, J. P. 2012. Vigilancia de insectos de importancia en salud pública durante la construcción de los proyectos hidroeléctricos Porce II y Porce III, Antioquia, Colombia, 1990-2009. Biomédica, 32: 321-331.

EXPERIENCIAS DE UN GRUPO COLOMBIANO EN EL ESTUDIO DE MOSQUITOS DEL GÉNERO *Anopheles*

Margarita M. Correa

Grupo de Microbiologia Molecular, Escuela de Microbiologia,
Universidad de Antioquia, Medellin, Colombia - margaritcorrea@gmail.com

Resumen. Este manuscrito pretende hacer un recuento del trabajo realizado por la línea de Biología de vectores de malaria del grupo de investigación Microbiologia Molecular. En él se busca plasmar como con nuestro trabajo pretendemos contribuir al entendimiento de la dinámica de transmisión de malaria en nuestro país. Nuestro objetivo final es que este conocimiento contribuya al diseño, implementación y monitoreo de medidas integradas y selectivas de control vectorial, para el control de la malaria.

Palabras claves: *Anopheles*, mtDNA-*COI*, Código de barras de ADN, Colombia, marcador molecular, vectores de malaria, *Plasmodium*.

INTRODUCCIÓN

La malaria es un importante problema se salud publica en Colombia, donde, en las últimas décadas se ha registrado un promedio de 100.000 casos anuales, y aunque en los últimos años el número de casos reportados disminuyó (INS 2013, 2014, WHO 2014), se considera que existe un gran subregistro de casos (Chaparro *et al.*, 2009). De las regiones epidemiológicas en el país, El Urabá-Bajo Cauca y Alto Sinú (UCS), que comprenden los Departamentos de Antioquia y Córdoba, es la que reporta el mayor número de casos, seguida de la Costa Pacífica (PAC), con aproximadamente el 60% y 30%, respectivamente (INS, 2010, 2011, 2012, 2013).

La malaria es una enfermedad causada por parásitos del género *Plasmodium* que son transmitidos por la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles* (WHO 2014). En Colombia se ha reportado la presencia de cerca de 47 especies de *Anopheles* (González & Carrejo, 2009), de las cuales tres son reconocidas como vectores principales, *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* Wiedemann, *Anopheles (Nys.) darlingi* Root y *Anopheles (Nys.) nuneztovari* Gabaldón. En trabajos recientes de nuestro grupo, estas especies han sido detectadas con infección natural por *Plasmodium* spp. (Gutiérrez *et al*., 2008, 2009ª; Naranjo-Díaz *et al.*, 2013, 2014).

Según registros previos, las especies que constituyen vectores de importancia local, son *Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis* Theobald, *Anopheles (Ano.) punctimacula* Dyar&Knab, *Anopheles (Kertezsia) neivai* Howard, Dyar & Knab y *Anopheles (Ker.) lepidotus* Zavortink (Olano *et al*., 2001). Trabajos posteriores reportaron la infección natural por *Plasmodium* spp. en varias especies, como: *Anopheles (Nys.) rangeli* Gabaldón y *Anopheles (Nys.) oswaldoi* Peryassu y *Anopheles (Nys.) benarrochi* B, al sur de Colombia (Orjuela *et al.*,

2013, Quiñones *et al*., 2006) y *Anopheles* (*Ker.*) *neiva* en la región Pacifica (Gutiérrez *et al*,. 2008); *Anopheles triannulatus* Neiva & Pinto y *Anopheles calderoni* Wilkerson, en Antioquia y Nariño, respectivamente (Naranjo-Díaz *et al*., 2013; Rosero *et al.,* 2013; Naranjo-Díaz *et al.,* 2014); por lo que es relevante conocer la importancia

epidemiológica de estas especies en las regiones endémicas para malaria de nuestro país (Naranjo-Díaz *et al.,* 2013, 2014; Rosero *et al*., 2013).

En trabajos de incriminación vectorial, es importante considerar que no todas las especies de *Anopheles* transmiten los parásitos causantes de la malaria (Olano *et al*., 2001), y que el estatus taxonómico de algunas especies aún debe ser definido (Gómez *et al*., 2013, 2015); ello permitirá aplicar medidas de control vectorial selectivas y eficaces. Por ello, nuestro grupo ha realizado estudios para determinar cuáles son las especies presentes en áreas endémicas y su papel en la transmisión de la malaria, a nivel local o regional. Se evalúan factores de riesgo entomológico y la infección natural de los mosquitos *Anopheles* por parásitos del género *Plasmodium*. Para ello se utilizan pruebas como el Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA, Enzyme-LinkedImmunosorbentAssay,) y la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) (Gutiérrez *et al*., 2008, 2009ª; Naranjo-Díaz *et al.,* 2013, 2014; Rosero *et al*., 2013).

La identificación correcta de las especies es esencial para determinar aquellas involucradas en la transmisión. Sin embargo, la discriminación de algunas especies se complica por la similitud morfológica inter-especie, variación intra-específica y la existencia de complejos de especie (Cienfuegos *et al*., 2008, 2011; Gómez *et al*., 2010, 2013, 2015). Por lo tanto, en nuestro grupo también se ha trabajado en el diseño e implementación de metodologías moleculares para la identificación precisa de los especímenes. Entre estas, una estrategia basada en la PCR y el Polimorfismo de la Longitud de los Fragmentos de Restricción (PCR-RFLP) (Zapata *et al*., 2007; Cienfuegos *et al*., 2008, 2011), en la cual se amplifica el Espaciador Interno Transcrito 2 (ITS2).

Dos fragmentos del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa, subunidad I (*COI*) son utilizados con frecuencia en nuestros estudios de taxonomía y filogenia (Gutiérrez *et al.,* 2009b; Jaramillo *et al.,* 2011; Rosero *et al.,* 2012; Gómez *et al.,* 2013). Uno de aproximadamente 1,300 pares de bases (bp), 3'*COI* (Lunt *et al.,* 1996), y otro de 658 bp 5'*COI*, denominado código de barras de ADN (Hebert *et al.,* 2003); este último es de gran utilidad para la correcta asignación de especies y ha contribuido al desarrollo de estudios sobre la distribución y composición de las especies de *Anopheles*, para evaluar su variabilidad genética y su papel en la transmisión en zonas endémicas para malaria (Gómez *et al.,* 2013; Gutiérrez *et al.,* 2008, 2009ª; Naranjo-Díaz *et al.,* 2013, 2014; Rosero *et al.,* 2013).

Adicionalmente, el uso demarcadores y técnicas moleculares, ha contribuido al esclarecimiento del estatus taxonómico de especies *Anopheles*, y a evaluar la variabilidad genética, estructura poblacional y filogenia de vectores de malaria, reconocidos o potenciales, de Colombia (Gutiérrez *et al.,* 2009b, 2010; Jaramillo et al., 2011; Gómez *et al.,* 2013, 2014, 2015). También

en nuestro grupo se han utilizado metodologías como la morfometría tradicional (Gómez *et al.*, 2010) y específicamente, la morfometría geométrica alar se utilizó recientemente para analizar la variabilidad, a nivel micro y macroevolutivo, de especies del género *Anopheles* y, el efecto de algunas variables ambientales sobre la forma alar (Gómez *et al*., 2013, 2014, 2015). Trabajo reciente, se ha enfocado en conocer la ecología de los vectores de malaria en Colombia y como los cambios ambientales influyen en la composición, distribución de las especies de *Anopheles* y sobre variables de riesgo entomológico. Se modela el nicho ecológico de vectores principales de Colombia y se identifican las relaciones entre variables ambientales y la ocurrencia de las especies para generar mapas de distribución y con ellos predecir en qué áreas geográficas se esperaría encontrarlas. Estos mapas de distribución de especies vectoras son de gran importancia desde la perspectiva de salud pública, ya que entre otros, permiten identificar regiones con mayor riesgo de transmisión en función de su riqueza de especies.

En este manuscrito se pretende plasmar un recuento del trabajo realizado por nuestro grupo con relación a los de mosquitos del género *Anopheles* y principalmente, a los vectores de malaria. Con nuestro trabajo se ha pretendido contribuir al entendimiento de la dinámica de transmisión de malaria en nuestro país, para el diseño de medidas selectivas y eficaces de control vectorial. Al mismo tiempo, se ha propiciado la formación en investigación de profesionales, estudiantes de pregrado y posgrado, y la colaboración con otros grupos y entidades de carácter nacional e internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de estudio

La mayoría de nuestros trabajos se ha realizado con especímenes colectados en localidades de las regiones más endémicas para la malaria del país, como son la región del Urabá, Bajo Cauca y Alto Sinú (UCS), que comprende parte de los Departamentos de Antioquia y Córdoba y reporta el más alto número de casos del país y la región Pacífica (PAC), que es la segunda en número de casos reportados (Zapata *et al.*, 2007; Cienfuegos *et al.*, 2008, Naranjo-Díaz, 2011). Sin embargo, algunos estudios se han realizado en otras regiones del país, como el norte, noreste y sur de Colombia (Gómez *et al.*, 2013, 2014, 2015; Rosero *et al.*, 2013).

Recolección y procesamiento de especímenes

Dependiendo del objetivo de cada trabajo, los especímenes se recolectan utilizando varias estrategias. Para estudios de comportamiento e incriminación vectorial se utiliza cebo humano, bajo protocolo y consentimiento informado aprobado por un comité de bioética de la institución (Universidad de Antioquia). Además, se realiza una búsqueda activa de mosquitos en reposo en el intradomicilio, en corrales de animales y en la vegetación del peridomicilio y en ocasiones se han usado trampas. En general, los mosquitos se recolectan entre las 18:00 y 24:00 horas; el número de días de colecta en cada una de las localidades depende de la objetivo del trabajo. En trabajos en que se ha buscado establecer el comportamiento de picadura de una especie, se evalúa

su comportamiento durante toda la noche, por lo que se realiza un nictameral, de las 18:00-6:00 horas. Los especímenes son almacenados individualmente en sílica gel para su preservación. La identificación de los especímenes se realiza siguiendo claves taxonómicas (González y Carrejo, 2009) y en algunos casos se complementa con las descripciones morfológicas propias de la especie. Posteriormente, se disectan; las alasy una de las patas posteriores son montadas entre lámina y lamilla para los estudios de morfometría o para un porcentaje de especímenes por especie, como soporte a la identificación morfológica. La cabeza y el tórax se utilizan para determinar infección por el parásito con la prueba de ELISA. Los abdómenes, las patas y alas de los especímenes restantes se preservan en etanol al 95% para la extracción del ADN y análisis moleculares posteriores.

Confirmación de especie y análisis moleculares. Para los diferentes análisis moleculares se extrae el ADNa partir de los abdómenes de los especímenes usando un método de precipitación salina optimizado en nuestro laboratorio (Rosero et al., 2010). Para la confirmación molecular de especie, se amplifica la región ITS2 a partir del ADN extraído o se puede utilizar una pata del espécimen que se agrega directamente a la reacción de amplificación. Se utilizan los cebadores y las condiciones de PCR y RFLP previamente descritas (Zapata *et al.,* 2007; Cienfuegos *et al.,* 2008, 2011).

La amplificación del fragmento *COI*-código de barrase se realiza utilizando los cebadores universales LCO y HCO (Folmer, 1994), y las condiciones previamente estandarizadas (Gómez et al., 2013, 2014, 2015) y el fragmento 3'*COI* se amplifica usando los cebadores UEA3 and UEA10 (Lunt *et al*., 1996) y condiciones previamente descritas (Gutiérrez *et al.,* 2009b, 2010; Jaramillo *et al.,* 2011; Rosero *et al.,* 2012). Los productos de PCR se envían a secuenciar en ambas direcciones. Luego se realiza la edición y alineamiento de las secuencias usando un software bioinformático. Se evalúa la similitud de las secuencias consenso con las reportadas en GenBank mediante un BLAST (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi), y en la base de datos del Consorcio Código de Barras (http://www.boldsystems.org). Los datos se analizan según el objetivo proyectado en cada trabajo descritas (Gómez *et al*., 2013, 2014, 2015; Gutiérrez *et al.,* 2009b, 2010; Jaramillo *et al*., 2011; Rosero *et al*., 2012).

Detección de especímenes con infección natural por *Plasmodium* spp. En nuestro trabajo, la ELISA se utiliza como prueba de tamizaje, permitiendo evaluar infección por *Plasmodium* spp. en un alto número de especímenes por procedimiento, dado que se procesan los mosquitos en mezclas. La metodología se estandarizó previamente (Gutiérrez *et al.,* 2008, 2009a; Naranjo-Díaz *et al.,* 2013, 2014; Rosero *et al.,* 2013), y a continuación se describe brevemente. La cabeza y el tórax de cinco mosquitos de la misma especie y lugar son macerados y procesados en cada pozo del plato de ELISA. Se detecta la proteína del circumesporozoito (CSP) en los macerados, utilizando anticuerpos monoclonales específicos para cada especie del parásito, *P. falciparum* and *P. vivax* variantes VK210 y VK247, los que se evalúan en platos separados. Los controles positivos y anticuerpos son adquiridos del Centro para el Control y la Prevención de

Enfermedades (CDC, Atlanta, USA). Los controles negativos son mosquitos de colonia. La lectura de la prueba se realiza por la observación de una reacción colorimétrica que es cuantificada por densitometría, a una absorbancia de 405 nm, en un lector de microplatos de ELISA. Se calcula el punto de corte, equivalente a dos veces la media de las absorbancias de siete controles negativos, ubicados contiguamente en cada plato. Las muestras cuyos valores de absorbancia sean iguales o por encima del punto de corte, son evaluadas en una segunda ELISA y PCR para confirmación del.

Confirmación de la infección por PCR. Con el fin de confirmar los resultados de la ELISA y conocer cuál es el mosquito(s) infectado(s) en las mezclas, se utiliza una PCR anidada usando como molde el ADN del abdomen de cada uno de los especímenes de dicha mezcla. La metodología se estandarizó previamente (Gutiérrez *et al.,* 2008, 2009a; Naranjo-Díaz *et al.,* 2013, 2014; Rosero *et al.,* 2013), y a continuación se describe brevemente. Se utilizan cebadores dirigidos al ADN que codifica para la subunidad ribosomal pequeña del parásito, los cuales detectan *Plasmodium* spp.; en una PCR adicional se puede definir la especie de *Plasmodium*. Los productos de la PCR se corren y son visualizados en un gel de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio (5 µg/mL). Además, recientemente se implementó o una PCR basada en el gen mitocondrial que codifica para el citocromo b (Citb) del parásito; la prueba detecta un polimorfismo específico de especie que permite discriminar entre *P. falciparum*, *P. vivax, P. ovale* y *P. malariae* (Hasan *et al.,* 2011).

La tasa de infectividad se calcula teniendo en cuenta el número de especímenes infectados dividido por el total de analizados de la misma especie por localidad y se calculan los intervalos de confianza de la proporción de mosquitos infectados asumiendo una distribución binomial previamente (Rosero *et al.,* 2013).

Morfometría geométrica alar. Los análisis se realizaron, a nivel micro y macroevolutivo, A nivel microevolutivo, se utilizó como modelo la especie *An. albimanus*. Se caracterizó la conformación y tamaño del ala de hembras *An. albimanus* de poblaciones de la región

Caribe y Pacífica de Colombia mediante morfometría geométrica. Los datos obtenidos se relacionaron con variables ambientales, como temperatura, humedad, precipitación y altitud. Además, se analizó la variación genética y fenotípica de *An. albimanus* mediante el análisis de marcadores microsatélites y forma alar (Gomez *et al*., 2014).

A nivel macroevolutivo, se usaron dos modelos. Para las especies del Complejo Albitarsis de Colombia, las cuales fueron identificadas mediante marcadores moleculares (*COI*, gen White, ITS2), se evaluó el potencial de la morfometría geométrica para discriminar los linajes del Complejo Albitarsis encontrados en Colombia (Gomez *et al.,* 2013). Adicionalmente, se evaluó la divergencia molecular de las morfoespecies de la Serie Arribalzagia *Anopheles punctimacula* s.l., *Anopheles calderoni*, *Anopheles malefactor*, *Anopheles neomaculipalpus*, *Anopheles*

apicimacula s.l., *Anopheles mattogrossensis* y *Anopheles peryassui* usando el marcador mitocondrial *COI*- código de barras y el marcador nuclear ITS2 (Gomez *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La correcta identificación de las especies anofelinas es esencial para su incriminación en la transmisión de la malaria; aspecto que es importante para el diseño y monitoreo de las medidas de control vectorial efectivas y dirigidas a aquellas especies involucradas en la transmisión (WHO 2014). También se debe asegurar una correcta identificación para la realización de los diferentes estudios de especies vectoras. Por ello, en nuestro trabajo, seleccionamos como marcador molecular diferenciador de especies la región ITS2 del DNA ribosomal, que se caracteriza por ser altamente conservada a nivel intra-especie, pero permite la diferenciación inter-especie. Ello hizo posible el desarrollo de una estrategia de PCR-RFLP para la confirmación de la especie de especímenes que presentan problemas durante la identificación por morfología y para aquellos que no pueden ser identificados por que han sufrido daños durante la recolección o almacenamiento (Zapata *et al*. 2007; Cienfuegos *et al*. 2008, 2011).

En los años de trabajo con *Anopheles*, hemos evidenciado las dificultades para la identificación taxonómica de especie del Grupo Oswaldoi, como, *An. nuneztovari*, *An. rangeli*, *An. oswaldoi*, *Anopheles* (*Nys*) *benarrochi* Gabaldón, *Anopheles* (*Nys*.) *aquasalis* Curry y *Anopheles (Nys.) strodei* (Gómez *et al*., 2010; Cienfuegos *et al.*, 2008, 2011).Estas especies presentan problemas en su identificación debido al solapamiento morfológico en los caracteres de la hembra (Gómez *et al.* 2010),y con frecuencia sucede que algunos especímenes que por morfología son identificados como *An. oswaldoi*, *An. ralgeli* y *An. strodei*, por la PCR-RFLP-ITS2 son confirmados como *An. nuneztovari* (Zapata *et al.* 2007; Cienfuegos *et al.*, 2011; Gutiérrez *et al*., 2009). Por situaciones como esta, es que la PCR-RFLP-ITS2 se utiliza de rutina en nuestro laboratorio, para asegurar una correcta asignación de especie de los especímenes y garantizar la confiabilidad en los resultados de todos nuestros estudios. En la actualidad, se continúa trabajando en el desarrollo de la PCR-RFLP-ITS2, para aumentar su rango discriminatorio y que permita la confirmación de especies no incluidas en la estrategia original; es el caso de especies del Grupo informal Puctimacula, del subgénero *Anopheles*.

Adicionalmente, en los últimos años, hemos implementado la estrategia del Código de barras de ADN, propuesta por el Consorcio del Código de Barras de la Vida (CBOL), basada en un fragmento del *COI*, de aproximadamente 650 pb. Se ha procurado que este sea un sistema de identificación universal para las especies y ha demostrado utilidad para la discriminación de especies en varios géneros de mosquitos (Hebert*et al*. 2003). Utilizamos *COI*-código de barras para la confirmación de aquellas especies para las cuales no se ha definido aún un patrón de PCR-RFLP-ITS2. Se utilizó también para determinar la distribución de miembros del Complejo Albitarsis en varias localidades de Colombia. *COI* permitió detectar dos taxones moleculares, *An. albitarsis* I, en el noreste y noroeste y *An. albitarsis* F, en el este y noreste del país (Gómez *et al.*, 2013).

El fragmento *COI*-código de barras demostró utilidad para la identificación de especies del genero *Anopheles* (Gomez *et al*., 2013, 2015); sin embargo, el requerir de secuenciación, hace que se incremente el costo y sea un metodología de diagnóstico más difícil de realizar en muchos laboratorios que trabajan con mosquitos anofelinos. Implementar una estrategia de confirmación molecular sencilla y relativamente económica, como la PCR-RFLP, para que complemente la identificación morfológica de los especímenes, contribuirá a la realización de estudios sobre la distribución y composición de las especies, bionomía e incriminación vectorial, para esclarecer su papel en la transmisión de la malaria y diseñar medidas de control vectorial eficaces.

El marcador *COI* se ha usado en nuestro grupo en estudios de taxonomía y filogenia de *Anopheles* (Gutiérrez *et al*., 2010b; Jaramillo *et al*. 2011; Rosero *et al*., 2012; Gómez *et al*., 2013). El fragmento largo, 3'*COI*, permitió evidenciar una división entre poblaciones de *An. darlingi* de América Central y Sur América (Mirabello & Conn, 2006). El estudio realizado por nuestro grupo en *An. darlingi* del noroeste de Colombia , mostró que este es genéticamente más cercano a las poblaciones de América Central (Gutiérrez *et al*., 2010b); además, la diversidad haplotípica más alta de estos especímenes, sugirió que también eran más ancestrales que los de América Central. Un trabajo posterior realizado con *An. nuneztovari* de esta misma región, en el que también se utilizó 3'*COI*, indicó un alto flujo genético entre los especímenes de las localidades evaluadas y una historia demográfica común (Jaramillo *et al*., 2011). En *An. albimanus*, de Colombia, *COI* permitió evidenciar dos grupos de haplotipos correspondientes a cada una de las regiones, Caribe y Pacifica; los datos sugirieron que dos linajes maternos de *COI* invadieron estas regiones (Gutiérrez *et al*., 2009b). En un trabajo más reciente, se utilizó el mismo fragmento de *COI* para evaluar la estructura poblacional de *An. triannulatus* del noroeste y sureste de Colombia. Se encontró una marcada división genética entre los especímenes de las dos regiones y se definieron dos linajes evolutivos correspondientes a su ubicación geográfica, al noroeste y sureste de país; este resultado fue apoyado por el análisis concatenado de *COI* e ITS2 (Rosero et al. 2012). *Anopheles triannulatus* es una especie ampliamente distribuida en nuestro país (Olano *et al*. 2001) y constituye un Complejo de por lo menos tres especies que difieren en su participación en transmisión del parásito, *Anopheles triannulatus* s.s., *Anopheles halophylus* Silva-do-Nascimento & Lourenço-de-Oliveira 2002 y *Anopheles triannulatus* C C (Silva-do-Nascimento & Lourenço-de-Oliveira, 2002; Silva-do-Nascimento *et al*., 2006). En Colombia, no se ha demostrado la presencia de más de una especie de este complejo; solo la presencia de los dos linajes *COI* (Rosero *et al*., 2012). Todos estos estudios demuestran la utilidad del fragmento de 3'*COI* para realizar estudios de diversidad genética de los vectores primarios de Colombia y obtener información que puede ser utilizada para el control de la malaria. Por ejemplo, los resultados que muestran un alto flujo genético entre poblaciones de *An. darlingi* (Gutiérrez *et al.*, 2010) y *An. nuneztovari* (Jaramillo *et al.*, 2011), de Antioquia y Córdoba, noroeste de Colombia, indicaron que es posible aplicar estrategias de control vectorial integradas en esta región de Colombia, endémica para la malaria.

Nuestro trabajo además de aportar información sobre las especies de *Anopheles* de nuestro país, ha permitido la colaboración con grupos internacionales. Por ejemplo, un trabajo conjunto para describir la estructura genética de *An. triannulatus* de países Latinoamericanos que incluyen su distribución geográfica, permitió definir siete linajes *COI*; pero este marcador no pudo diferenciar entre las tres especies descritas para el complejo (Moreno *et al*., 2013).

Detección de especímenes con infección natural por *Plasmodium* spp. Durante los años que nuestro grupo ha realizado estudios para la incriminación de los vectores en áreas endémicas para malaria de Colombia, se ha logrado demostrar la infección natural por *Plasmodium* en varias especies de *Anopheles* y el estudio de parámetros de riesgo entomológico, ha sugerido su papel en la transmisión en estas regiones. En un trabajo realizado en las regiones Atlántica y Pacífica, se detectó a *An. albimanus* naturalmente infectado con *P. vivax* y *P. falciparum*, y *An. neivai* con *P. falciparum* en localidades de la región Pacífica (Gutiérrez *et al*., 2008). En un estudio posterior, realizado en Antioquia y Córdoba, se encontró que *An. nuneztovari* era la especie más abundante en las localidades evaluadas de Córdoba; este vector primario para Colombia, al igual que *An. darlingi* se detectaron infectado con *P. vivax*. En Antioquia la especie predominante mostró ser diferente para cada localidad; sin embargo, en este departamento no se detectaron especímenes infectados (Gutiérrez et al., 2009). En trabajos más recientes del grupo, los vectores primarios *An. darlingi* y *An. nuneztovari*, se detectaron nuevamente con infección natural por parásitos *Plasmodium* en localidades del noroeste y oeste del país, confirmando su importancia en la transmisión en estas regiones (Naranjo-Díaz *et al.*, 2013, 2014). Adicionalmente, dos especies, *An. triannulatus y An. calderoni* fueron detectadas con infección natural con *Plasmodium* en Antioquia y Nariño, respectivamente (Naranjo-Díaz *et al.*, 2013, 2014, Rosero *et al.*, 2013); sin embargo, aún no se conoce con exactitud su el papel en la transmisión. Se conoce que *An. calderoni* es considerado un vector de malaria en Perú (Gonzalez *et al.*, 2010) y *An. triannulatus* ha sido detectado infectado con *Plasmodium* en Brasil (De Oliveira-Ferreira *et al.*, 1990). Por ello, se recomienda la realización de trabajos dirigidos a conocer la importancia epidemiológica de estas dos especies en áreas endémicas de Colombia. Adicionalmente, teniendo en cuenta la importancia e implicaciones que tiene la detección de infección natural por *Plasmodium* para la incriminación de los vectores y el control vectorial selectivo; también, que son varias las dificultades que se presentan con las pruebas disponibles (revisado en Rosero *et al.*, 2013). Igualmente y para evitar reportar resultados falsos positivos, recomendamos que para definir como positiva la infección de un espécimen, el diagnostico se realice con el resultado de por lo menos dos pruebas positivas, sea ELISA y PCR anidada o PCR-*Cytb*.

Morfometría geométrica alar. En los análisis realizados con *An. albimanus*, se encontró un efecto significativo de factores ambientales en características de las alas y presencia de una metapoblación. En general, los resultados indicaron que las poblaciones colombianas de *An. albimanus* son fenotípicamente muy similares a nivel de conformación alar; hallazgos que concordaron con los resultados del análisis de marcadores microsatélites (Gómez *et al*., 2014). Durante la evaluación de la diferenciación genética y morfología alar de dos especies putativas del Complejo Albitarsis registradas en Colombia, se econtraron dos linajes mitocondriales, *An. albitarsis* I y *An. albitarsis* F.

Los análisis con marcadores nucleares y de conformación alar, no separaron claramente estos dos linajes evolutivos (Gómez *et al*., 2013). Por lo que estudios futuros deben incluir nuevas herramientas y estrategias para la confirmación del estatus de estos linajes mitocondriales y a definir su relevancia epidemiológica.

La utilización de marcadores moleculares en el estudio taxonómico de ejemplares de la Serie Arribalzagia de Colombia, permitió la definición de los linajes evolutivos, *An. apicimacula* s.l. y *An. malefactor* s.l. Se presenta la primera evidencia molecular de la confirmación de *An. malefactor* en Colombia y la posible existencia de dos unidades taxonómicas moleculares operacionales (Molecular Operational Taxonomic Units-MOTUs). Además, se detectaron dos MOTUs *An. apicimacula* muy diferenciados, y descritos anteriormente en Panamá (Gomez *et al.*, 2015). Se recomienda realizar estudios complementarios de tipo morfológico, para encontrar caracteres diagnósticos entre estos, o validarlos como linajes crípticos, y definir si existen diferencias biológicas entre ellos y su importancia epidemiológica.

Finalmente, este manuscrito solo aporta información breve sobre el trabajo realizado por algunos integrantes de la línea de vectores del grupo de Microbiologia Molecular. Se recomienda a los lectores, si desean obtener la información completa y detallada, leer los artículos publicados por los integrantes del grupo.

La realización de nuestros trabajos, además de aportar conocimiento, cumple con un objetivo muy importante que es la formación en investigación de profesionales, estudiantes de pregrado y posgrado. Y quizá no todos serán investigadores en un futuro, pero se espera que esta formación propicie en ellos por lo menos un pensamiento crítico e informado, con lo cual puedan tomar decisiones útiles en su vida y para su convivencia en sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los estudiantes, profesionales y colaboradores que han contribuido a la realización de los trabajos mencionados y los que no quedaron incluidos, no por que no sean importantes, si no por el enfoque y la magnitud. A las instituciones, nacionales e internacionales, que han otorgado financiación para la realización de estos trabajos, como: el Comité para el Desarrollo de la Investigación - CODI, Universidad de Antioquia, Colciencias, Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la Republica, Colombia; Gorgas Memorial Institute of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene y National Institutes of Health-United States of America (Grant No. R03-AI0767109).

REFERENCIAS

Chaparro, P., Soto, E., Padilla, J., & Vargas. 2012. Estimation of the underreporting of malaria measurement in ten municipalities of the Pacific coast of Nariño during 2009. Biomédica; 32, 29–37.

Cienfuegos, A.; Córdoba, L.; Gómez, G.; Luckhart, S.; Conn, J.; Correa, M. 2008. Diseño y evaluación de metodologías basadas en PCR-RFLP de ITS2 para la identificación molecular de mosquitos *Anopheles* spp. (Diptera: Culicidae) de la Costa Pacífica de Colombia. Revista Biomédica (Mex) 19 (1): 35-44.

Cienfuegos AV.; Naranjo N.; Luckhart S.; Conn JE.; Correa MM. 2011. Evaluation of a PCR-RFLP- ITS2 assay for discrimination of *Anopheles* species in northern and western Colombia. Acta Tropica 118(2): 128-35.

De Oliveira-Ferreira J.; Lourenco-De-Oliveira R.; Teva A.; Deane L. M.; Daniel-Ribeiro C. T. 1990. Natural malaria infections in anophelines in Rondˆonia state, Brazilian Amazon. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 43(1): 6–10.

Folmer O, B. M.; Hoeh, W.; Lutz, R.; Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology 3: 294-299.

Gómez, G. F.; Bickersmith, S. A.; González, R.; Conn, J. E.; Correa, M. M. 2015. Molecular Taxonomy Provides New Insights into *Anopheles* Species of the Neotropical *Arribalzagia* Series. PLoS ONE 10(3): e0119488. doi:10.1371/journal.pone.0119488

Gómez, G. F.; Márquez, E.; GUTIÉRREZ, L.; CONN, J. E.; CORREA, M. M. 2014. Geometric morphometric analysis of Colombian *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) reveals significant effect of environmental factors on wing traits and presence of a metapopulation. *Acta Tropica 135: 75-85*.

Gómez, G. F.; Jaramillo, L.; Correa, M.M. 2013. Wing geometric morphometrics and molecular assessment of members in the *Albitarsis Complex* from Colombia. Molecular Ecology Resources 13: 1082–1092

Gómez, G. F.; Cienfuegos, A.V.; Gutiérrez, L. A.; Conn, J. E.; Correa, M. M. 2010. Análisis morfológico y molecular evidencia problemas al identificar *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) por claves dicotómicas. Revista Colombiana de Entomología 36(1): 68-75.

González R.; Carrejo N. 2009. Introducción al estudio taxonómico de *Anopheles* de Colombia. Claves y notas de distribución. 2ª ed. Programa Editorial Universidad del Valle, Cali.

González, R.; Carrejo, N.; Wilkerson, R. C.; Alarcon, J.; Alarcon-Ormasa, J.; Ruiz, F.; Bhatia, R.; Loaiza, J.; Linton, Y-M. 2010. Confirmation of *Anopheles* (*Anopheles*) *calderoni* Wilkerson, 1991 (Diptera: Culicidae) in Colombia and Ecuador through molecular and morphological correlation with topotypic material. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz Cruz 105: 1001-1009.

Gutiérrez, L. A.; González, J. J.; Gómez, G. F.; Castro, M. I.; Rosero, D. A.; Luckhart, S., Correa, M. M. 2009a. Species composition and natural infectivity of anthropophilic *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Córdoba and Antioquia states in northwestern Colombia. Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz 104(8): 1117–1124.

Gutiérrez, L. A.; Naranjo, N. J.; Cienfuegos, A. V.; Muskus, C. E.; Luckhart, S.; Conn, J. E.; Correa, M. M. 2009b. Population structure analyses and demographic history of the malaria vector *Anopheles albimanus* from the Caribbean and the Pacific regions of Colombia. Malaria Journal 8:259. doi:10.1186/1475-2875-8-259.

Gutiérrez, L.; Naranjo, N.; Jaramillo, L.; Muskus, C.; Luckhart, S.; Conn, J.; Correa, M. 2008. Natural infectivity of Anopheles species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. Acta Tropica 107:99-105.

Hasan A.U.; Suguri S.; Sattabongkot J. et al., 2009. Implementation of a novel PCR based method for detecting malaria parasites from naturally infected mosquitoes in Papua New Guinea," Malaria Journal 8: 182.

Hebert, P. D. N.; Cywinska, A.; Ball, S. L.; Dewaard, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 270(1512): 313–321.

Moreno, M.; Bickersmith, S.; Harlow, W.; Hildebrandt, J.; Mckeon, S. N.; Silva-Do-Nascimento, T. F.; Loaiza, J. R.; Ruiz, F.; Lourenco-De-Oliveira, R.; Sallum, M. A.; Bergo, E. S.; Fritz, G. N.; Wilkerson, R. C.; Linton, Y. M.; Juri, M. J.; Rangel, Y.; Povoa, M. M.; Gutierrez-Builes, L. A.; Correa, M. M.; □NN, J. E. 2013. Phylogeography of the neotropical *Anopheles triannulatus* complex (Diptera: Culicidae) supports deep structure and complex patterns. Parasit Vectors 6: 47.

INS. 2010. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal. Estadísticas del sistema de vigilancia en salud pública SIVIGILA, Casos totales en la Semana Epidemiológica 52 y acumulados del año, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Available from: http://www.ins.gov.co/

INS. 2011. Instituto Nacional de Salud. Boletín epidemiológico Semanal. Estadísticas del sistema de vigilancia en salud pública- SIVIGILA, Casos totales en la Semana Epidemiológica 52 y acumulados del año, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. [www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-vigilancia/sivigila/Estadsticas].

INS. 2012. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal. Estadísticas del sistema de vigilancia en salud pública SIVIGILA, Casos totales en la Semana Epidemiológica 52 y acumulados del año, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Available from: http://www.ins.gov.co/

INS. 2013. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal. Estadísticas del sistema de vigilancia en salud pública SIVIGILA, Casos totales en la Semana Epidemiológica 53 y acumulados del año, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública. Available from: http://www.ins.gov.co/

INS. 2014. Instituto Nacional de Salud. Informe del evento malaria, hasta el período epidemiológico XII, Colombia, 2014. Comportamiento de la malaria por regiones de procedencia, Subdirección prevención, vigilancia y control en salúd pública. 2014 http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-vigilancia/Informe%20de%20Evento%20 Epidemiolgico/MALARIA%20Periodo%20XIII%202014.pdf

Jaramillo, L. M., Gutiérrez, L. A., Luckhart, S., Conn, J. E., & Correa, M. M. (2011). Molecular evidence for a single Taxon, *Anopheles nuneztovari* s.L., from two endemic malaria regions in Colombia. Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz 106(8): 1017–1023. doi:10.1590/S0074-02762011000800020

Lunt D. H.; Zhang D.X.L; Szymura J. M., Hewitt G. M. 1996. The insect cytochrome oxidase I gene: evolutionary patterns and conserved primers for phylogenetic studies. Insect Molecular Biology 5(3): 153–165.

Naranjo-Diaz, N.; Rosero, D. A.; Rua-Uribe, G.; Luckhart, S.; Correa, M. M. 2013. Abundance, behavior and entomological inoculation rates of anthropophilic anophelines from a primary Colombian malaria endemic area. Parasites & Vectors 6: 61. doi:10.1186/1756-3305-6-61.

Naranjo-Díaz, N.; Altamiranda, M.; Luckhart, S.; Conn, J. E.; Correa, M. 2014. Malaria Vectors in Ecologically Heterogeneous Localities of the Colombian Pacific Region. PLoS One 9. doi: 10.1371/journal.pone.0103769.

Olano, V.; Brochero, H.; Sáenz, R.; Quiñones, M.; Molina, J. 2001. Mapas preliminares de la distribución de especies de *Anopheles* vectores de malaria en Colombia. Biomédica 21: 402-408

Orjuela, L.; Herrera, M.; Erazo, H.; Quinones, M. 2013. Especies de Anopheles presentes en el departamento del Putumayo y su infección natural con Plasmodium. Biomédica 33(1), 42-52.

Quiñones ML, Ruiz F, Calle Da, Harbach RE, Erazo HF, Linton YM. 2006. Incrimination of *Anopheles (Nyssorhynchus) rangeli* and *An. (Nys.) oswaldoi* as natural vectors of *Plasmodium vivax* in Southern Colombia. Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz 101(6): 617-23.

Rosero, D. A.; Naranjo-Diaz, N.; Alvarez, N.; Cienfuegos, A. V.; Torres, C.; Luckhart, S.; Correa, M. M. 2013. Colombian *Anopheles triannulatus* (Diptera: Culicidae) Naturally Infected with *Plasmodium* spp. *ISRN* Parasitology 10. *doi: 10.5402/2013/92745.*

Rosero, D.A.; Jaramillo L. M.; Gutierrez L. A.; Conn J. E.; Correa M.M. 2012. Genetic diversity of *Anopheles triannulatus* s.l. (Diptera: Culicidae) from Northwestern and Southeastern Colombia. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 87(5): 910–920.

Silva-Do-Nascimento TF.; Lourenço-De-Oliveira R. 2002. Anopheles halophylus, a new species of the subgenus *Nyssorhynchus* (Diptera: Culicidae) from Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz Cruz 97: 801–811.

Silva-Do-Nascimento TF.; Wilkerson RC.; Lourenço-De-Oliveira R.; Monteiro FA. 2006. Molecular confirmation of the specific status of *Anopheles halophylus* (Diptera: Culicidae) and evidence of a new cryptic species within An. triannulatus in central Brazil. Journal of Medical Entomology 43: 455–459.

World Health Organization. 2014. Malaria, Fact sheet N°94, 2009. Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/en/index.html.

Zapata, M. A.; Cienfuegos, A. V.; Quirós, O. I.; Quiñones, M. L.; Luckhart, S.; Correa, M. M. 2007. Discrimination of seven *Anopheles* species from San Pedro de Urabá, Antioquia, Colombia, by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis of ITS sequences. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 77 (1): 67-72.

ENTOMOLOGÍA DEL ÁRBOL

OCURRENCIA DE *Euplatypus parallelus* FABRICIUS, 1803) (COLEOPTERA:CURCULIONIDAE:PLATYPODINAE) INSECTO AMBROSIA EN *Psidium guajava, Pseudobombax septenatum* Y *Syzygium malaccense* EN LA ZONA URBANA DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Gonzalo Abril Ramírez[1], Flavio Moreno[2], Claudia Helena Hoyos[2]

[1]Docente Investigador. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias; gabril@unal.edu.co
[2] Docente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias; fhmoreno@unal.edu.co
[3] Funcionaria. Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Resumen. El interés de los entes gubernamentales y de las universidades por considerar al árbol como una entidad viva, ha conducido a que se generen conocimientos acerca del arbolado, que se reconozca que el árbol se ha plantado o ha quedado inmerso en las áreas o zonas urbanas y que muestran una aceptable adaptación a las condiciones extremas que se suceden antes y después de los grandes procesos de transformación urbanística. El árbol no solo debe ser estudiado y entendido por las ciencias forestales, debe ser un eje central lo suficientemente valorado por todas las áreas del conocimiento. Se asume un reto inmenso, se proponen lineamientos que sean comunes y en conjunto tener y conservar el mejor árbol para las zonas urbanas, en este sentido, se presenta la ocurrencia de *Euplatypus paralellus*, insecto ambrosia que perfora el tallo y las ramas de árboles en pie de ceiba verde, pero de agua y guayaba en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La manifestación inicial del daño en los árboles se evidencia por un secamiento de ramas, caída de hojas, la presencia de aserrín en fibras largas en la parte media del fuste y un polvillo muy fino en su base. Mediante microscopía electrónica se evidenció la presencia de micángias en las hembras, lugar de alojamiento temporal de los hongos que descomponen la madera. Un total de 127 ejemplares fueron colectados con trampa de alcohol en diciembre de 2014 y 131 en trozas llevadas al laboratorio, cuya emergencia se dio a los ocho meses después de talados los árboles; se encontró además una relación macho hembra 1:1. Esta es la primera investigación en el país que pone de manifiesto la presencia de una de las plagas más importantes y limitantes en el mundo de la industria forestal y que está en la ciudad de Medellín y sus municipios cercanos. Se propone que el estrés hídrico en el arbolado urbano puede ser un tensor ambiental que, junto con el aumento de la temperatura, esté condicionando el debilitamiento de los árboles y facilitando la posterior invasión de los insectos ambrosia.

Palabras claves: Árboles ornamentales, silvicultura urbana, asociación hongo-insecto, plagas forestales.

INTRODUCCIÓN

Los Scolytinae son coleópteros, pertenecientes a la familia Curculionidae; se les conoce como insectos barrenadores porque se desarrollan en el interior de plantas leñosas, donde hacen galerías entre la corteza y la albura, pero llegan hasta el duramen. Sus larvas son ápodas, voluminosas, de color blanco; los adultos son escarabajos pequeños (de 1 a 6 mm de longitud), de aspecto cilíndrico y compacto, de color marrón o negro. En su exoesqueleto poseen una estructura llamada micángia, donde portan las esporas viables de hongos fitopatógenos, especialmente de Ascomycetos.

Las micángias facilitan la relación simbiótica con los hongos, los que cultivan para alimentarse de ellos. Este hábito alimenticio se conoce como dieta ambrosia y tiene lugar debido a que estos insectos no tienen la habilidad de descomponer metabólicamente la celulosa, que es el principal componente de la madera; por tanto, su alimentación depende estrictamente de la actividad del hongo sobre el árbol. Los hongos esporulan en la madera, para luego ser diseminados de fuste en fuste una vez emergen los adultos, por medio de las micángias del insecto que facilitan el transporte de las esporas (Harrington, 2005).Esta relación simbiótica con los hongos que descomponen la madera que atacan es un elemento de importancia ecológica relevante por su alto grado de especialización (Faccoli, 2008; Haack, 2006; Fraedrich, *et al*., 2008).

Estos insectos afectan diferentes tipos de árboles, especialmente masas de árboles maderables, aunque hay varias especies que son plagas en frutales y olivo. Los escarabajos de la corteza generan grandes daños económicos en plantaciones forestales. Por ejemplo, en el este de Estados Unidos, se reporta el incremento de brotes del escarabajo de los pinos de montaña, los cuales se alimentan del floema y al mismo tiempo inoculan la planta con hongos virulentos, que favorecen la muerte de los pinos, como ocurrió en el año 2009 cuando 0,9 millones de hectáreas de pinos murieron por acción de los escarabajos (Fraedrich, *et al*., 2008). Se han reportado pérdidas hasta de un 60 % en la madera como consecuencia del ataque de *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytinae) en plantaciones forestales en el suroeste de Estados Unidos que asciende a 14 millones de metros cúbicos (Zanuncio, *et al*., 2002). Muchos escolítidos perforadores son considerados como plagas secundarias, ya que estos dependen de árboles secos, que hayan sido destruidos por incendios forestales o que hayan muerto por estrés hídrico debido al déficit o exceso de agua.

Desde hace varios años, en los municipios del Valle de Aburrá se, está evidenciando deterioro progresivo y muerte del arbolado urbano, el cual se presenta principalmente en árboles poco vigorosos, los cuales suelen presentar estrés hídrico y térmico, contaminación atmosférica y ataques de plagas y enfermedades. Los escarabajos ambrosia son los primeros organismos en colonizar la madera de árboles sometidos a estrés por algún tensor ambiental, especialmente el

hídrico (Área metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional, 2014); así mismo, debido a que entre las plagas encontradas en los árboles con niveles más agresivos de afectación en el Valle de Aburrá están estos insectos, esta investigación tuvo como objetivo determinar la ocurrencia de insectos ambrosia perforadores en varias especies del arbolado urbano del área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Biología de la especie estudiada

Los escarabajos ambrosia sacan ventaja del estado débil de plantas enfermas o con estrés hídrico, provocando la muerte de los árboles (Burgos-Solorio, 2007), sin embargo, en las etapas iníciales de la colonización, los insectos no seleccionan necesariamente árboles enfermos o de menor desarrollo (Lores-Medina y Pinzón-Florián, 2011). Además, su acción sobre los hospederos enfermos se favorece ya que liberan feromonas de agregación que atraen a otros conspecíficos, pues tienen la habilidad de percibir sustancias químicas que les permiten intercambiar información con el ambiente, logrando reconocer una pareja o un hospedero del cual se puedan alimentar; dichas sustancias se denominan semioquímicos, los cuales agrupan a las feromonas que son intraespecíficas y los aleloquímicos que son interespecíficos. Los aleloquímicos a su vez están constituidos por alomónas y kairomónas, éstas últimas son empleadas para la comunicación insecto-parasitoide, o insecto-hospedero (Blanco Metzler, 1996). En esta interacción el insecto receptor de la señal se ve favorecido, entre tanto el emisor se ve afectado, tal como ocurre en cinco especies de escolítidos (*Ips grandicollis* Eichoff, *Tomicus minos* Harting, *Tomicus piniperda* L., *Hylastes ater* Paykull and *Dryocetes autographus* Ratzeburg) que son atraídos por los monoterpenos que emiten las coníferas, en las cuales los insectos aseguran su alimento y progenie mientras que el árbol muere (Hobson *et al*., 1993).

Estos insectos forman galerías, las cuales muestran gran variedad de formas y llegan a caracterizar a la especie que las construye. Cuando un escarabajo hace un túnel en la madera, las esporas del hongo se desprenden de la micángia y en poco tiempo se puede encontrar una masa del hongo en el interior del túnel. Los túneles de escarabajos ambrosia se pueden distinguir de las de otros insectos perforadores de la madera por una coloración negra o marrón de la madera alrededor de la abertura del túnel circular, producida por la acción enzimática del hongo.

Se han encontrado colonias en las que la hembra pone un huevo por segmento de túnel y también otras en las que los huevos son puestos en masa, compartiendo una ampliación del túnel. En muchas especies luego de que el insecto completa su crecimiento, al salir de la piel pupal, “pastan” sobre la masa del hongo y posteriormente emergen como escarabajos adultos, a través de pequeños orificios en la corteza del árbol que ellos mismos hacen, y vuelan lejos en busca de un árbol apropiado para fundar su propia colonia. Para ello las hembras de algunas especies producen feromonas que atraen a los machos, o ambos sexos las producen para atraerse mutuamente, formando a veces colonias verdaderamente grandes en determinados árboles.

Algunas especies son pioneras y no son atraídas por las kairomonas, debido a esto atacan árboles sanos, mientras que otros son especies secundarias atraídas por sustancias volátiles de la planta como el etanol y sustancias combinadas con ésta. No obstante, a éstos se les suman los escarabajos ambrosia que colonizan plantas muertas o en estado de deterioro, puesto que son sensibles a los monoterpenos y el etanol emitido por los hospederos estresados. También se conoce el caso de I. grandicollis que es atraído por el olor del floema de los pinos (Flechtmann *et al*., 1999). Como se ha apreciado, el etanol es una de las kairomonas emitidas por las plantas con efecto atrayente sobre escarabajos ambrosia y de corteza, y esto se debe a que la sustancia es liberada como respuesta a un daño físico en la planta, puesto que entra en estado de estrés, el cual a su vez incrementa la producción de etileno. La producción de estas sustancias depende del estado del vegetal y de las condiciones ambientales; la reducción, tanto del etileno como del etanol, se da en cuanto ocurre el decaimiento y muerte celular, ya que su producción requiere de la actividad de células vivas.

Por otra parte, tanto el acetaldehído como el etanol producido en el floema y raíces se sintetizan cuando la planta está en condiciones anaeróbicas o en déficit hídrico, pues hay daño en la mitocondria; además si la planta es expuesta a SO_2 hay mayor emisión de compuestos volátiles (Kimmerer and Kozlowski, 1982). Es así como el estrés hídrico se convierte en uno de los tensores promotores de la acción de los insectos, puesto que en el caso de las coníferas debilita su defensa química, reduciendo su capacidad de producir oleorresinas de terpenos e induce la producción de kairomonas, como el etanol, el cual puede combinarse con monoterpenos o con feromonas. Sin embargo, la función fisiológica de la fermentación donde se produce etanol, es la reactivación del NAD^+ necesario para la glicólisis y la producción de piruvato y por ende de ATP (Manter y Kelsey, 2008), lo que conduce a una colonización en masa de los fustes, con la posterior inoculación de esporas de los hongos que son transportados (Jaramillo *et al*., 2011).

Un caso puntual de estos curculiónidos es el de *Euplatypus segnis* Chapuis, el cual se halló haciendo simbiosis con *Fusarium solani, Fusarium oxysporum, Alternaria alternata* y *Lasiodiplodia theobromae*. Algunos de los síntomas comunes encontrados en los hospederos fueron orificios de aproximadamente 2 mm de diámetro debajo de la corteza con aserrín, excreciones líquidas de color rojo-pardo de olor penetrante, manchas necróticas de diferentes tonalidades, pérdida de turgencia, amarillamiento, caída de hojas, muerte parcial de las ramas y muerte total del árbol en periodos de tres meses a un año. No obstante, algunos hospederos lograron sobrevivir el ataque con o sin ningún tratamiento (Alvidrez-Villarreal *et al*., 2010).

Sitio de estudio

Las capturas de los insectos se llevaron a cabo en los municipios de Medellín, Envigado y Sabaneta, los cuales hacen parte de la conurbación conocida como Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Los árboles muestreados se localizaron en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y en los Municipios de Envigado y Sabaneta. Durante la fase de capturas de campo, predominó la época de lluvias, precedida de tiempo relativamente seco. Los sitios de muestreo

están localizados a una altitud aproximada de 1500-1700 m sobre el nivel del mar, con temperaturas medias que oscilan entre 20 y 22 ^{o}C y precipitación promedia anual que puede variar entre 1500 y 1800 mm. Las condiciones ecológicas de la mayoría del área de estudio corresponden a la zona de vida bosque húmedo premontano (Holdridge, 1996). El régimen de lluvia es bimodal, con dos períodos de menor precipitación; el primero es más marcado y ocurre entre diciembre y febrero (con precipitaciones promedias de 56 mm en enero), mientras que el segundo es más suave y ocurre entre julio y agosto (en julio llueve el doble que en enero118 mm) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

En los árboles con manifestaciones iníciales del daño de perforadores, se instalaron recipientes plásticos perforados lateralmente, cebados con alcohol y glicerina al 70% y amarrados al fuste a una altura de 70 cm sobre el suelo; las lecturas de las trampas y su recebo se hicieron quincenalmente (Figura 1). Para la captura directa de los ejemplares en campo, se utilizaron pinceles de punta fina y, de los árboles talados se seleccionaron trozas con perforaciones y presencia de galerías con hongos, estas fueron llevadas al laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, donde se limpiaron y se almacenaron en cámaras de emergencia y recuperación de adultos (Figura 2). Para la identificación de los insectos se utilizaron las claves de Arnett *et al*. (2002) y para el registro fotográfico se utilizó la microscopia SEM de la misma universidad y estereomicroscopio Nycon SZ 100. La colección de referencia de insectos está depositada en el Museo Entomológico Francisco Luis Gallego de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. (MEFLG).

A. **B.**

Figura 1. Trampas con alcohol para la captura de insectos ambrosia. A. En ceiba verde *Pseudobombax septenatum* (Bombacaceae). B. En depósitos de chipiado.

A. **B.** **C.**

Figura 2. Trozas almacenadas y cámaras de emergencia. A. Troza de guayaba, *Psidium guajava* B. Emergencia de *Euplatypus paralellus* C. Cámara de emergencia.

RESULTADOS

Las tres especies de árboles muestreadas manifestaron secamiento parcial de sus ramas y tallos. En ceiba verde se desprendieron prematuramente las hojas, las ramas inferiores se secaron y predominó la invasión por *Thydllansia usneoides*; el fuste que es verde limón en estado normal, se tornó gradualmente de color café marrón y presentó reventamiento de los nódulos de tallo (Figura 3); en guayaba se dio un secamiento parcial lateral de las ramas afectadas (Figura 4); en pero de agua se reventó y desprendió la corteza, con secamiento lateral de ramas y caída masiva de hojas (Figura 5).

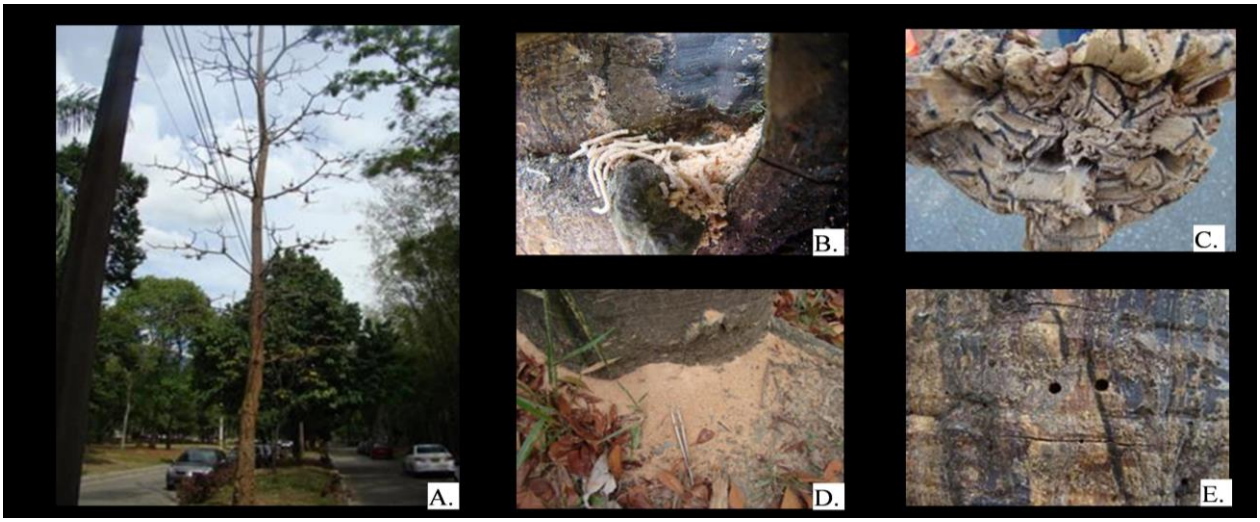


Figura 3. Daño de insectos ambrosia en ceiba verde. *P. septenatum* (Bombacaceae). A. Ceiba muerta por ataque de *E. parallelus*, B. Aserrín, C. daño interno en ramas, D. Aserrín en la base del tallo producido por *E. parallelus.* E. Perforaciones

A. B. C.

Figura 4. Daño de insectos ambrosia en guayaba. *P. guajava* (Myrtaceae) A. Secamiento parcial de ramas B-C Aserrín y perforaciones de *E. parallelus*

A B C

Figura 5. Daños de insectos ambrosia en pero de agua. *S. malaccense* (Myrtaceae). A. Pero de agua muerto por ataque de *E. parallelus* B. Aserrín. C. Daño interno de *E. parallelus.*

En las tres especies, cuando se iniciaron las perforaciones, se presentó desprendimiento de fibras de aserrín compacto de aproximadamente 2 mm de diámetro y cerca de tres cm de longitud, siendo esta la fase en la que mayor número de ejemplares se capturaron con pincel y en las trampas con alcohol. Esta fase de penetración tuvo una duración de 10 días aproximadamente y durante ella se observó la mayor cantidad de aserrín en las grietas y en la base de los tallos. Cuando los insectos adultos perforadores ya estaban en lo profundo de las galerías, las nuevas crías iniciaron su alimentación y se dejó de producir aserrín.

Las tres especies de árboles muestreadas murieron en el transcurso de un año y fueron taladas por su alto riesgo. En los tocones almacenados en el laboratorio emergieron continuamente adultos de *E. paralellus*, con un pico de emergencia después de 27 días de talado el árbol (se recuperaron

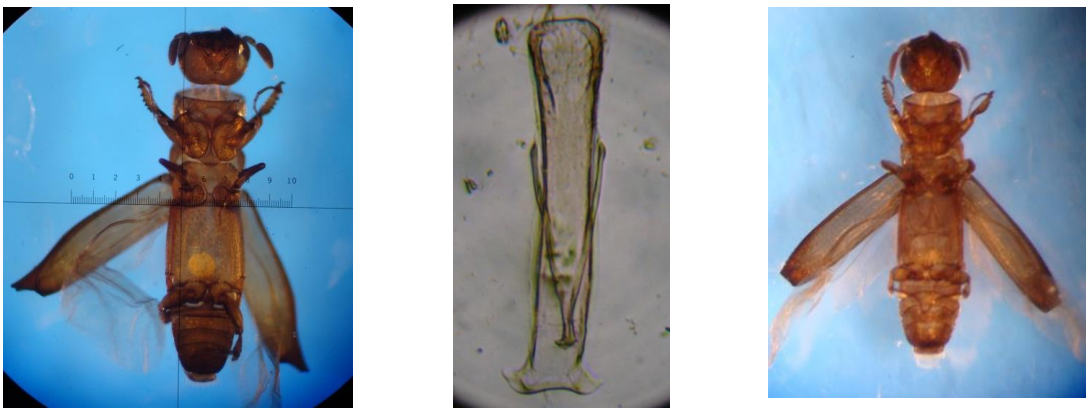
hasta 87 ejemplares en *P. guajava*). En las muestras almacenadas también se encontraron otros grupos de insectos perforadores como *Xyleborus* sp. y ácaros foréticos.

Las galerías internas de avance de las larvas llegaron hasta el duramen en el caso de guayaba y pero de agua; en ceiba verde llegaron hasta el eje central que es esponjoso. En las tres especies se encontraron perforaciones que formaron líneas oscuras transversales de hasta 5 cm de longitud hacia el centro, las cuales cortaron la línea de los haces vasculares; cada una de estas galerías estuvo cubierta por esporas y cuerpos fructíferos del hongo *Capnodium* sp. y en estados avanzados del daño y descomposición de la madera, ésta fue colonizada por insectos perforadores de la familia Cerambycidae que lograron perforar la albura (Figura 6).

La morfología del exoesqueleto de los machos y hembras de E. paralellus, presentó cavidades y pelos plumosos característicos de los insectos que transportan, protegen y almacenan esporas; las mandíbulas de ambos sexos presentaron diente apical fuerte y esclerotizado, con cavidades longitudinales con pelos fuertes. La iluminación del diente apical bajo microscopia electrónica evidenció la presencia de un mineral que le confiere más dureza (Figuras 7-10).

A B C

Figura 6. A-B. Perforaciones con hongos y galerías internas de *E. paralellus.* C. Larva de Cerambycidae en ceiba verde.

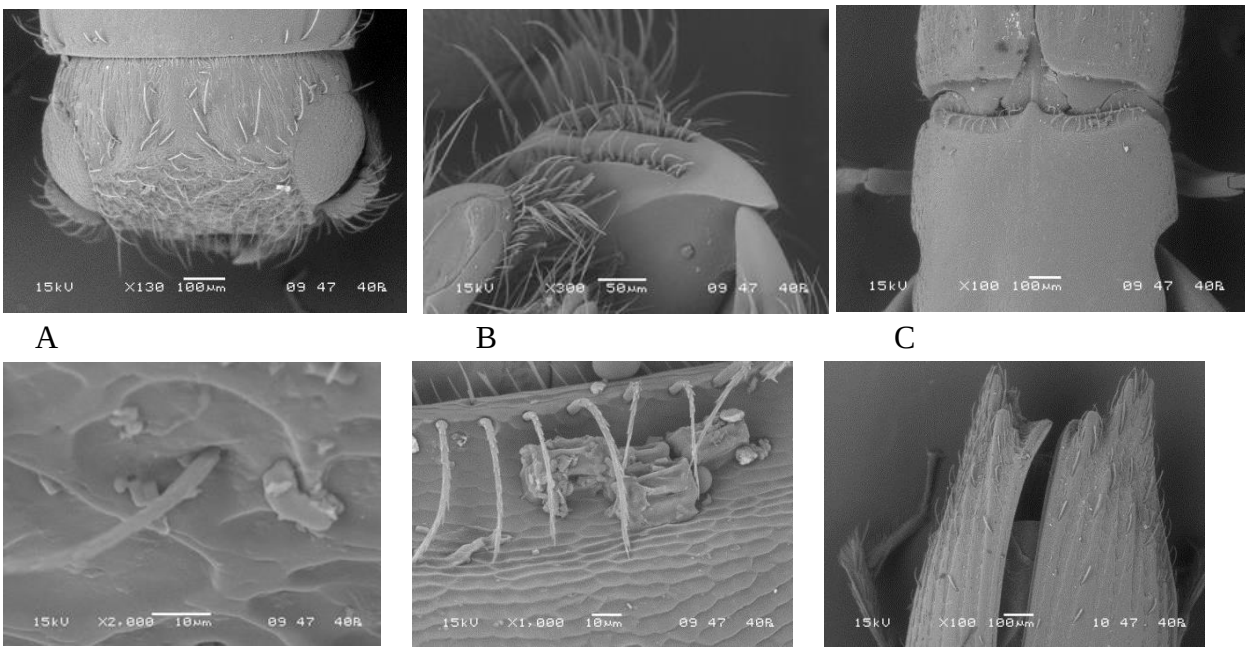


A B C

Figura 7. *Euplatypus paralellus*. A, B: macho y edeago. C.Hembra (fotografía estereomicroscopio Gonzalo Abril R. 2015).

A B

Figura 8. Adulto macho de *Euplatypus paralellus* (fotografía SEM Gonzalo Abril R. 2015). A. Vista lateral. C. Detalle cabeza



A B C

D E F

Figura 9. Morfología del macho de *Euplatypus paralellus* (fotografía SEM Gonzalo Abril R. 2015). A. Cabeza vista dorsal. B. Mandíbula C. pronoto. D-E Setas del pronoto. F. Élitros parte apical.

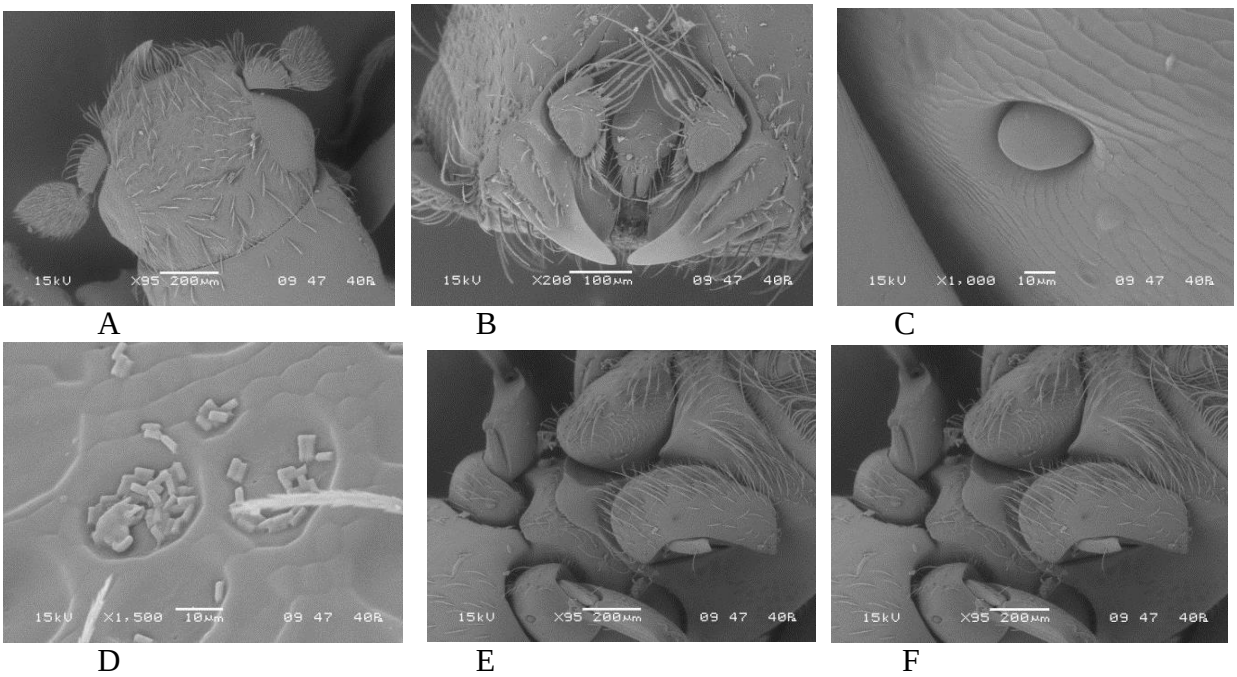


Figura 10. Morfología de la hembra de *Euplatypus paralellus* (fotografía SEM Gonzalo Abril R. 2015).). A. cabeza vista dorsal. B. Mandíbulas vista ventral. C. Estructura micángial en pata media. D. Depresiones cuticulares con aserrín. E. Coxas anterior y media. F. Pigidio.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación, en la que se tomaron solo tres especies arbóreas de común distribución en la zona urbana del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, muestran la presencia de insectos ambrosia y el daño que producen en árboles urbanos. En Colombia se han registrado daños de *E. paralellus* en plantaciones forestales de *Acacia mangium* en la Orinoquia y la Costa Atlántica (Medina y Pinzón, 2011), en árboles de *Araucaria excelsa* en la zona urbana de Medellín y en bosques naturales de cativo (*Prioria copaifera*) en el Río León, Chocó (Madrigal, 2003). Más no han sido registrados en otras zonas urbanas del país.

Estos insectos perforan rápidamente el fuste y ramas secas, permanecen en las galerías de la madera afectada y su emergencia como nuevos adultos se da después de varios meses de talados los árboles. Los escarabajos de la corteza deben encontrar oportunamente hospederos adecuados para su alimentación y cría, por lo cual, responden positivamente a sustancias volátiles de ciertas especies arbóreas hospederas, prefiriendo aquellas con menor resistencia, con debilidad o con estados iníciales de decaimiento o estrés o los recién trasplantados que están expuestos y susceptibles a enfermedades (Watson, 1996).

Los árboles en esta condición producen sustancias como el etanol producido y monoterpenos como la trementina, que atrae a varias especies de coleópteros. Tanto el etanol como los monoterpenos generan un sinergismo en la atracción de coleópteros de la corteza, los cuales

aprovechan la acción de feromonas de agregación, causando graves problemas en los árboles (Byers, 1992).

La emisión de los monoterpenos por parte del vegetal se debe a un mecanismo de defensa tras el ataque del insecto, en el cual incrementa el flujo de resina en el tronco con el objetivo de remover los escarabajos, tal como los autores observaron en *Triplaris americana* (vara santa) que la utiliza para repeler el ataque de *Euplatypus* sp. y *Xyleborus* sp. No obstante, junto al incremento de monoterpenos, se producen sustancias tóxicas para los insectos, así como atrayentes de depredadores de escolítidos; de esta manera, la emisión de monoterpenos se incrementa mientras el árbol es atacado y se reduce durante el deterioro, que es lentamente progresivo, hasta la muerte del mismo. Los monoterpenos son oxidados en la atmósfera a aerosoles orgánicos secundarios (SOA) que son emitidos y cuya concentración es favorecida por la infestación de los insectos, lo cual altera la composición atmosférica del medio, puesto que los procesos de oxidación permiten la formación de ozono con importantes implicaciones en la composición atmosférica (Berg *et al*., 2013). En nuestras investigaciones (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional, 2014) encontramos que la probabilidad de ocurrencia de deterioro progresivo del bosque urbano también está asociada con el tamaño del árbol, la especie, el sitio de plantación (zona verde, piso duro, contenedor) y el número de afectaciones que ha sufrido un árbol, tales como podas inadecuadas, heridas en el tallo, vandalismo, quemas, anillamiento. En general, los árboles de mayor tamaño (y por tanto de mayor edad) son más susceptibles de sufrir deterioro, por lo cual para detectarlo y corregirlo a tiempo, estos individuos deben recibir mayor atención y seguimiento. Así mismo, el deterioro es mayor en árboles plantados en piso duro y contenedor, comparados con los establecidos en zonas verdes amplias.

A pesar de que no se dispone de registros históricos de la incidencia de estos insectos en el arbolado urbano, es probable que el cambio climático esté contribuyendo de manera importante a aumentar la actividad de los insectos y sus efectos. El análisis de las series históricas de precipitación y temperatura a escala anual en diversas estaciones ubicadas en el área metropolitana del Valle de Aburrá, durante el periodo 1942-2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional, 2014), arrojó incremento de la precipitación y disminución en el número de días secos anuales. Así mismo, se registraron incrementos estadísticamente significativos en la temperatura media, en la temperatura mínima, en el número de días consecutivos con una temperatura mínima por encima de 16,5 °C y en el número de días con temperaturas medias por encima de los 21 °C Estos incrementos de temperatura pueden afectar tanto la fisiología de los árboles como las dinámicas de insectos al incidir en su ciclo reproductivo y aumentar sus densidades poblacionales, con potencial de afectar a los árboles urbanos.

Pero los efectos más significativos del clima podrían estar relacionados con las anomalías climáticas intra anuales. Por ejemplo, el análisis detallado del periodo 1990-2012 evidencia unos periodos críticos de efecto combinado de disminución de precipitación y aumento de temperatura

que pueden someter a los árboles a estrés fisiológico, el cual altera los procesos de fotosíntesis, respiración y transpiración, con eventos recientes de sequía en 2002 y 2009 asociados al ENSO (fenómeno de El Niño), lo que pudo haber inducido estrés hídrico en árboles urbanos del Valle de Aburrá. Por ejemplo, a finales del año 2009 y principios de 2010, se presentaron disminuciones de precipitación del 70% con respecto al promedio del periodo 1942-2012, e incrementos de temperatura de 2,2 °C con respecto al mismo periodo. El estudio citado concluyó que la variación interanual juega un papel más significativo en las anomalías observadas en el Valle de Aburrá que la señal de cambio climático de largo plazo. Se propone entonces que el estrés hídrico en el arbolado urbano puede ser un tensor ambiental que, junto con el aumento de la temperatura, esté condicionando el debilitamiento de los árboles y facilitando la posterior invasión de los insectos ambrosia.

Esta es la primera investigación en el país que pone de manifiesto la presencia de una de las plagas más importantes y limitantes en el mundo de la industria forestal y que está en la ciudad de Medellín y sus municipios cercanos. Nuevas investigaciones sobre el ciclo de vida de E. paralellus y su asociación con otros perforadores, hongos y otros tensores físico-bióticos, mejorarán la perspectiva sobre el manejo de insectos perforadores en zonas urbanas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren dar los más sinceros agradecimientos al Área Metropolitana del Valle de Aburra (AMVA) y a todo su equipo de trabajo en silvicultura urbana por el apoyo financiero y logístico en la fase III Plan de Manejo del Arbolado Urbano 2014, a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y su grupo de investigadores y asesores (Alberto Ramírez, León Morales, Carlos Palacio, Héctor Restrepo, María del Pilar, Marcela Sierra y María Cristina).

REFERENCIAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Nacional de Colombia, 2014. Aunar Esfuerzos técnicos y económicos para el desarrollo e implementación de un plan de manejo integral para el arbolado urbano del Valle de Aburrá con énfasis en intervenciones para el control de la muerte súbita, Medellín: Convenio 471 de 2012.

Arnett, H, Ross., Skelley. P.E., T. Michael and J. Howard F. 2002. American beetles Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea Vol 2. CRC Press.

Blanco Metzler Helga, 1996. Los semioquímicos y su papel en el manejo integrado de plagas CIPRO-EEFBM Univ. Costa Rica X Congreso Nacional/ Agronómico, 94.

Burgos-Solorio Armando, 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. Dugesiana 14: 59–82.

Byers, J.A., 1992. Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. J. Chem. Ecol. 18.

Faccoli, M 2008, First record of Xyleborus atratus Eichhoff from Europe, with an illustrated key to the European *Xyleborini* (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae). Zootaxa, 1772: 56-62

Flechtmann, C.A.H., Dalusky, M.J., Berisford, C.W., 1999. Bark and ambrosia beetle (Coleoptera: Scolytidae) responses to volatiles from aging Loblolly Pine Billets. Environmental Entomology 28(4): 638 – 648.

Fraedrich, S.W, Harrington. T.C., Raabaglia, R.J., Ulyshen, M.D., Mayfield, A.E., Hanula, J.L. Eickwort, J.M 6 Miller, D.R. 2008. A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in the southeastern United States. Plant Disease 92: 215-224.

Haack, R.A. 2006. Exotic bark-and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions. Canadian Journal of Forest Research 36: 269-288.

Harrington, T. C. 2005. Ecology and evolution of mycophagous bark beetles and their fungal partners. pp. 257-291 In: Ecological and Evolutionary Advances in Insect-Fungal Associations, F. E. Vega and M. Blackwell, eds. Oxford University Press.

Hobson Kenneth R., Wood David L., Cool Laurence G., White Peter R., OhtsukaTochikazu, Kubo Isao, Zavarin Eugene, 1993. Chiral specifity in responses by the bark beetle *Dendroctonus valens* to host kairomones. Journal of Chemical Ecology 19(9): 1837-1846.

Holdridge, L.R. 1996. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, CR, IICA. 216p.

Jaramillo, Jorge L. Carlos M. Ospina, Zulma Nancy Gil, Esther C. Montoya, Pablo Benavides, 2011. Avances en la biología de *Corthylus zulmae* (Coleoptera: Curculionidae) en plantaciones de *Alnus acuminata* (Betulaceae). Rev. Colombiana. Entomol. 37: 48–55.

Kimmerer, T.W., Kozlowski, T.T., 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde, and ethanol production by plants under stress. Plant Physiol 69: 840–847.

Lamarque J. F., Tlmes S., 2013. The impact of bark beetle infestations on monoterpene emissions and secondary organic aerosol formation in western North America. Atmospheric Chem. Phys. 13:3149–3161.

Lores-Medina Angélica, Pinzón-Florián Olga, 2011. Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* Willd. En la costa Atlántica y la Orinoquia colombiana. Colomb. For. 14: 175–188.

Madrigal, Cardeño A. 2003. Insectos Forestales en Colombia biología, hábitos, ecología y manejo. Marin Vieco, Medellín. 312 p.

Manter Daniel K., Kelsey Rick G., 2008. Ethanol acumulation in drougth- stressed conifer seedling. Int. J. Plant. Sci. 169: 361–369.

Watson, G. (1996). Tree transplanting and establishment. Arnoldia 56 (4): 11-16.

Zanuncio, J. C., M.F. Sossai., L. Couto & R. Pinto. 2002. Occurence of *Euplatypus paralellus*, *Euplatypus* sp. (Col.:Euplatypodidae) and *Xyleborus affinis* (Col.: Scolytidae) in *Pinus* sp. In Ribas Do Rio Pardo, Mato Grosso Do Brazil. Rev. Arvore, Vicosa-MG 26(3): 387-389.

INSECTOS PLAGA DEL ÁRBOL URBANO CON ÉNFASIS EN LOS INSECTOS ESCAMA (HEMIPTERA: COCCOIDEA) EN COLOMBIA

Takumasa Kondo

Ph.D. Investigador. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación Palmira, km 1, Contiguo al Penal, Palmira, Valle, Colombia; tkondo@corpoica.org.co

INSECT PESTS OF URBAN TREES WITH EMPHASIS ON SCALE INSECTS (HEMIPTERA: COCCOIDEA) IN COLOMBIA

La condición de artrópodos plaga en ambientes urbanos se basa en varios criterios que dependen del tipo de daño que causan al ser humano, p.ej., daños a textiles, alimentos, estructuras, transmitiendo patógenos, picaduras dolorosas o reacciones alérgicas (Moreno-Marí *et al*., 2007). La categoria de plaga en un ambiente urbano se fundamenta en la presencia de estos insectos en interiores de habitaciones del ser humano en números considerables, y su permanencia en el exterior en cantidades suficientes para representar un perjuicio (Moreno-Marí *et al*., 2007). Las plagas urbanas pueden caracterizarse en general como organismos (excluyendo microorganismos parásitos) que afectan la salud humana o deterioran el paisaje, o que dañan las estructuras de soporte de madera de los edificios. Las plagas urbanas son aquellos organismos que afectan al ser humano y sus pertenencias en habitats urbanos.

Figura 1. *Icerya purchasi* Maskell, posiblemente la primera plaga reportada del árbol urbano en Colombia. **Izquierda.** Primer plano. **Derecha.** Una infestacion de *I. purchasi*. Fotos por T. Kondo.

Estudios sobre artrópodos como plagas urbanas en Colombia son relativamente escasos. Se han realizado varios trabajos sobre hormigas como plagas urbanas en Colombia, p.ej., Chacón de Ulloa *et al*. (2002) determinaron ocho (8) especies de hormigas plagas asociadas a habitaciones humanas en siete (7) ciudades del departamento del Valle del Cauca. Montoya-Lerma *et al*.

(2006) determinaron la proporción de zonas verdes con presencia de nidos y el nivel de infestación de la hormiga arriera, *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), en tres comunas del municipio de Cali. En otro estudio en la ciudad de Cali, se reporta la resistencia de la cucaracha *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) a un piretroide (edeltametrina) (Piazuelo-Ramírez *et al.*, 2009).

En cuanto a plagas del árbol urbano en Colombia, los estudios son mucho más escasos, dispersos y esporádicos. Una de las primeras plagas urbanas reportadas en Colombia, es la cochinilla acanalada de los cítricos *Icerya* sp. (posiblemente *I. purchasi* Maskell) (Hemiptera: Monophlebidae) (Fig. 1). Con motivo de la celebración de la IX Conferencia Panamericana realizada en Bogotá en el año 1948, se introdujo al país un número de acacias con el propósito de embellecer las avenidas de la ciudad capital; las plantas importadas venían infestadas con una plaga, *Icerya* sp., que se aumentó a tal punto que los bogotanos no demoraron en llamarla "peste blanca" (Valenzuela, 1993). Afortunadamente, con la iniciativa del entomólogo Luis María Murillo y la colaboración de Francisco José Otoya, Hernando Osorno y Carlos Marín, se implementó un programa de control biológico clásico mediante la importación de la mariquita vedalia, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) que terminó controlando la plaga exitosamente (Valenzuela, 1993).

En Colombia, los árboles urbanos más utilizados son el gualanday (*Jacaranda caucana*), almendro (*Terminalia catappa*), oití (*Licania tomentosa*), mango (*Mangifera indica*), ficus benjamina (*Ficus benjamina*), tulipán africano (*Spathodea campanulata*), guayacán amarillo (*Tabebuia chrysantha*), pata de vaca (*Bauhinia* sp.), palma botella (*Roystonea regia*), samán (*Pithecellobium saman*) y pomarroso (*Syzygium malaccensis*) (Tovar-Corzo, 2013). En el Valle del Cauca, otras plantas comunes en el area urbana son los citricos *Citrus* spp., mirto *Murraya paniculata* (L.) Jack. y *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. (Rutaceae), especialmente como plantas de traspatio (T. Kondo, observacion personal). Cada árbol alberga su propia artropofauna, la cual es única. Hay plagas monófagas, que solo se alimentan de una especie de hospedero; las especies oligófagas que se alimentan de varias especies en una familia; y las especies polífagas que se alimentan de especies en más de una familia (Hodkinson y Hughes, 1982).

El alcance de este trabajo esta limitado a los pocos estudios que se han publicado en la literatura, comunicaciones personales y observaciones realizadas por el autor. La silvicultura urbana es compleja; cada ciudad, pueblo o municipio tiene una composición de árboles diferente y discutir sobre plagas del árbol urbano requiere de estudios minuciosos y detallados que deberian realizarse estudiando especie por especie de los árboles más comunes y afectados en cada sitio. Por esta razón, el presente estudio debera ser tratado mas bien como una introducción y/o resumen de las plagas del árbol urbano en Colombia. A continuación se presenta una breve información sobre algunos insectos plaga del árbol urbano.

Psilido Asiatico de los Citricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Fig. 2A)

En Colombia, el psilido Asiatico de los citricos *Diaphorina citri* (Fig. 2A) ha recibido una atención especial, ya que es un vector de la bacteria gram-negativa limitada al floema, *Candidatus Liberibacter* asiaticus, uno de los patógenos que causan la enfermedad devastadora de los cítricos "Huanglongbing" (HLB) o enverdecimiento de los cítricos (Halbert y Manjunath, 2004, Grafton-Cardwell *et al*., 2013; Kondo y Simbaqueba, 2014). Además de ser un vector de HLB, el psílido asiático de los cítricos, *D. citri*, puede causar daño directo a su planta hospedante, succionando grandes cantidades de savia, la inyección de toxinas que causan la malformación de las hojas y brotes y al inducir fumagina que crecen en el mielato que excretan (Michaud 2004). *Diaphorina citri* tiene una distribución mundial; en América del Sur se ha reportado en Argentina, Brasil, Colombia, Paraguay, Uruguay y Venezuela (Augier *et al*., 2006; Cermeli *et al*., 2007, EPPO, 2005, ICA 2010, Kondo y Simbaqueba 2014). En Colombia, *D. citri* se reportó por primera vez en 2007 y ha sido registrada en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Quindío , Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle del Cauca (ICA, 2010). *Diaphorina citri* ataca principalmente a *Citrus* spp., al menos dos especies del género *Murraya* y por lo menos otros tres géneros, todos en la familia Rutaceae (Mead & Fasulo, 2010). En la ciudad de Cali se observan comúnmente ninfas y adultos de *D. citri* sobre *Murraya paniculata*, *Swinglea glutinosa* y *Citrus* spp., pero no se le considera una plaga grave. Sin embargo, las poblaciones de *D. citri* en zonas urbanas pueden convertirse en focos y reservorios para *D. citri*, ayudando en su dispersion a zonas citricolas, actuando como puente.

***Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) (Fig. 2B)**

El pulgon del árbol de jupiter *Sarucallis kahawaluokalani* pertenece a la tribu Panaphidini en la subfamilia Calaphidinae (Favret, 2013). Es originaria del sudeste asiático, pero fue descrita originalmente a partir de muestras recolectadas en Hawai, por Kirkaldy (Herbert y Mizell, 2006). *Sarucallis kahawaluokalani* es la plaga más importante del árbol de jupiter *Lagerstroemia* spp. en los Estados Unidos y las infestaciones severas pueden causar daño cosmético debido a la fumagina que crece sobre sus excreciones, aunque la alimentación no parece tener efectos a largo plazo sobre la salud de la planta o su vigor (Herbert y Mizell 2006). *Sarucallis kahawaluokalani* también se conoce comúnmente en la literatura científica como *Tinocallis kahawaluokalani* (Kirkaldy, 1907). *Sarucallis kahawaluokalani* se distribuye ampliamente y se ha reportado en Alemania, Argentina, Brasil, China, Colombia, Corea, Cuba, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, Hawaii, Honduras, India, Italia, Japón, Panamá y Venezuela (Blackman y Eastop, 1994; Carrera y Cermeli, 2003; Evans y Halbert, 2007; Grillo, 2008; Higuchi, 1972; Kondo y Simbaqueba, 2014; Leclant y Renoust, 1986; Mier Durante *et al*., 1995; Peronti y Sousa-Silva, 2002; Quirós y Emmen, 2006; Szpeiner, 2008; Tsitsipis *et al*., 2007). Es la plaga más importante de *Lagerstroemia* spp. (Herbert y Mizell 2006; Mizell y Schiffhauer 1987). Además, *S. kahawaluokalani* es principalmente monófaga, monoica (vive todo su ciclo en la misma planta) y holocíclica (que tiene fases de reproduccion sexual y asexual) (Lazzari y Zonta-de-Carvalho,

2006), alimentándose principalmente de *Lagerstroemia indica* L., pero ocasionalmente se encuentra en *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) (Zemora, 2009) y *Punica granatum* L. (Lythraceae) (Mizell y Knox, 1993). En los EE.UU., *S. kahawaluokalani* es monófaga, alimentándose exclusivamente de *Lagerstroemia* spp. (Herbert y Mizell 2006). En Colombia *S. kahawaluokalani* se ha recolectado sólo sobre hojas de *Lagerstroemia indica* (Kondo y Simbaqueba, 2014).

***Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Fig. 2C)**

Actualmente hay aproximadamente 1.560 especies de moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) pertenecientes a alrededor de 160 géneros (Martin y Mound, 2007). Hay tres subfamilias de moscas blancas (existentes), i.e., Aleurodicinae, Aleyrodinae y Udamoselinae, y un pequeño número de taxones del registro fósil, incluyendo una subfamilia fósil, la Bernaeinae (Kondo y Evans, 2012). La subfamilia Udamoselinae sólo contiene dos especies sudamericanas en un género; la subfamilia Aleurodicinae está distribuida principalmente en el Nuevo Mundo (Región Neotropical) e incluye 133 especies en 19 géneros, y la subfamilia Aleyrodinae tiene una distribución mundial e incluye todas las otras moscas blancas descritas (1424 especies en 148 géneros) (Kondo y Evans, 2012). El cuerpo de la mosca blanca adulta de *Singhiella simplex* es de color amarillo y las alas son de color blanco con una banda débil de color gris hacia el centro del ala (Hodges, 2007) (Fig. 2C). Los estados inmaduros (huevos, ninfas y pupas) de *S. simplex* se pueden encontrar en la parte inferior de las hojas; las pupas son circulares, pequeñas, de color verde claro a opaco, con ojos rojos, y miden alrededor de 1,3 mm de largo y 1,0 mm de ancho (Hodges, 2007). En *Ficus microcarpa*, las pupas se encuentran en ambos lados de las hojas (Kondo y Evans, 2012). Según Hodges (2007), las infestaciones de *S. simplex* son fáciles de reconocer en *Ficus benjamina*, ya que las plantas severamente infestadas pierden muchas de sus hojas y muestran síntomas de defoliación. En las hojas infestadas, las diminutas moscas blancas adultas que parecen pequeños moscos se dan al vuelo y aparecen como pequeñas nubes blancas que vuelan desde el follaje (Hodges, 2007). Kondo y Evans (2012), reportaron a *S. simplex* en grandes poblaciones sobre *F. microcarpa*; que vuelan cuando se sacuden las ramas infestadas. Sin embargo, los árboles de *F. microcarpa* observados en el estudio de Colombia, parecían tolerar altas infestaciones de *S. simplex*, y no mostraban síntomas de defoliación ni clorosis como reportado por Hodges (2007) en la Florida en *F. benjamina* (Kondo y Evans, 2012). En Colombia, la defoliación, sintomas de clorosis y la fumagina que normalmente se asocia con las infestaciones de esta mosca blanca no se han observado hasta el momento, lo que sugiere que la mosca blanca puede estar bajo control natural donde se colectó en el Valle del Cauca o tal vez las condiciones ambientales no son adecuadas para su desarrollo en esta region (Kondo y Evans, 2012). Sin embargo, hay que anotar que la mosca blanca del ficus se ha convertido en una plaga de *Ficus* spp. en la mayoría de los paises donde se ha introducido, por lo que existe la posibilidad de que *S. simplex* podría convertirse en una plaga en Colombia en el futuro (Kondo y Evans, 2012).

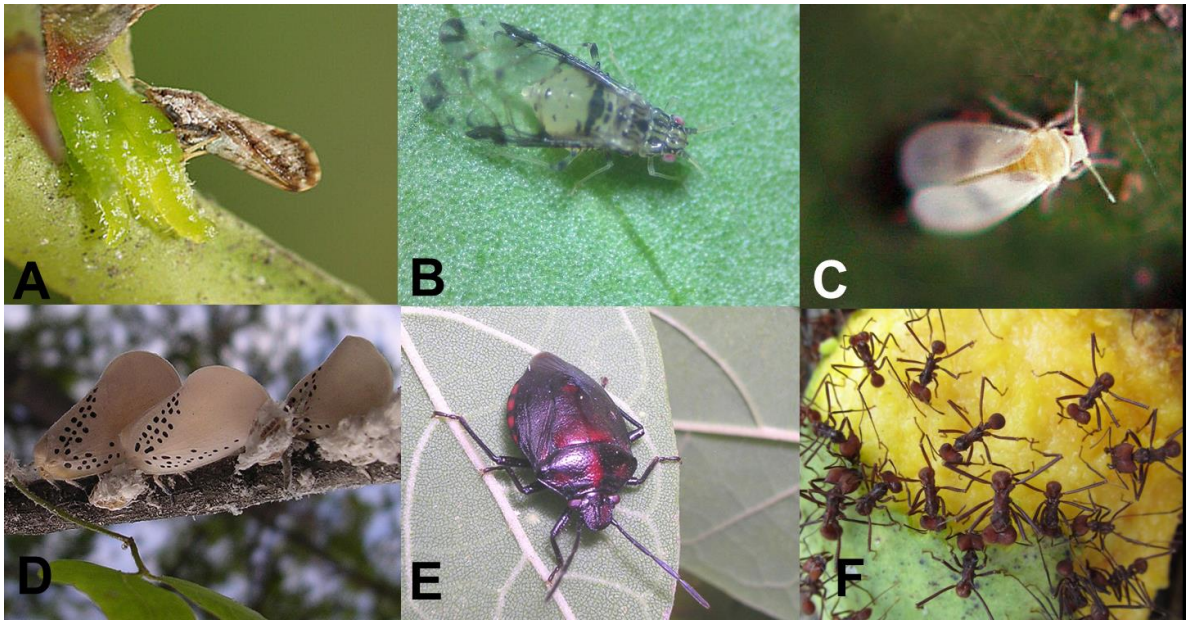


Figura 2. Algunas plagas (excluyendo escamas) del árbol urbano. **A.** Adulto de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **B.** *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae). **C.** *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae). **D.** *Poekilloptera phalaenoides* (L.) (Hemiptera: Flatidae). **E.** *Antiteuchus tripterus* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). **F.** *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae). Fotos por T. Kondo.

***Poekilloptera phalaenoides* (L.) (Hemiptera: Flatidae) (Fig. 2D)**

En la ciudad de Cali, *Poekilloptera phalaenoides* (L., 1758) (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Flatidae), conocida como la falsa polilla del Samán, es una plaga común en las ramas, afectando el Samán y otros árboles leguminosos. Este hemíptero se alimenta de la sabia de los árboles hospedantes, causando un debilitamiento a las plantas y resulta en su muerte cuando las poblaciones son muy altas. La falsa polilla del Samán, como lo indica su nombre, se asemeja a una mariposa, se caracteriza por tener un color amarillento pálido con puntos negros en las tegminas y alas (Costa Lima, 1942, Martins *et al*., 2011) (Fig. 2D). *Poekilloptera phalaenoides* se ha reportado desde México hasta Brasil (Maes, 2004; Martins, 2011). Este insecto es fitófago (Maes, 2004) y excreta una sustancia pegajosa que induce la fumagina que crece en las hojas y ramas de plantas hospedantes, cubriéndolas y obstruyendo hasta cierto nivel la respiración, transpiración y la fotosíntesis de la planta (Querino *et al*., 2007). Las plantas consideradas como posibles hospedantes de *P. phalaenoides* incluyen especies de los géneros *Cassia*, *Delonix* (Caesalpiniaceae), *Cajanus*, *Dipteryx* (Fabaceae), *Mangifera* (Anacardiaceae), *Anona* (Annonaceae), Eucalipto, *Psidium* (Myrtaceae), *Rosa*, *Prunus* (Rosaceae), *Coffea* (Rubiaceae), cítricos (Rutaceae), *Theobroma* (Malvaceae), *Albizia*, *Acacia*, *Enterolobium*, *Inga* y *Pithecelobium* (Mimosaceae) (Maes, 2004; Querino *et al*., 2007) y recientemente fue reportada en Brasil sobre *Acacia podalyriaefolia* (Martins *et al*., 2011). En la ciudad de Cali, en el

departamento del Valle del Cauca, *P. phalaenoides* es una plaga urbana común, que ataca varias especies de árboles leguminosos como el Samán *Pithecellobium saman*, lluvia de oro *Cassia fistula*, chiminango *Pithecellobium dulce*, flor amarillo *Cassia siamea* y carbonero *Albizia carbonaria* (T. Kondo, obervacion personal).

Antiteuchus tripterus (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) (Fig. 2E)

Los chinches o grajos (Hemiptera: Pentatomidae) son insectos comunes en el árbol urbano. Por ejemplo, para el mango, Posada (1989) reportó para Colombia tres especies de chinches limitantes. Estas especies son el Chinche pálido, *Antiteuchus pallescens* (Stal), el Chinche negro del cacao, *Antiteuchus tripterus* (F.) y *Macropygium reticulare* (Fabricius). Los adultos de *A. tripterus* (Fig. 2E) son dorso-ventralmente aplanados, con la superficie dorsal de color ladrillo a marrón oscuro o negro, con una textura densamente punteada en el pronoto y el escutelo. Los machos son generalmente más oscuros que las hembras. La longitud promedio del cuerpo de las hembras es de 12 mm y los machos son de 11 mm. Las ninfas son oscuras y aplanadas. Los huevos son de color claro (Panizzi y Grazia, 2001). *Antiteuchus tripterus* se menciona como una plaga de cacao en varios países de América del Sur y de las islas del Caribe (Callan, 1944; Lozano, 1955; Liceras y Castro, 1987). La atención materna en *A. tripterus* y su relación con parasitoides de huevos de la familia Scelionidae han sido estudiados por Eberhardt (1975).

Los chinches fitófagos (Hemiptera: Pentatomidae) son importantes plagas de muchos cultivos, principalmente atacando las semillas y frutos inmaduros. Durante su alimentación, los chinches introducen sus estiletes (aparato bucal chupador) para remover el contenido de las células. El daño incluye la caída y/o malformación de las semillas y frutas. Los pentatómidos son generalmente polífagos y se alimentan de plantas cultivadas y no cultivadas y, por consiguiente, las plantas silvestres desempeñan un papel importante en el aumento de los niveles de población de especies plagas. Las plantas silvestres son importantes recursos alimenticios para el desarrollo y la reproducción de ninfas y adultos. Debido a que estos chinches tienen varias generaciones al año y se alimentan frecuentemente de hospederos temporales, es común que los adultos se alimenten de hospederos diferentes a los de las ninfas. Estos chinches se pueden encontrar en todas las épocas del año, pero son más abundantes en los períodos de sequía. Los daños de los chinches se distinguen por la presencia de pústulas y manchas negras, algunas verrugosas sobre pedúnculos y frutos. Las ramas tiernas, fuertemente atacadas pueden secarse. Los frutos pequeños detienen su desarrollo, quedando pasmados; se secan y caen (Panizzi, 1997).

La hormiga arriera *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae)

Los miembros de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* se conocen como hormigas arrieras. Las hormigas del género *Acromyrmex* se caracterizan por construir nidos con una sola boca de entrada en forma de chimenea, utilizan materiales como residuos vegetales debajo del cual sólo se encuentra una cámara o nido. Por otro lado, las hormigas del género *Atta* se caracterizan por construir hormigueros con muchas bocas de entrada y numerosas cámaras internas, cuyo número varía con la edad del hormiguero (Ramos y Patiño, 2002). En los bosques naturales las hormigas

arrieras desempeñan importantes funciones, e.g., aceleran el ciclaje de los bioelementos, airean el suelo, diseminan semillas y promueven nuevos brotes de crecimiento en los árboles; y sus vertederos de desechos sirven de hábitat a algunas especies. No obstante, cuando la vegetación natural es removida para establecer cultivos de subsistencia y semicomerciales, se presenta un aumento desbordado del número de colonias e individuos que compiten en forma ventajosa con el hombre. En el Valle del Cauca, a este tipo de hormigas se le conoce localmente como "Arriera", afectando aproximadamente el 60% de zonas verdes, donde se pueden encontrar anidando en los alrededores de casas y edificios (Chacón de Ulloa, 2003). También se encuentra en zonas de recreación, jarillones y bordes de ríos (Manzano *et al*., 2003). *Atta cephalotes* ha colonizado la mayor parte de varias zonas verdes de la ciudad de Cali, considerándose una plaga urbana dada su amplia distribución, gran capacidad de colonización y por los impactos negativos directos (ataque y defoliación de césped y árboles urbanos) e indirectos (socavando con sus nidos el suelo, generando inestabilidad de las construcciones civiles, p.ej., jarillones, juegos infantiles y áreas recreativas) que ocasiona (Montoya-Lerma *et al*., 2006). En Suramérica se considera a las hormigas cortadoras de hojas una de las cinco plagas más dañinas. Las especies con mayor capacidad de corte son *Atta columbica* Guérin-Méneville y *A. cephalotes* (L.) (Fig. 2F) (Duran *et al*., 2002). También son un problema grave para la agricultura colombiana, dado que su hábito alimenticio está basado en láminas foliares que trasladan a sus hormigueros, en donde cultivan el hongo *Attamyces bromatificus*, base de su alimentación (Ramos & Patiño, 2002). La importancia económica de las hormigas arrieras está relacionada con el daño que ocasionan a las plantas cultivadas y que consiste en su defoliación parcial o total (Duran *et al*., 2002, Ramos y Patiño, 2002). Kondo (2010) resume varios métodos de control para estos insectos.

Insectos escama (Fig. 3A–I).

En el mundo existen aproximadamente 8,000 especies de insectos escama descritos hasta el momento (Ben-Dov *et al*., 2015). Las escamas son insectos pequeños, generalmente de menos de 5 mm (Kondo, 2001). Este grupo de insectos incluye todos los miembros de la superfamilia Coccoidea, y está compuesta de unas 32 familias (Kondo *et al*., 2008). Los insectos escama están relacionados con los pulgones (Aphidoidea), moscas blancas (Aleyrodoidea) y psílidos (Psylloidea) y juntos conforman el suborden Sternorrhyncha (Gullan y Martin, 2003). En Colombia se conocen 228 especies de insectos escama en 14 familias (Ben-Dov *et al*., 2015).

Los insectos escama son los insectos más comunes, diversos y abundantes en el árbol urbano. Durante más de un siglo, los científicos han documentado que los artrópodos plagas, incluyendo los insectos escama, son más abundantes en árboles urbanos que en los árboles rurales (Raupp *et al*., 2010). Por ejemplo, los insectos escama que afectan el mango en Colombia incluyen 35 especies distribuidas en 5 familias: Diaspididae, Coccidae, Pseudococcidae, Monophlebidae y Ortheziidae, en orden de riqueza de especies (Kondo, 2010).

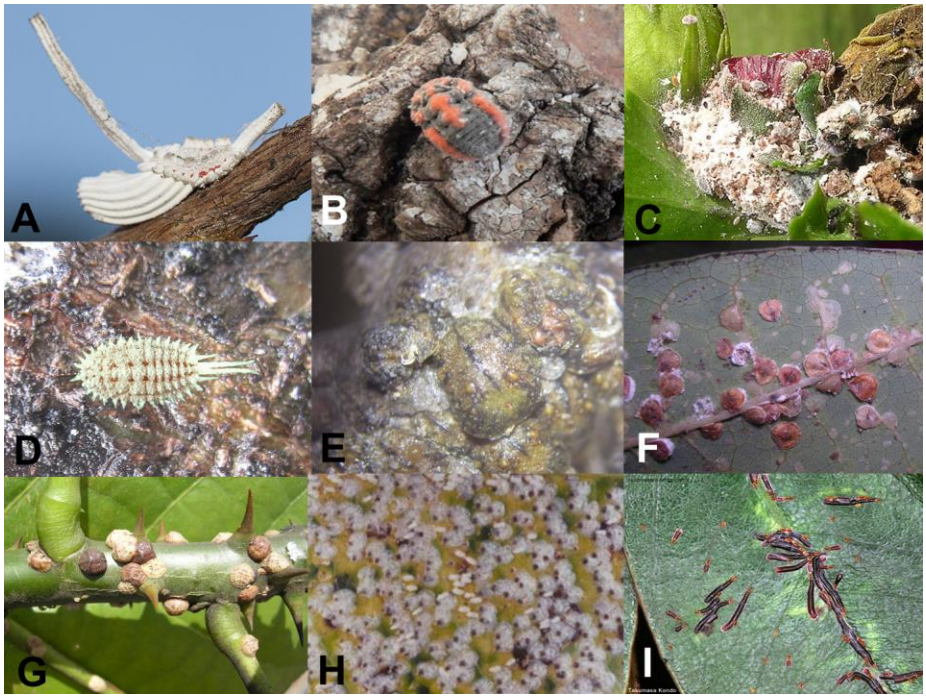


Figura 3. Algunos insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) comunes del árbol urbano en Colombia. **A.** *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh. **B.** *Protortonia ecuadorensis* Foldi. **C.** *Maconellicoccus hirsutus* (Green). **D.** *Pseudococcus calceolariae* (Maskell). **E.** *Pulvinaria caballeroramosae* Tanaka & Kondo. **F.** *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell). **G.** *Saissetia miranda* (Cockerell & Parrott). **H.** *Aulacaspis tubercularis* Newstead. **I.** *Ischnaspis longirostris* (Signoret). Fotos B por J. L. Cómbita-Chivatá, otras por T. Kondo.

Crypticerya multicicatrices Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae) (Fig. 3A)

Desde el 2010, se han reportado brotes poblacionales de la cochinilla acanalada de Colombia *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae), afectando los árboles que adornan la ciudad de Cali y la isla de San Andres. Los árboles a lo largo de las calles y avenidas fueron tan severamente afectados por este insecto escama, que causaron la muerte y el debilitamiento de muchos árboles urbanos. El insecto adulto es de forma elíptica, pequeño, de unos 5,0 milímetros de largo, con antenas, patas y ojos de color marrón-negro; el cuerpo es de color naranja a rojizo, cubierto por cera blanca, con un mechón corto en la cabeza y otro mechón largo en la parte posterior; las hembras producen una especie de estructura cerosa y alargada conocida como el ovisaco donde guardan unos 120 huevos (Kondo y Unruh, 2008; Kondo *et al*., 2012). Las especies de árboles más afectados por la cochinilla acanalada de Colombia son todo tipo de palmas, la mayoría de los árboles leguminosos como el samán, chiminango, acacia amarilla, y lluvia de oro, y frutales como la guayaba, el mango, cítricos, y pomarrosa (Kondo y Unruh, 2008; Kondo *et al*., 2012, 2014). En Cali, el insecto se encuentra distribuido en toda la ciudad, y se observan árboles completamente blancos y secos. La especie fue posiblemente introducida inadvertidamente a la isla de San Andrés donde muy probablemente llegó de

Colombia continental en plantas ornamentales. La especie es endémica de Colombia continental, donde existen muchas especies de enemigos naturales que la controlan (Kondo *et al*., 2012, 2014). En San Andrés los brotes poblacionales fueron controlados mediante un control biológico clásico fortuito; donde una mariquita *Anovia* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) controló esta plaga en tan solo ocho (8) meses desde su primer avistamiento en la isla (Kondo *et al*., 2014). Esta mariquita ocurre también en Colombia continental donde se encuentra comunmente asociada a *C. multicicatrices* y ha sido identificada como *Anovia punica* Gordon (González y Kondo, 2014).

***Protortonia ecuadorensis* Foldi (Hemiptera: Monophlebidae) (Fig. 3B)**

La cochinilla gigante de Ecuador, *Protortonia ecuadorensis* Foldi, se observó causando un brote poblacional durante los meses comprendidos entre septiembre de 2011 y febrero de 2012, afectando el árbol de Sauce *Salix humboldtiana* Willd. (Salicaceae) y otros árboles urbanos en los alrededores de la sede central de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en el departamento de Boyacá (J. L. Cómbita-Chivatá, comunicación personal).

***Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Fig. 3C)**

En Colombia, la cochinilla rosada del hibisco (CRH), *Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Fig. 3C), fue originalmente reportada en los departamentos de Atlántico, Cesar, Guajira y Magdalena (Kondo *et al*., 2008). La CRH fue introducida a Colombia en 2003 (Kondo *et al*., 2012); y se reportó como una plaga invasora en la isla de Providencia en 2010 (ICA, 2010) y luego en la isla de San Andrés en el 2012 (Kondo *et al*., 2012). En el Nuevo Mundo, la CRH fue por primera vez reportada en la isla de Granada en 1993 (Persad, 1995), y más tarde se extendió a muchas otras islas del Caribe, Brasil, Colombia, Estados Unidos (California y Florida), y Venezuela (Kondo *et al*., 2012). Al igual que *C. multicicatrices*, *M. hirsutus* probablemente llegó a las islas de San Andrés y Providencia en plantas ornamentales infestadas traídas de Colombia continental (Kondo *et al*., 2012). *Maconellicoccus hirsutus* ataca a una amplia gama de plantas predominantemente leñosas, incluyendo muchas plantas ornamentales. La planta ornamental *Hibiscus rosa-sinensis* es un hospedante típico atacado con frecuencia. El número de plantas hospedantes se extienden a 76 familias y más de 200 géneros, con alguna preferencia por plantas de las familias Fabaceae, Malvaceae y Moraceae (Garland, 1998; Mani, 1989). La CRH se le considera plaga en las zonas urbanas de la Costa Caribe donde ocurre este insecto, atacando diferentes especies de plantas, entre ellos el mango y árboles leguminosos.

***Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Fig. 3D)**

En Colombia, *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Fig. 3D) se ha registrado en los departamentos de Cundinamarca y Risaralda y ha sido interceptada en el puerto de Buenaventura, en el Valle del Cauca en frutos de manzana procedentes de Chile (Kondo *et al*., 2008). *Pseudococcus calceolariae* es una plaga cosmopolita y polífaga, posiblemente de origen Australiano (Williams y Granara de Willink, 1992). En la región Neotropical, *P. calceolariae*

habia sido reportada sólo en México y Chile (Williams y Granara de Willink, 1992). En Chile, González (2003) la identificó como una plaga común de frutas de hueso (p.ej., melocotones, albaricoques, cerezas). Campos-Salazar (2013), Pinzón Florián (2002) y Ramos Portilla *et al*. (2004) reportan a *P. calceolariae* como una plaga común, atacando a *Ficus andicola*, un árbol urbano en la ciudad de Bogotá. Pinzón Florián (2002) señaló que esta especie es más abundante en las zonas rurales de Bogotá con alta contaminación.

Pulvinaria caballeroramosae **Tanaka & Kondo (Hemiptera: Coccidae) (Fig. 3E)**

La escama blanda del caucho sabanero *Pulvinaria caballeroramosae* Tanaka & Kondo, 2015 (Hemiptera: Coccidae) afecta los troncos, ramas y ramitas de *Ficus soatensis* Dugand (Moraceae). Los machos adultos y pupas se entremezclan frecuentemente con las hembras inmaduras y adultos; las escamas blandas se encuentran comúnmente en grandes números sobre su único hospedero conocido, el caucho sabanero *F. soatensis*, un árbol urbano común en las calles y avenidas de Bogotá, a menudo causando la muerte regresiva de ramas y ramitas y en casos severos, la muerte regresiva de todo el árbol (Tanaka y Kondo, 2015). Las hembras producen ovisacos largos que son visibles en las ramas y ramitas infestadas. No se han reportado enemigos naturales (parasitoides o depredadores) de *P. caballeroramosae* (Tanaka y Kondo, 2015). En la ciudad de Bogotá, se realizan podas sanitarias y control biológico con el hongo entomopatógeno *Lecanicillium* sp. para controlar esta escama blanda (Campos-Salazar, 2013). Además de *P. caballeroramosae*, se ha reportado a *Pulvinaria psidii* Maskell y *Pseudococcus calceolariae* como plagas del árbol urbano,

Protopulvinaria pyriformis **(Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) (Fig. 3F)**

Protopulvinaria pyriformis (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) es conocida como una plaga del aguacate en Colombia donde se ha encontrado en las variedades de aguacate Booth 7, Booth 8, Lorena, Santana y Trinidad (Kondo *et al*., 2011). Se le conoce como ‘la escama piriforme’, por la forma de su cuerpo. Presenta un ovisaco corto que apenas sobresale del margen posterior del abdomen; el dorso es membranoso en hembras jóvenes y se oscurecen los bordes en las hembras más maduras (Fig. 3F) (Hamon y Williams, 1984). Esta especie es una de las escamas blandas más comunes del aguacate en el Eje Cafetero y el Valle del Cauca, y se ha registrado asociada a la presencia de fumagina en árboles donde estas escamas se encuentran en altas poblaciones. En la ciudad de Cali, los árboles urbanos de aguacate y pomarrosa frecuentemente presentan infestaciones altas de esta especie. El mango también es afectado por esta especie, pero se puede confundir con la escama blanda del mango *Milviscutulus mangiferae* (Green), la cual también es de forma piriforme, pero su coloración es verdosa (no ilustrada).

Saissetia neglecta **De Lotto (Fig. 3G)**

Saissetia neglecta es conocida como ‘la escama negra del Caribe’. Se caracteriza por una elevación en el dorso en forma de “H”. En las formas inmaduras se observa una coloración café clara, que se oscurece a medida que madura (Hamon y Williams, 1984). En Colombia ha sido

colectada sobre ramas de aguacate de las variedades Booth 8, Lorena, y Trinidad (Kondo *et al*., 2011). Además de *S. neglecta*, en Colombia se han registrado otras dos especies en este género, i.e., *S. coffeae* (Walker) y *S. oleae* (Olivier), las cuales también poseen una elevación en el dorso en forma de letra "H" y también son polífagas, atacando diferentes especies de plantas. En la ciudad de Medellín, se ha colectado *S. neglecta* sobre un árbol urbano *Erythrina* sp. (T. Kondo, observación personal).

Aulacaspis tubercularis Newstead (Hemiptera: Diaspididae) (Fig. 3H)

La escama blanca del mango, *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Fig. 3H) se ha registrado en 40 hospederos distribuidos en 15 familias botánicas a nivel Mundial (Miller y Gimpel, 2009). En Colombia, *A. tubercularis* se ha reportado en cítricos (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica*), y en papaya (*Carica papaya*) (Posada, 1989). Kondo (2001) registró a *A. tubercularis* sobre el mango en los departamentos de Tolima y Valle del Cauca. En Colombia, además de estos hospederos, se ha registrado sobre aguacatillo, *Persea* sp. y sobre auyama, *Cucurbita pepo* (Kondo y Muñoz-Velasco, 2009). En la ciudad de Cali, los árboles de mango están comúnmente infestados por *A. tubercularis*. Los insectos escama causan un daño cosmético cuando infestan los frutos. La escama blanca del mango *Aulacaspis tubercularis* causa síntomas de clorosis en las hojas y frutos (Kondo, 2010).

Ischnaspis longirostris (Signoret) (Hemiptera: Dispididae) (Fig. 3I)

Miller y Davidson (1990) listan a la escama negra filiforme o escama alargada *Ischnaspis longirostris* (Signoret) (Fig. 3I) como una plaga grave. Es una plaga de coco en Malasia (Chua y Wood 1990), de la palma de aceite en la India (Dhileepan, 1992), del mango y aguacate en las Islas Canarias (Pérez Guerra, 1986), y de café en México (Ibarra-Núñez 1990). Beardsley y González (1975) consideran que esta especie es una de las 43 especies de insectos escama plaga más importantes, y Miller y Davidson (1990) la consideran una plaga a nivel mundial. *Ischnaspis longirostris* es una especie común en árboles en zonas urbanas (Kondo, 2010). Además de las especies aquí mencionadas, hay muchas otras especies de insectos escama plagas en el árbol urbano, p.ej., *Aspidiotus destructor* Signoret (Hemiptera: Diaspididae), común en hojas de palmáceas, *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae) común en cítricos y crotón ornamental, y varias especies de cochinillas harinosas, p.ej., *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell), *Ferrisia* spp., *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti), *Nipaecoccus nipae* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae), que afectan una amplia gama de hospedantes.

Causas de altas poblaciones de insectos plaga fitófagos en árboles urbanos

Algunas hipótesis que pueden explicar la causa de las altas poblaciones de insectos fitófagos plagas en la ciudad de Cali incluyen las siguientes:

1. Contaminación del medio ambiente. En los últimos años se ha visto el aumento notable de carros en las ciudades, resultando en un incremento en la contaminación del aire debido a las

emisiones de gases contaminantes. Los enemigos naturales de los insectos plaga, o sea sus depredadores y parasitoides (insectos parásitos que matan a su presa al culminar su ciclo biológico) no se adaptan muy bien en la ciudad porque están directamente expuestos a la alta contaminación del aire.

2. Escasez de fuentes de alimento para los adultos de los enemigos naturales de la plaga. Una razón por la cual los enemigos naturales no son muy abundantes en la ciudad es por la falta de fuentes de alimento, como el néctar de las flores, necesario para la supervivencia de los insectos adultos, que escasean en las ciudades. En otras palabras, la ciudad tiene suficiente alimento para los insectos plaga, pero hay poco alimento para el mantenimiento de poblaciones sanas de sus controladores biológicos. La limpieza de las malezas embellece la ciudad, pero elimina al mismo tiempo las fuentes de alimento, como el néctar y el polen que requieren algunos de los insectos benéficos.

3. Calentamiento global. Las altas temperaturas promueven el crecimiento del insecto plaga, y pueden afectar negativamente a sus enemigos naturales y la resistencia de sus plantas hospedantes. Las poblaciones de los insectos plagas del árbol urbano tienden a incrementarse en épocas secas cuando las plantas hospederas se debilitan. También se puede pensar que las temperaturas óptimas de desarrollo difieren entre el insecto plaga y sus enemigos naturales, y que las condiciones actuales de la ciudad están favoreciendo a la plaga.

4. Fumigaciones con pesticidas contra plagas en la ciudad. En la ciudad de Cali se realizan fumigaciones periódicas con productos químicos para el control del mosquito de la fiebre amarilla, *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) que transmite el dengue (y también el Chikungunya) y para el control de otras plagas como la falsa polilla del Samán. Estas fumigaciones, no solo matan la plaga objetivo, pero también eliminan muchos insectos benéficos, incluyendo los enemigos naturales. Esto causa que en las siguientes generaciones se incrementen aún más las poblaciones de la plaga debido a la falta de enemigos naturales. Técnicamente, este fenómeno se conoce como “Resurgencia” y esto puede ser lo que está causando los brotes poblacionales de la cochinilla acanalada de Colombia en la ciudad de Cali.

Un estudio realizado en Raleigh, Carolina del Norte, EE.UU. con la escama blanda *Parthenolecanium quercifex* (Fitch), indica que el calentamiento urbano conduce directamente a un mayor abundancia de estos insectos en árboles urbanos (Meineke *et al*., 2013). Mientras que las dos hipótesis más comunes para explicar la abundancia de plagas elevada en las ciudades son los cambios en la calidad de la planta hospedante y la eficacia de los enemigos naturales, ese estudio no encontró pruebas de que estos factores contribuyan a los patrones de abundancia de *P. quercifex* en hábitats urbanos (Meineke *et al*., 2013). Según Meineke *et al*. (2013), la adaptación o aclimatación de plagas herbívoras en ambientes calientes puede representar un punto de inflexión ecológica donde los artrópodos plagas pueden superar las defensas de las plantas y escapar del control enemigo natural.

Para controlar las plagas del árbol urbano, hay que entender la causa del aumento de las poblaciones. Por ejemplo, *Crypticerya multicatrices* se convirtió en una plaga en la isla de San Andrés y en la ciudad de Cali por razones diferentes. En San Andrés la causa principal fue la falta de enemigos naturales que la controlaran, esto se conoce como "escape" de los enemigos naturales. Por otro lado, en Cali hay enemigos naturales porque la cochinilla acanalada de Colombia es endémica de esta región, pero estos no pudieron ejercer su control posiblemente debido a las razones arriba mencionadas. Es importante mantener el equilibrio ecológico entre los insectos y sus enemigos naturales en las zonas urbanas.

REFERENCIAS

Augier, L., Gastaminza, G., Lizondo, M., Argañaraz, M., Willink, E. 2006. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el Noroeste Argentino (NOA). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 65 (3-4): 67-68.

Ben-Dov, Y., Miller, D. R., Gibson, G. A. P. 2015. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. Consultado en la web: http:// www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm Fecha de consulta: 25 de abril, 2015.

Blackman, R. L., Eastop, V. F. 1994. Aphids on the world's trees. An identification Guide. CAB International; Wallingford, UK. 987 p.

Callan, E. M. 1944. Cacao stink-bugs (Hem., Pentatomidae) in Trinidad, B. W. I. Revista de Entomología 15 (3): 321-324.

Campos-Salazar, L. N. 2013. Afectación fitosanitaria y manejo integral del arbolado urbano del Distrito Capital: un estudio de caso en Caucho sabanero (*Ficus andicola*). Reporte del Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. 16 pp. Consultado en la web: http://www. metropol.gov.co/ZonasVerdes/Eventos/Afectacion_Fitosanitariaymanejo_Bogot%C3%A1.pdf Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Carrera, A., Cernelli, M. 2003. Inventario y fluctuación de áfidos alados en Caripe, Venezuela. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 69: 58-61.

Cermeli, M., Morales Valle, P., Perozo, J., Godoy, F. 2007. Distribución del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) y presencia de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera, Eulophidae) en Venezuela. Entomotrópica 22 (3): 181-184.

Chacón De Ulloa, P. 2003. Hormigas urbanas. Pp. 351-359. *En*: Fernández, F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.

Chacón De Ulloa, P., Jaramillo, G. I., Lozano, M. M. 2006. Hormigas urbanas en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 30 (116): 435-441.

Chua, T. H., Wood, B. J. 1990. 3.9.2. Other Tropical Fruit Trees and Shrubs. 543-552 In: Rosen, D. (Ed.), Armored Scale Insects, Their Biology, Natural Enemies and Control [Series title: World Crop Pests, Vol. 4B]. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. 688 pp.

DHILEEPAN, K. 1992. Insect pests of oil palm (*Elaeis guineensis*) in India. Planter 68: 193-191.

Duran, R. E., Cossio, F. G., Neita-M., J. C. 2002. Manejo y control de hormiga arriera (*Atta* spp. & *Acromyrmex* spp.) en sistemas de producción de importancia económica en el Departamento del Chocó. Convenio No 981273131. CARTILLA No 2. 21 p.

Consultado en la web: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127161317_Hormiga%20arriera%20parte%20dos.pdf

Eberhardt, W. G. 1975. The ecology and behavior of a subsocial pentatomid bug and two scelionid wasps: strategy and counter strategy in a host and its parasites. Smithsonian Contributions to Zoology 205: 1-39.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2005. Data Sheets on Quarantine Pests: *Diaphorina citri*. Consultado en la web: http://www.eppo.org/QUARANTINE /insects/Diaphorina_citri/DIAACI_ds.pdf Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Evans, G. A. 2008. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies. 703 pp. Consultado en la web: http://www.sel.barc.usda.gov: 8080/1WF/World-Whitefly-Catalog.pdf Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Evans, G. A., Halbert S. E. 2007. A checklist of the aphids of Honduras (Hemiptera: Aphididae). Florida Entomologist 90 (3): 518-523.

Favret, C. 2013. Aphid Species File. Université de Montréal. Consultado en la web: http://aphid.speciesfi le.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1160221 Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Garland J. A. 1998. Pest Risk Assessment of the pink mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green), with particular reference to Canadian greenhouses. PRA 96-21. Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, Canada.

González, R. H. 2003. Quarantine management of pome fruit mealybugs in Chile (Hemiptera: Pseudococcidae). Revista Frutícola 24 (3): 89-98.

González F., G., Kondo, T. 2014. Geographical distribution and phenotypic variation of *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae: Noviini), a predatory ladybeetle of fluted scales (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae). Insecta Mundi 0398: 1-6.

Grafton-Cardwell, E. E., Stelinski, L. L., Stansly, P. A. 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. Annual Review of Entomology 58: 413-32.

Grillo R., H. 2008. *Tinocallis kahawaluocalani* (Kirkaldy) (Hemiptera; Aphididae) en Cuba. Centro Agrícola 35(1): 89-90.

Gullan, P. J., Martin, J. H. 2003. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids and scale insects). pp. 1079-1089. En: V.H. Resh & R.T. Cardé (Eds), Encyclopedia of Insects. Academic Press, Amsterdam.

Halbert, S. E., Manjunath, K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87: 330-353.

Hamon, A., Williams, M. 1984. The soft scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). Arthropods of Florida and neighboring land areas. Gainesville, E.E.U.U.: Fla. Dept. of Agric. & Consumer Serv. Div. Plant Ind. 11: 194.

Herbert, J., Mizell, R. F. III. 2006. Crape myrtle Aphid, *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). University of Florida, 1–4.

Higuchi, H. 1972. A taxonomic study of the subfamily Callipterinae in Japan (Homoptera: Aphididae). Insecta Matsumurana 35 (2): 19-126.

Hodges, G. 2007. The fig whitefly *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae): a new exotic whitefly found on *Ficus* species in south Florida. Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Consultada en la web: http://www.freshfromflorida.com/pi/pest-alerts/singhiella-simplex.html Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Hodkinson, D., Hughes, M. K. 1982. Insect Herbivory (Outline Studies in Ecology). Chapman & Hall, 77 p.

ICA [Instituto Colombiano Agropecuario]. 2010a. Situación actual de HLB (Huanglonbing) y su vector el psilido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) en Colombia. Boletín Epidemiológico. 9 p.

ICA [Instituto Colombiano Agropecuario]. 2010b. Plan para el manejo y mitigación del riesgo ocasionado por la cochinilla rosada (*Maconellicocus hirsutus*) y la chinche acanalada (*Crypticerya multicicatrices*) en las islas de San Andrés y Providencia. Subgerencia de protección vegetal dirección técnica de epidemiologia y vigilancia fitosanitaria; gerencia seccional San Andrés y Providencia. Julio 2010. 15 p.

Kirkaldy, G. W. 1907. On some peregrine Aphidae in Oahu (Hem.). Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 1: 99-102.

Kondo-R., D. T. 2010. III. Insectos. Pp. 105-140. En: Bernal, J.A., Díaz, C.A. Eds. Tecnología para el cultivo de mango. Manual Técnico. Produmedios, Bogotá, Colombia. 199 pp. ISBN: 978-958-740-012-0.

Kondo, T., Evans, G. 2012. *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae), a new aleyrodid invasive species for Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 13 (2): 31-33.

Kondo, T., Gullan, P., González, G. 2014. An Overview of a Fortuitous and Efficient Biological Control of the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini), on San Andres island, Colombia. Acta Zoologica Bulgarica. Suppl. 6: 87-93.

Kondo, T., Gullan, P., Ramos Portilla, A. A. 2012. Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia, with an updated taxonomic key to iceryine scale insects of South America. Insecta Mundi 0265: 1-17.

Kondo, T., Muñoz-Velasco, J. A. 2009. Nuevos registros de *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae) en Colombia y experimentos de transferencia de hospederos. Revista Asiava 84: 18-20.

Kondo, T., Muñoz, J. A., López, R., Reyes, J., Monsalve, J., Mesa, N. C. 2011. Insectos escama y ácaros comunes del aguacate en el Eje Cafetero y el Valle del Cauca, Colombia. Corpoica. Produmedios, Bogotá, Colombia. 20 p.

Kondo, T., Ramos-Portilla, A. A., Vergara-Navarro, E. V. 2008. Updated list of mealybugs and putoids from Colombia (Hemiptera: Pseudococcidae and Putoidae). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 9 (1): 29-53.

Kondo, T., Simbaqueba Cortés, R. 2014. *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae), a new invasive aphid on San Andres island and mainland Colombia, with notes on other recent invasive species. Insecta Mundi 0362: 1-10.

Lazzari, S. M. N., Zonta-De-Carvalho, R. C. 2006. Modeling egg distribution of *Tinocallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) on *Lagerstroemia indica* L. (Lythraceae). Neotropical Entomology 35 (6): 762-768.

Leclant, F., Renoust, M. 1986. Le puceron du *Lagerstroemia* nouveau ravageur pour notre flore. Phytoma, Défense des Cultures 375: 49-50.

Liceras, L.; Castro, G. 1987. *Antiteuchus tripterus* (Fabricius) (Hemiptera, Pentatomidae) plaga nueva del cacaotero. Revista Peruana de Entomología (Perú). v. 30 p. 105.

Lozano, R.S. 1955. Biología del *Mecistorhinus tripterus* F. (Hem. Pentatomidae) y su posible influencia en la transmisión de la moniliasis del cacao. Cacao en Colombia 4: 15-42.

Mani, M. 1989. A review of the pink mealybug – *Maconellicoccus hirsutus*. Insect Science and its Application 10: 157-167.

Mannion, C., Osborne, L., Hunsberger, A., Mayer, H., Hodges, G. 2008. Ficus whitefly: A new pest in South Florida. University of Florida, IFAS Extension Bulletin, August 2008. Consultado en la web: http://miami-dade.ifas.ufl.edu/pdfs/urbanhort/The%20Fig%20Whitefly%20(AUG2008)%20Fact%20Sheet.pdf Fecha de consulta: 24 de abril, 2015.

Manzano, M. R., Chacón De Ulloa, P., Montoya-Lerma, J., Olaya, L. A., García, R., Vargas, G., Neira L. A. 2003. Expansión de la hormiga Arriera *Atta cephalotes* L. (Formicidae: Myrmicinae) en tres comunas del municipio de Cali (Valle). Resúmenes XXX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali. p. 94.

Martin, J. H., Mound, L. A. 2007. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). Zootaxa 1492: 1-84.

Martins Pires, E., Moreira Da Silva, I., Elias Pereira, A., Cola Zanuncio, J. 2011. Occurrence of *Poekilloptera phalaenoides* (Hemiptera: Flatidae) on *Acacia podalyriaefolia* (Mimosoideae) in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Revista Colombiana de Entomología 37 (1): 80-81.

Mead F. W., Fasulo T. R. 2010. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). FDACS/DPI Entomology. Circular 180. University of Florida, Gainesville, FL.

Meineke, E. K, Dunn, R. R., Sexton, J. O., Frank, S. D. 2013. Urban Warming Drives Insect Pest Abundance on Street Trees. PLoS ONE 8(3): e59687. doi:10.1371/journal.pone.0059687

Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in Central Florida. Biological Control 29 (2): 260-269.

Mier Durante, M. P., Santiago Merino, R., Suay Cano, V., Nieto N., J. M. 1995. *Tinocallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) en la Península Ibérica sobre el árbol de Júpiter, *Lagerstroemia indica*. Boletín de sanidad vegetal. Plagas 21: 349-35.

Miller, D. R., Gimpel, M. E. 2009. ScaleNet, family Diaspididae, Diaspidinae y Leucaspidinae. Consultado en la web: http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/hostsof.exe?Family=Diaspididae&genus=Aulacaspis+&species=tubercularis&subspecies= Fecha de consulta 25 de abril, 2015.

Mizell, R. F. III, Knox, G. W. 1993. Susceptibility of crape myrtle, *Lagerstroemia indica* L., to the crape myrtle aphid (Homoptera: Aphididae) in North Florida. Journal of Entomological Science 28: 1-7.

Montoya-Lerma, J., Chacon De Ulloa, P., Rosario-Manzano, M. 2006. Characterization of the nest of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) in Cali (Colombia). Revista Colombiana de Entomología 32 (2): 151-158.

Moreno Marí, J., Oltra Moscardó, M.T., Falcó Garí, J. V., Jiménez Peydró, R. 2007. El control de plagas en ambientes urbanos: criterios básicos para un diseño racional de los programas de control. Revista Española de Salud Pública. Madrid 81 (1): 15-24.

Panizzi, A.R. 1997. Wild hosts of Pentatomids: Ecological Significance and Role in Their Pest Status on Crops. Annual Review of Entomology 42: 99-122.

Panizzi, A. R., Grazia, J. 2001. Stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae) and an unique host plant in the Brazilian subtropics. Iheringia. Série Zoologia, No. 90 Porto Alegre, ISSN 0073-4721.

Peronti, A. L. B. G., Sousa-Silva, C. R. 2002. Aphids (Hemiptera: Aphidoidea) of ornamental plants from São Carlos, São Paulo state, Brazil. Revista de Biología Tropical 50 (1): 137-144.

Piazuelo Ramírez, M. M., Jaramillo Ramírez, G. I., González Obando, R. 2009. Resistencia a Deltametrina de cepas de *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) en la ciudad de Cali, Colombia. Revista Cubana de Medicina Tropical. Ciudad de la Habana 61 (3): 213-219.

Pinzón-Florían, O. P. 2002. Entomofauna asociada a especies arbóreas ornamentales de Bogotá: *Ficus andicola* Standley y *Quercus humboldtii* Bonpland. No publicado. Reporte, 35-70.

Posada, L. O., 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. ICA, Boletín Técnico No. 43. 4a Edición. Bogotá, p. 389-397.

Ramos-Portilla, A. A., Rodríguez, F., Serna-Cardona, F. J., Huérfano, X. 2004. Caracterización morfológica de los estados inmaduros de la cochinilla harinosa *Pseudococcus calceolariae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae). Resúmenes del XXXI Congreso de Entomología de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN.

Quiros, D. I., Emmen D. A. 2006. Diversidad biológica de los áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Panamá. Tecnociencia 8 (2): 63-75.

Ramos, A. A., Patino, O. A. 2002. Manejo integrado comunitario de la hormiga arriera. Boletín Técnico. ISSN 958-9066-63-1. Publicación ICA. Popayán. 20 p.

Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M., Herms, D. A. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. Annual Review of Entomology 55: 19–38.

Szpeiner, A. 2008. Aphididae (Hemiptera) on ornamental plants in Córdoba (Argentina). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 67 (1-2): 49-56.

Tanaka, H., Kondo, T. 2015. Description of a new soft scale insect of the genus *Pulvinaria* Targioni Tozzetti (Hemiptera, Coccoidea, Coccidae) from Bogota, Colombia. Zookeys 484: 111–120.

Tsitsipis, J. A., Nikos, K. I., John, M. T., Dionyssios, L. P., Apostolos, A. D., Ioanna, G., Kostas, Z. D., Dionyssios, P. C., Aristides, P. 2007. A contribution to the aphid fauna of Greece. Bulletin of Insectology 60 (1): 31-38.

Tovar-Corzo, G. 2013. Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. Revista Bitácora Urbano Territorial 22 (1): 119-136.

Toloza, A., Pinzón, P. 2002. Entomofauna asociada a especies arbóreas ornamentales de Bogotá: caracterización biológica, hábitos, enemigos naturales y fluctuación poblacional de *Pseudococcus calceolariae* Maskell en *Ficus andicola* Standley. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. 8 p.

Valenzuela, G. 1993. Aspectos históricos del control biológico. Pp. 1–8. In: Palacios, F. (ed.). Control biológico en Colombia: historia, avances y proyecciones. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 282 p.

Velasco, G. D. N., R.G. Moura, E. Berti Filho & H. T. Z. Do Couto. 2011. Avaliação da infestação por *Singhiella simplex* (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Ficus benjamina* no município de São Paulo, SP, Brasil. Revista de Agricultura 86 (2): 134-131.

Williams, D. J., Granara De Willink, C. 1992. Mealybugs of Central and South America. CAB International, London, Inglaterra.

PREVENCIÓN EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS FORESTALES (MIPF)

Alejandro Madrigal Cardeño

Asesor Particular. Ingeniero Agrónomo, Entomólogo. jamadriga@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El manejo de los problemas insectiles en cultivos agrícolas forestales y en explotaciones pecuarias ha venido evolucionando desde la primera guerra mundial, cuando se desencadenó el uso indiscriminado de productos químicos de gran impacto ambiental como los organoclorados, los fosforados y los carbamatos, los cuales ya a finales de la década de los 60s, diez a quince años después, habían causado tal magnitud de secuelas nocivas que se dio origen a una prolífera secuencia de investigaciones que permitieron descubrir problemas como la acumulación de los productos originales o sus metabolitos en las distintas fases del ambiente (agua, aire, suelo, biota); presencia de residuos en los productos alimenticios, tanto de origen vegetal como animal; desarrollo de resistencia de los insectos a los insecticidas, que a su vez incrementó el consumo por incremento de dosis y frecuencias de aplicación; problemas de salud en humanos por carcinogénesis, teratogénesis, mutagénesis, efectos neurológicos y otros.

Todo lo anterior dio origen al desarrollo del concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que cada vez da mayor importancia a estrategias como el control biológico, control microbial, control cultural y control etológico (Años 1970-2000).

En el nuevo milenio, el mundo empezó a tomar mayor conciencia de la importancia de la biodiversidad en el equilibrio de los ecosistemas y por ende en su sostenibilidad ambiental, económica y aún social. Tomaron fuerza conceptos como producción sostenible, resiliencia, conciliencia, control biológico neoclásico y otros que han venido enriqueciendo el acervo conceptual de técnicos, y comunicadores.

Hoy (2015), la presión de los consumidores norteamericanos y europeos han venido imponiendo restricciones al uso de productos químicos al exigir productos alimenticios y materias primas (especialmente fibras para vestimenta) libres de residuos de plaguicidas y esto a su vez ha impuesto a los productores la necesidad de implementar estrategias de producción limpia, con especial énfasis en el reconocimiento del valor de la biodiversidad como base fundamental de la sostenibilidad ambiental; se empezó también a reconocer y valorar los servicios del ecosistema.

LO QUE ES PREVENCIÓN EN MIPF

Es mejor (económica, social y ambientalmente) prevenir las plagas que controlarlas.

La prevención en MIPF consiste en identificar y manejar los factores de riesgo que propician las condiciones para el desarrollo de brotes o explosiones poblacionales de insectos fitófagos, entre ellos:

1. Cultivos homogéneos en grandes extensiones
2. Plantación de especies, variedades o procedencias en sitios que no llenan sus requerimientos ambientales.
3. Plantación de materiales muy susceptibles a plagas o enfermedades
4. Ausencia o inadecuada aplicación de las prácticas culturales como fertilización, densidad, podas, raleos, entresacas, etc.
5. Establecimiento de plantaciones sin ningún análisis de riesgos de plagas, tanto con especies nativas como introducidas.
6. Desconocimiento o no aplicación de los servicios de la biodiversidad

New (2005) enfatizó el concepto de agroecosistema así:

> "Agroecosistema: es una unidad de producción agrícola, como un campo, huerto o lote, entendido como ecosistema con linderos físicos (Gliesman, 1997). Sin embargo, los cambios en esta unidad agrícola, trascienden el lindero y afectan el área circundante y son afectados por ésta".

En este concepto se engloba el papel de la diversidad de controladores naturales no sólo dentro del agroecosistema sino en el entorno cercano (concepto del paisaje).

Wäckers van Rijn (2013) destacan la importancia de los requerimientos ambientales y nutritivos de los organismos, muy especialmente artrópodos carnívoros, para su sobrevivencia y funcionamiento:

> "El papel de los suplementos alimenticios en las interacciones planta-herbívoro-carnívoro es no sólo un importante aspecto básico de la ecología sino que también está directamente ligado a la disciplina del control biológico aplicado de plagas.

Hocking (1966) enfatizó que la poca o nula disponibilidad de alimento puede también limitar el establecimiento de parasitoides introducidos en programas de control biológico y anotó que la adición de fuentes de alimento al ecosistema puede ser una forma simple y efectiva para mejorar la efectividad de los enemigos naturales en los programas de control biológico. La primera forma sería la diversificación de los agroecosistemas.

La distribución de los parasitoides y los predadores en el campo está determinada por la distribución de las especies que proveen los recursos que ellos requieren y su presencia y funcionamiento en el tiempo depende de la fenología de las especies que proveen los recursos, por ejemplo floración para néctar y polen, estados susceptibles para los fitófagos (hospederos o presas), estados susceptibles o atractivos a chupadores, para la mielecilla, etc. Por esta razón la

diversidad de especies acompañantes no solo debe estar presente sino manejarse para asegurar continuidad en la provisión de los recursos esperados.

La diversidad vegetal ofrece diversidad de recursos para los enemigos naturales de los insectos fitófagos, entre ellos:

1. Diferentes sustancias de origen vegetal (PPF), como polen, néctar floral, néctar extrafloral, jugos y tejido vegetal.

2. Mielecilla, producida por chupadores de savia, como pulgones, moscas blancas, psilidos, etc.

3. Diversidad de hospederos para los parasitoides

4. Diversidad de presas para los predadores

Mientras los herbívoros amenazan continuamente la existencia de las plantas, éstas contrarrestan sus ataques de muchas formas, ejemplo, modificando su estructura (trocomas, endurecimiento del tejido, espesor de la cutícula), disminuyendo su calidad nutricional, mermando su digestibilidad, incrementando su toxicidad, produciendo sustancias repelentes y/o disuasoras, pero también promoviendo la efectividad de los enemigos de los herbívoros. Esta defensa indirecta de las plantas implica la provisión de cebos atrayentes, refugios y alimento como pago a los servicios de protección contra los fitófagos (Sabelis *et al.*, 1999, 2002; Price *et al.*,1980 citados por Sabelis *et al.*, 2013).

Necesidad del alimento de los parasioides

Como la mayoría de los artrópodos los predadores y los parasitoides pueden complementar su dieta carnívora con alimento tomado de plantas (PPF). Sin embargo, la necesidad de alimento vegetal por estos artrópodos ha sido pasada por alto; esto tiene varias razones: Muchas especies se alimentan específicamente de PPF (néctar y polen) sin causar daño visible a las plantas; en algunos de estos insectos los estados que son carnívoros no son los mismos que se alimentan con PPF; en otros artrópodos, los estados que son carnívoros se pueden alimentar también con PPF.

La importancia de la alimentación en los parasitoides adultos ha sido reconocida por cerca de un siglo, conforme lo mencionó Clausen desde 1940. Numerosos estudios de laboratorio han demostrado que la disponibilidad de alimento puede incrementar sustancialmente la longevidad y la fecundidad de himenópteros y dípteros parasitoides. En la actualidad, se conoce que la alimentación de los parasitoides sobre fuentes diferentes a sus hospederos, puede influir en muchos otros aspectos de su biología, tales como viabilidad de los huevos, diapausa en la progenie, decisiones de forrageo, eficiencia de búsqueda, inicio y tasa de reabsorción, razón sexual de la progenie e inicio del vuelo, entre otros (Olson, Takasu y Lewis, 2013).

Según las fuentes de alimento utilizadas (Olson *et al*., 2013), los parasitoides pueden separarse en cuatro amplias categorías en términos de los requerimientos de los adultos:

1. Especies pro-ovigénicas en las que los adultos requieren alimentarse para para su mantenimiento pero no para la producción de huevos (Jervis and Kidd, 1995; Jervis *et al*., 2001).
2. Especies sino-ovigenicas que no se alimentan de su hospedero, pero lo hacen sobre otras fuentes para su mantenimiento y producción de huevos (ej.; *Macrocentrus croceipes*) (Takasu and Lewis, 1993).
3. Especies sino-ovigénicas en las que las hembras se alimentan del hospedero para la producción de huevos y tanto machos como hembras se alimentan de otras fuentes para su mantenimiento (ej.: *Ooencyrtus nezarae* (Takasu and Hirose, 1991).
4. Especies sino-ovigénicas en las que las hembras se alimentan del hospedero para su mantenimiento y producción de huevos (ej: *Bracon hebetor*) (Jervis *et al.*, 1994, Takasu, no publicado).

Es preciso anotar que tanto los recursos nutritivos tomados del hospedero, como todos los demás implican la importancia de diversidad vegetal dado que ésta provee los recursos nutritivos para asegurar disponibilidad de hospederos.

El paisaje puede afectar dramáticamente la distribución y el potencial reproductivo de los parasitoides a través de la disponibilidad espacial y temporal de las fuentes de alimento, hospederos y refugios. Los estados tempranos del desarrollo del cultivo pueden implicar condiciones de alta temperatura, baja humedad relativa y ausencia de hospederos y fuentes de alimento, lo que imposibilita muchas especies de parasitoides para su colonización, pues allí no van a encontrar alimento, hospederos ni refugio (Olson, Takasu y Lewis, 2013). La densidad y diversidad de plantas y estados fenológicos puede también afectar la abundancia de alimento para los parasitoides y su habilidad para localizar su alimento y sus hospederos. La disponibilidad de nectarios florales y extraflorales varía en tiempo y espacio en las diferentes especies de plantas y en sus tiempos de floración.

El importante papel que juegan las plantas en las interacciones herbívoro-enemigo natural, a través de la provisión de alimento, hospederos y refugios, hace necesaria la comprensión mucho más profunda de esta compleja red de interacciones o inter dependencias para poder lograr un aprovechamiento más eficiente del trabajo de los parasitoides en la regulación de las poblaciones de fitófagos de los cultivos.

Importancia de los suplementos nutricionales para los predadores

Un predador típico muere de hambre o emigra cuando sus presas o los recursos complementarios no están disponibles o son escasos, permitiendo así a sus presas escapar a la predación y superar a su favor el equilibrio biológico.

Miles de especies de artrópodos predadores complementan su dieta con alimentación vegetal (Coll and Guershon, 2002), logrando así incrementar su tasa reproductiva, la supervivencia de los estados inmaduros, la longevidad y la fecundidad de los adultos (Wäckers *et al*., 2013), al respecto merecen destacarse algunos ejemplos (ver Tabla 1).

Tabla 1. Importancia de los suplementos nutricionales en el campo.

Predador	Presa	Alimentos complementarios	Referencia
Pentatomidae			
Podisus maculiventis	*Leptinotarsa* (L)	Hojas de papa	Ruberson *et al.*, 1986
	Lepidoptera (H)	Hojas y yemas de fríjol, hojas de tomate, apio y albahaca	Crom *et al.*, 1998
	Manduca (L)	Vainas de fríjol	Weiser and Stamp, 1998
Ligaeidae			
Geocoris bullatus	-Pulgón del guisante	-Semillas de girasol	Tamaki and Weekks, 1972
Geocoris pallens	-Pulgón del guisante	-Semillas de girasol	Tamaki and Weekks, 1972
Geocoris punctipes	-Polillas (H), Áfidos	Vainas de fríjol	Dunbar and Bacon, 1978
	Heliothis (H), *Spodoptera* (H)	Hojas de *Amaranthus, Chenopodium, Ambrosia, Bidens, Solidago, Crotalaria, Desmodium, Richardia*	Naranjo and Stimac, 1985
Anthocoridae			
Orius albidipennis	Lepidoptera (H) Thrips, Ácaros	Polen, vainas de fríjol	Cocuzza *et al*., 1997; Vacante *et al*., 1997; Bush *et al*., 1993; Kiman and Yeargan, 1985
Orius minutus	- Áfidos	Polen de *Corylus, Capsicum* y *Cucumis*	Salas-Aguilar and Ehler, 1977
Orius tristicolor	- Thrips	Polen y vainas de fríjol	Salas-Aguilar and Ehler, 1977
Chrysopidae			
Chrysoperla plorabunda	Áfidos de algodón	Nectarios extraflorales	Limburg and Rosenheim, 2001
Phytoseidae			
Amblyseius hibisci	Ácaros fitófagos	Mielecilla	McMurtry and Scriven, 1964
Amblyseius swirskii	Crawlers de *Coccus*	Mielecilla, Polen de *Ricinus*	Ragusa and Swirski, 1977 Bruce-Oliver *et al*., 1996
Euseius fustis	Ácaros fitófagos	Polen de maíz	Bruce-*Oliver et al*., 1996
Euseius hibisci	Tetranychidae	Mielecilla de áfidos y de moscas blancas	Zhimo and McMurtry, 1990
Euseius stipulans	Tetranychidae	Mielecilla de áfidos y de moscas blancas	Zhimo and Mc Murtry, 1990
Euseius tularensis	Tetranychidae	Mielecilla de áfidos y de moscas blancas	Zhimo and Mc Murtry, 1990
Typhlodromalus regrinus	Ácaros fitófagos	Polen de *Malephora*, *Quercus* y *Typha*	Fouly *et al.*, 1995

Eubanks y Styrsky (2013) recopilaron datos de 20 trabajos que cuantificaban el efecto de la alimentación en plantas sobre cinco parámetros biológicos de predadores omnívoros: tasa de desarrollo y de sobrevivencia de las ninfas y longevidad y fecundidad de los adultos y encontraron que estos parámetros se incrementaron en los porcentajes que a continuación se anotan:

- Tasa de desarrollo de los inmaduros: 73%
- Sobrevivencia de inmaduros: 69.8%
- Longevidad de las hembras: 71.3%
- Fecundidad de las hembras: 48.9%

Al igual que en los insectos predadores los ácaros predadores se desarrollaron más rápido y sobrevivieron mayor tiempo cuando sus dietas de presas se complementaron con alimento de origen vegetal.

La figura 1 ilustra los mencionados efectos de la alimentación sobre los predadores.

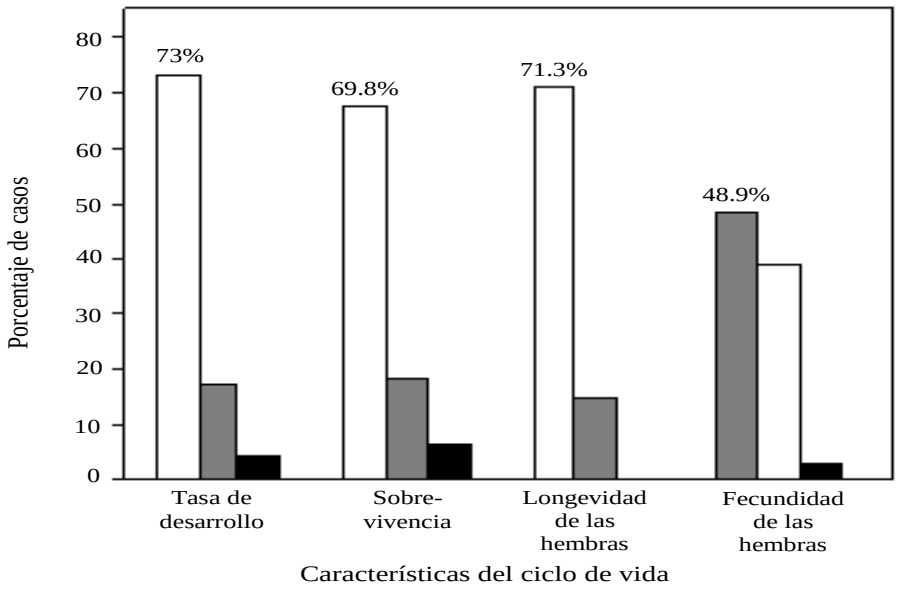


Figura 1. Efecto de la alimentación de origen vegetal sobre el desarrollo y sobrevivencia de insectos predadores.

Para algunas especies de predadores, el alimento vegetal es necesario para la reproducción; en dos estudios al respecto, los adultos de *Geocoris bullatus, G. pallens* y *G. punctipes* fueron incapaces de reproducirse cuando se alimentaron solo con áfidos, pero sí lo hicieron cuando esta dieta se complementó con semilla de girasol, fríjol verde o yemas vegetativas de fríjol. Así mismo, en ácaros predadores, las hembras que tuvieron acceso a polen incrementaron su fecundidad en 380% (Eubanks y Styrsky, 2013).

Algunos predadores pueden sobrevivir y reproducirse solo sobre una dieta vegetal, tal es el caso de *Orius insidiosus*¸ aunque su fecundidad es mucho mayor cuando se alimentan de sus presas (McCaffrey and Horsbugh, 1986).

En el caso de los ácaros predadores las ninfas pueden completar su desarrollo y las hembras reproducirse alimentadas solo con polen (Peña, 1992; Nomikou *et al*., 2001). McMurtry and Croft (1997) afirman que la mayoría de las especies de Phytoseiidae se pueden reproducir alimentadas sólo con polen, algunas a una tasa equivalente a la que alcanzan alimentándose con una dieta sólo de presas.

Eubanks y Styrsky (2013) recopilaron abundante información sobre otros aspectos en los cuales los suplementos alimenticios no vegetales mejoraron la acción de los predadores en parámetros como la capacidad de dispersión y la distribución, incremento en el tamaño de las poblaciones, incremento en la voracidad y capacidad para reducir las poblaciones de sus presas.

BIODIVERSIDAD Y MIPF

Los antiguos, y aún algunos relativamente recientes, libros de texto referentes al control de plagas, insistían, como una regla universal, en la eliminación de malezas, setos y vegetación de los linderos porque estos proveían refugio para plagas. Sin embargo, más recientemente se ha entendido que esta vegetación puede proveer alimento para muchas especies que no son plagas y promueven el incremento de enemigos naturales (Brown and Welker, 1992; Prokopy, 2003, citados por Kogan y Jepson (2007).

Aunque los sistemas de MIP son profundamente ecológicos en su naturaleza, nadie puede asegurar que ya hemos definido y formalizado las formas de desarrollar y explotar la teoría ecológica para maximizar su efectividad. Incuestionablemente debería hacerse mucho más investigación para una completa integración de la teoría ecológica a la práctica del MIP (Kogan y Jepson, 2007). Sin embargo, múltiples ejemplos de la aplicación de teoría ecológica al manejo de cultivos agrícolas en Europa, Norteamérica, China, Japón, Perú y Chile, entre otros han demostrado que es viable lograr un exitoso manejo de plagas con fundamento en el manejo de la biodiversidad.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) se ocupa directamente de la manipulación de las poblaciones de plagas potencialmente dañinas y el aprovechamiento de las sinergias entre las estrategias de control. El acercamiento a métodos sustentables de producción agrícola ha requerido minimizar el uso de químicos y otros insumos y sus efectos sobre organismos diferentes a las plagas.

Durante los último 20 a 30 años se ha dado una revolución en el pensamiento ecológico y la comprensión del funcionamiento de las poblaciones. Esta revolución encontró su expresión en el desarrollo de la teoría de las metapoblaciones, basada en el concepto de las poblaciones locales, integradas por sus movimientos (Hanski, 1999, Hanski and Gilpin, 1997). El concepto de las metapoblaciones se originó de modelos desarrollados por Levins (1969, 1970), pero su marco conceptual sólo empezó a ser ampliamente aplicado en ecología a partir de 1990 (Hanski and

Simberloff, 1997). Este concepto involucra necesariamente la comprensión de los conceptos de agroecosistema y paisaje en el contexto del MIPF.

Kogan y Jepson (2009) destacan cinco principios y metas que deberían guiar el manejo sostenible de los agroecosistemas.

1. Uso prudente de los recursos renovables y/o reciclables
2. Protección de la integridad de los sistemas naturales de tal modo que los recursos que ellos ofrecen sean continuamente regenerados.
3. Mejoramiento de la calidad de vida de individuos y comunidades
4. Rentabilidad sostenida para los productores
5. Una ética de la tierra que considere los derechos de todos los habitantes del planeta a los servicios de los ecosistemas.

Desde la perspectiva del MIP, el concepto de agricultura sostenible ofrece una plataforma para impulsar el MIP a los más altos niveles de integración (Kogan, 1998; Prokopy and Kroft, 1994; Prokopy and Kogan, 2003, citados por Kogan y Jepson, 2007).

La sostenibilidad está íntimamente ligada con la biodiversidad, dado que la sostenibilidad implica estabilidad ecológica y la estabilidad requiere la persistencia de las diversas interacciones ecológicas que comprende complejas redes tróficas (Chapin et al., 2000; Holling, 2001). Se requiere conservar la heterogeneidad del hábitat y maximizar la biodiversidad total por largo tiempo.

La diversidad de recursos provistos por las plantas acompañantes en los cultivos, a través del espacio y del tiempo asegura la permanencia, distribución y funcionamiento de los enemigos naturales aún durante los períodos de baja prevalencia de plagas en los cultivos.

La presencia de las especies fitófagas del cultivo sobre plantas acompañantes, permitirá además la permanencia de “subpoblaciones” susceptibles que ayuden a retrasar la manifestación de la resistencia en casos en que resultare necesario el uso de algún plaguicida químico.

Qué recursos ofrece la diversidad vegetal par la fauna benéfica:

1. Hospederos alternos que permiten a los parasitoides sobrevivir y multiplicarse en ausencia de la plaga.

2. Disponibilidad del hospedero primario en especies botánicas diferentes a la plantada.

3. Diversidad de presas para diversidad de predadores.

4. Disponibilidad de recursos nutricionales requeridos por los parasitoides sinoovigénicos para madurar su ovario, como son néctar (nectarios florales y extraflorales), polen, secreciones, mielecilla generada por fitófagos chupadores que se alimentan en la flora acompañante.

5. Refugio para la fauna benéfica.

6. Presencia de poblaciones del fitófago no sometidas a la aplicación de plaguicidas, lo que permitirá desacelerar la manifestación de la resistencia mediante las inter-reproducción de poblaciones tratadas y no tratadas.

Entre los recursos nutricionales que ofrecen las plantas a los parasitoides y predadores que las protegen de daños severos de los fitófagos, Wäckers (2005) cita los siguientes:

- Nectarios florales y extraflorales
- Polen
- Mielecilla de chupadores
- Frutos
- Savia Sustancia azucaradas superficiales (en tricomas, otros).
- Fluidos fungales
- Cuerpos alimenticios Beltianos, Müllenianos, Baccarianos, Perlados)
- Elaiosomas
- Secreciones de agallas
- Secreciones de glándulas dorsales de larvas de licenidos.

El mismo autor destaca como parámetros que afectan la disponibilidad de todos estos tipos de recursos nutricionales, son:

- Disponibilidad
- Apariencia
- Distribución
- Accesibilidad
- Composición nutricional
- Riesgos en el forrajeo

En el contexto de la sanidad forestal, la prevención en el MIP comprende

- Aspectos ambientales
- Aspecto biológicos
- Aspectos culturales

Aspectos ambientales:

1. Ubicación correcta de la especie, variedad o procedencia, de acuerdo con sus demandas ambientales.

2. Aspectos sociobotánicos, que a su vez determinan la disponibilidad de recursos y servicios del ecosistema.
3. Asociaciones naturales de flora (Diversidad espontánea) y Asociaciones modificadas (Diversidad planeada)
4. Diversidad de artrópodos

Aspectos biológicos:

1. Susceptibilidad de la especie plantada a diferentes especies fitófagas
2. Diversidad de fitófagos que la atacan
3. Etapas fenológicas críticas
4. Diversidad de enemigos naturales nativos

Aspectos culturales

1. Distribución y densidad
2. Manejo de la flora nativa
3. Fertilización
4. Limpias
5. Podas
6. Raleos
7. Entresacas
8. Tala

La prevención en el contexto del MIP, también involucra el conocimiento de las plagas exóticas potenciales y los análisis previos de riesgos de plagas, tanto exóticas como invasoras.

Crias abiertas de parasitoides

Consiste en propiciar en el cultivo los recursos y condiciones para el establecimiento, distribución y funcionamiento de parasitoides para la regulación de plagas claves. Un ejemplo bastará para una buena comprensión del concepto:

Es ampliamente conocida la importancia económica de la mosquita minadora *Liriomyza huidobrensis*, como plaga clave en cultivos como fríjol, lechuga, pimientos, papa y otros. Norma Mujica, Verónica Cañedo, Jesús Alcázar y otros investigadores del Centro Internacional de la Papa (CIP), en Perú, desarrollaron un completo estudio que comprendió los siguientes aspectos.

1. Inventario de insectos, dañinos y benéficos asociados al cultivo de la papa.
2. Inventarios de arvenses frecuentes en el cultivo y sus alrededores.
3. Inventario de agromícidos de ocurrencia endémica en las arvenses del cultivo y sus alrededores.

4. Inventario de parasitoides actuando sobre los agromícidos en el cultivo y en las arvenses de los alrededores.

Entre los muchos hallazgos de este estudio, se destaca:

1) La ocurrencia en el paisaje del cultivo de la papa de especies de agromícidos, entre los cuales solo *L. huidobrensis* causa daños de importancia en el cultivo.

2) Que la especies arvense *Galinsoga parviflora* es una excelente hospedera de *L. sabaziae* y que este minador tiene en común con *L. huidobrensis* 10 especies de parasitoides.

3) Por varios estudios anteriores y experiencias de manejo, se conoce que el maíz es una planta que ofrece gran cantidad de recursos para enemigos naturales y además es hospedera de *L. graminivora*. Sobre ésta se registran en Perú 13 especies de parasitoides, 8 de los cuales le son comunes a *L. huidobrensis*.

Con base en lo anterior se desarrolló la propuesta de crías abiertas de parasitoides para control de *L. huidobrensis*, inicialmente aplicado en el cultivo de la papa, pero de igual utilidad para cultivos de pimiento, fríjol, lechuga, ornamentales y otros. El sistema consiste en:

1. Permitir la presencia de arvenses en los alrededores del cultivo.

2. Sembrar una hilera (surco) de plantas acompañantes alternando cada cierto número de surcos (10 por ejemplo) de maíz y *Galinsoga parviflora*. Estas plantas acompañantes en ningún caso recibirán aplicaciones dirigidas de químicos.

3. Minimizar el uso de insecticidas y si fuere necesario recurrir a productos bioracionales. Por otro lado, se trabaja en un modelo más completo de MIP que integre a todas las que amenazan el cultivo.

El modelo de cría abierta de parasitoides puede tener una interesante aplicación en plantaciones forestales con Colombia para el control de varias especies de geométridos defoliadoras de ciprés, pinos y eucaliptos, como son *Cargolia arana*, *Glena bisulca*, *Melanolophia commotaria* y *Sabulodes glaucularia*, a todas las cuales ataca el parasitoide *Cratichneumon* sp., el cual a la vez parasita a *Pantherodes pardalaria* (Lep.: Geometridae) que se alimenta en *Bohemeria caudata* (arbustiva) y *Palustra tenuis* (Lep.: Arctiidae) que se alimentan y en gramíneas presentes dentro de las plantaciones (si la densidad se los permite) o en áreas circundantes.

Si se propicia la presencia de estas arvenses, se asegura la permanencia y abundancia de *Cratichneumon* sp., como regulador de poblaciones de los defoliadores del ciprés, pinos y eucaliptos a unos costos económicos mínimos. Debe tenerse en cuenta que este parasitoide, en su

estado adulto necesita alimentarse de néctar en varias plantas, entre ellas nigüitos (*Miconia* sp.), chilcas (*Baccharis* sp.) y cítricos para su oogénesis.

COMO INCREMENTAR LA BIODIVERSIDAD ÚTIL AL MIP EN PLANTACIONES FORESTALES

Existen múltiples formas para manejar la diversidad botánica en los ecosistemas forestales como punto de partida para incrementar la biodiversidad y por ende la estabilidad del agroecosistema; entre ellas, las siguientes:

1. Buen manejo de la competencia de las arvenses durante el período de establecimiento de la plantación, evitando en lo posible la limpia total cuando ésta no fuere necesaria. Es muy importante el criterio del técnico (Ingeniero forestal) para buscar un punto en el cual no se permita una exagerada competencia de las arvenses con la especie plantada.
2. Dejar fajas de vegetación nativa, no solo en la periferia de los rodales, sino también internas.
3. Hacer un diseño de la plantación en el cual se considera la distribución y composición de la vegetación acompañante (diversidad planeada), teniendo en cuenta:
   1) Linderos de la plantación se pueden enriquecer con especies forestales explotables, pero que a su vez aporten recursos para la fauna benéfica (ver Tabla 2), además de permitir o plantar especies arbustivas que cumplan igual función.
   2) Hileras: Una o dos hileras de árboles explotables en madera y que cumplan las funciones anotadas en el numeral 1 (ver Tabla 2); se sugiere uno o dos surcos cada 10 a 20 hileras de la especie principal.
   3) Islas: También llamadas parches o manchas plantadas con especies que aporten recursos para la fauna benéfica.

La Tabla 2 presenta una lista de especies forestales que pueden emplearse no solo por su producción sino también como acompañantes de la plantación con aporte de recursos para la sostenibilidad ambiental y paisajística.

La composición botánica en cada uno de esos arreglos puede seleccionarse dentro de la siguiente clasificación:

1) Diversidad completamente espontánea.
2) Diversidad espontánea modificada
   - Con eliminación de algunas especies por su exagerada capacidad de competencia o por ser hospederas de algún patógeno que pueda implicar algún riesgo para la plantación, especialmente virus.
   - Con incremento de especies que sean de especial interés por los recursos que aportan para parasitoides o predadores.
   - Con incremento y eliminación.

Tabla 2. Algunas especies de árboles y arbustos que ofrecen recursos importanteS para la sobrevivencia, reproducción y funcionamiento de la fauna benéfica

ARBOLES QUE OFRECEN RECURSOS PARA LA FAUNA BENEFICA

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
Baccharis brachylaenoides	Chilco	*Jacaranda copaia*	Chingalé, Pavito
Baccharis nítida	Chilco blanco	*Myrcia popayanensis*	Arrayán
Cassia velutina	Alcaparro gigante	*Myrcianthes leucopxila*	Arrayán
Cordia alliodora	Nogal cafetero	*Panopsis metcalfii*	Yolombo
Cytharexylum subflavescens	Cajeto, garagay	*Pithecellobium dulce*	Chiminango
Eucalyptus camaldulensis	Eucalipto	*Pittosporum undulatum*	Jazmín, Laurel huesito
Eucalyptus citriodora	Eucalipto	*Salix humboldtii*	Sauce llorón
Eucalyptus saligna	Eucalipto	*Tabebuia chrysantha*	Guayacán amarillo
Gliricidia sepium	Matarratón	*Tithonia diversifolia*	Botón de oro
Gmelina arbórea	Melina	*Turnefortia fuliginosa*	Desvanecedora
Ilex nervosa	Cardenillo	*Turnefortia scabrida*	Guázimo blanco
Inga spp.	Guamos	*Weinmannia pubescens*	Encenillo
Jacaranda caucana	Gualanday		

3) Diversidad planeada consiste en establecer linderos de fincas, linderos de plantaciones, hileras o islas de vegetación completamente planeada con fines de producción y protección.

ANALISIS PREVIO DE RIESGOS DE PLAGAS

Otro importante componente de la prevención son los análisis previos de riesgos de plagas (APRP) que aunque se desarrollaron y tienen mayor aplicación en la prevención de establecimiento de plagas introducidas, también puede aplicarse a la prevención de plagas nativas en zonas donde se pretenda establecer nuevos proyectos agrícolas o forestales.

El proceso de análisis previo de riesgo de plagas (APRP) es un instrumento técnico que se utiliza para la toma de decisiones relativa al establecimiento de cultivos, plantaciones forestales y otras explotaciones agropecuarias, según la favorabilidad que las zonas a plantar presenten para plagas de importancia económica.

Se evalúan parámetros biológicos y ambientales que permitan establecer los riesgos de incidencia de plagas o enfermedades en un cultivo determinado que se pretenda establecer en una región en la cual no existe en extensiones de importancia económica significativa o en las condiciones ambientales que impondrían los sistemas de agricultura industrial en zonas de agricultura tradicional de minifundio que usa diversidad de especies cultivadas en parcelas de pequeña magnitud.

La mayoría de la información para una APRP consiste en datos históricos de especies cultivadas en la zona, plagas que las afectan y especies de insectos fitófagos presentes sobre especies

botánicas afines al cultivo y comunes en la región. Esta información se confronta con los listados conocidos de plagas del cultivo que se pretende establecer, su importancia económica y las estrategias de manejo.

El APRP sirve para conocer previamente que especies fitófagas tienen mayor probabilidad de constituirse en plagas en cultivos nuevos que se establezcan en la región o que incrementen significativamente las áreas sembradas y para establecer si estos problemas pueden constituirse en una amenaza para el nuevo modelo de explotación agrícola. También permite llamar la atención sobre qué medidas de mitigación o manejo son necesarias para minimizar tales riesgos.

El APRP determina si el nivel de riesgo es bajo, medio o alto. Si el riesgo es bajo no implica amenaza alguna para la inversión; si es medio, implica la necesidad de hacer correctivos en las prácticas de cultivo para minimizarlo; y si el riesgo se considera inaceptable, se recomienda buscar zonas de menor riesgo. El análisis podrá proponer opciones en materia de manejo que puedan reducir el riesgo a un nivel aceptable.

En la etapa inicial se deben preparar listas de organismos nocivos para el cultivo de interés; luego se procederá a su análisis en forma individual, o bien por gremios tróficos que agrupen especies que tengan características biológicas y/o hábitos alimenticios comunes.

Lo ideal en un APRP sería el análisis de datos históricos disponibles de cultivos de la región, insectos fitófagos asociados a ellos y sus grados de incidencia económica en los rendimientos, costos de control y datos económicos de productividad y valor en el mercado. Si no se dispone de registros, el análisis se basa en datos de revisiones de campo y entrevistas con los agricultores de la región complementados con la información sobre las plagas registradas en los diferentes cultivos y con la experiencia de los profesionales que se ocupan del análisis.

Una de las ventajas de conocer los riesgos de plagas potenciales es poder incorporar, en el diseño de los huertos, medidas de mitigación o amortiguación de dichos riesgos, incorporando componentes que favorezcan el establecimiento, permanencia y funcionamiento de los complejos de reguladores naturales que mantienen a los insectos fitófagos a niveles que no causen daño económico. También permiten diseñar esquemas de monitoreo y manejo integrado de plagas (MIP), pensando en los problemas que con mayor probabilidad se presentarán.

Estructura del APRP

El proceso de APRP consiste en tres etapas:

- Etapa 1: Acopio de información general
- Etapa 2: Evaluación del riesgo de plagas
- Etapa 3: Manejo del riesgo de plagas

Recolección de información

Durante todo el proceso se debe recolectar y analizar la información que se necesite para llegar a formular recomendaciones y conclusiones. Cuando falte información o cuando ésta no sea concluyente, se podrá apelar a la opinión de expertos con experiencia en el tema.

Los elementos principales que se han de documentar son los siguientes

- finalidad del APRP
- identidad de los organismo dañinos
- área geográfica considerada en el APRP
- atributos biológicos de los organismo y evidencia de su capacidad para ocasionar daños
- tipo y grado de riesgo y posibles medidas para compensarlo

Dentro de este mismo campo, (APRP) se incluye la prevención en lo que a plagas introducidas se refiere, ya que éstas constituyen una constante amenaza. Este análisis debe proveer las estrategias para minimizar los riesgos de establecimiento en cada una de las etapas que implica el proceso desde el origen de la plaga hasta su llegada al sitio donde se puede constituir en nueva plaga (Naturalización), teniendo en cuenta también los componentes ambientales y bióticos que determinan su colonización, impactos, resiliencia y consiliencia.

REFERENCIAS

Bruce-Oliver, S.J.; M.A. Hoy and J.S. Yaninek. 1996. Effect of some food sources associated with cassava in Africa on the development, fecundity and longevity of *Euseius fustis* (Pritchard and Baker) (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 20: 73-75.

Bush, L.; T.J. Kring and J.R Ruberson. 1993. Suitability of greenbugs, cotton aphids and *Heliothis virescens* eggs for develpment and reproduction of *Orius insidiosus*. Entomología Experimentalis et Applicata 67: 219-222.

Chapin, F.S. et al. 2000. Consequences of changing biodiversity. Nature 405: 234-242.

Clausen, C. P.1940.Entomophagous insects. McGraw-Hill Book Company. New York: 688pp.

Cocuzza, G.E.; P. de Clercq; M. van Veire, et al 1997. Reproduction of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. Entomología Experimentalis et Applicata 82: 101-104.

Coll, M. and M. Guershon. 2002. Omnivority on terrestrial athropods: mixing plant and prey diets. Annual Review of Entomology 47: 267-297.

Crum, D.A.; L.A. Weiser, and N, E. Stamp. 1998. Effects of prey scarcity and plant material as a dietary supplement on an insect predator. Oikos 81: 549-557.

Dunbar, D.M. and O.G. Bacon. 1972. Feeding, development and reproduction of *Geocoris punctipes* (Heteroptera: Lygaeidae) on eight diests. Annals of the Entomological society of America 65: 892-895.

Eubanks, M.D. and J.D. Styrsky. 2013. Effects of plant feeding on the performance of omnivorous "predators". In: Wäckers, P.C.; P.C.J. van Rijn and J. Bruin (eds). Plant provided food for carnivorous insects. Cambridge University Press, Cambridge. Pp.148-177.

Fouly, A.H.; M.M. Abou-Setta and C.C. Childers. 1995. Effects of the diet on the biology and life tables of *Thyphlodromalus peregrinus* (Acari: Phytoseiidae). Environmental Entomology 24: 870-874.

Hanski, I. and D. Simberloff. 1977. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. In: I.A.G. Hanski and M:E. Gilpin (eds.), Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution. Academic Press, San Diego, CA. Pp. 5-26.

Hanski, I.A. 1999. Metapopulation ecology. Oxford series in Ecology and Evolution. Oxford University Press.

Hanski, I.A. and M.E. Gilpin (eds). 1997. Metapopulation: Ecology, genetics and evolution. Academic Press, San Diego, CA.

Hocking, H. 1966. The influence of food on longevity and oviposition in *Rhyssa persuasoria* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Journal of Australian Entomological Society 6: 83-88.

Holling, C.S. 2001. Understanding the complexity of economic ecological, and social system 4: 390-405.

Jervis, M.A. and N.A. Kidd. 1995. Incorporating physiological realism into models of parasitoid feeding behaviour. Trends in Ecology and Evolution 10: 434-436.

Jervis, M.A.; G.E. Heimpel; P.N. Ferns; J.A. Harvey and N.A. Kidd. 2001. Life-history strategies in parasitoid wasps: a compensative analysis of "ovigeny". Journal of Animal Ecology 70(3): 442-458.

Kiman, Z.B. and K.V. Yeargan. 1985. Development and reproduction of the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) reared on diets of selected plant material and arthropod prey. Annals of the Entomologica Society of America 78: 464-467.

Kogan M. and P. Jepson (eds). 2007. Perspectives in ecological theory and integrated pest management. Cambridge University Press, U.K. 570 p.

Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspective and contemporary developments. Annual Review of Entomology 43:243-270

Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogenity for biological control. Bulletin of the Entomological Society of America 15: 237-240.

Levins, R. 1970. Extinction. Lectures on mathematics in the life. Sciences 2: 77-107.

Levins, R. 2007. From simple IPM to the management of agroecosistems. In: Kogan, M. and P. Jepson. Perspectives in ecological theoriy and integrated pest management. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. pp. 45-64.

Limburg, D.D. and J.A. Rosenheim. 2001. Extrafloral néctar comsuption and its influence on survival and development on an omnivorous predator, larval *Chrysoperla plorabunda* (Neuroptera: Chrysopidae). Environmental Entomology 30: 595-604.

Mc Murtry, J.A. and B.A Croft. 1997. Life styles of phytosiid mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology 42: 291-321.

Mc Murtry, J.A. and G.T. Scriven. 1964. Studies on the feeding, reproduction and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. Annals of the Entomological Society of America 57: 649-655.

McCaffrey, J.P. and R.L. Horsburg. 1986. Biology of *Orius insidiosus* (Heteroptera Anthocoridae): a predator in Virginia Apple orchards. Environmental Entomology 15: 984-988.

Naranjo, S.E. And J.L. Stimac. 1985. Development, survival and reproduction of *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae): effects of plant feeding on soybean and associated weeds. Environmental Entomology 14: 523-530.

New T.R. 2005. Invertebrate conservation and agricultural ecosystems. Cambridge University Press, U.K. 354 p.

Nomikou, M.; A. Jansen; R. Scraag and M.W. Sabelis. 2001. Phytosiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. Experimental and Applied Acarology 25: 271-291.

Olson, D.M.; K. Takasu and W.J. Lewis. 2013. Food needs of adult parasitoids: behavioral adaptations and consequences. In: Wackers, P.; C.V. van Rijn and J. Bruin (eds). Plant-provided food for carnivorous insects: a perspective mutualism and its applications Cambridge University Press. Pp. 137-177.

Peña, J.E. 1992. Predatory-prey interactions between *Typhlodromalus peregrinus* and *Polyphagotarsonemus latus*: effects of alternative prey and other food resources. Florida Entomologist 75: 241-248.

Prokopy, R.J. and B.A. Croft. 1994. Apple insect pest management. In: Metcalf, R.L. and W.H. Luckmann (eds). Introduction to insect pest management. Wiley, New York. Pp. 543-586.

Ragusa, S. and E. Swirski. 1997. Feeding habits, post-embrionic and adult survival, mating virility, and fecundity of the predaceous mite *Amblyseius swirskii* (Acarina: Phytoseiidae) on some coccids and mealy bugs. Entomophaga 22: 383-392.

Roberson, J.R.; M.J. Tauber and C.A. Tauber. 1986. Plant feeding by *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae): effect on survival, development and preoviposition period. Environmental Entomology 15: 894-897.

Sabelis, M.W.; C.J. van Rijn and A.A Jansen. 2013. Fitness consequenses of food-for protection strategies in plants. In: Wäckers, P.C.; P.C.J. van Rijn and J. Bruin (eds). Plant provided food for carnivorous insects. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 109-134.

Salas-Aguilar, J. and L.E. Ehler. 1977. Feeding habits of *Orius tristicolor*. Annals of the Entomological Society of America 70: 60-62.

Takasu, K. and W.J. Lewis. 1993. Host and food-foraging of the parasitoid *Microplitis croceipes*: learning and physiological state effects. Biological Control 3: 70-74.

Takasu, K. and Y. Hirose. 1991 Host searching behaviour in the parasitoid *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae) as influenced by non-host food deprivation. Applied Entomology and Zoology 26: 415-417.

Tamaki, G. and R.E.Weeks. 1972. Biology and Ecology of two predators, *Geocoris pallens* Stal and *G. bullatus* (Say). U.S.D.A. Technical Bulletin 1446.

Vacante, V.; G.E. Cocuzza; P. de Clercq; M. van de Meire and L. Tirry. 1997. Development and survival of *Orius albidipennis* and *O. laevigatus* (Het.: Anthocoridae) on various diets. Entomophaga 42: 493-498.

Wackers, F.L. and C.J. Van Rijn. 2013. Food for protection: an introduction. In: Wäckers, P.C.; P.C.J. van Rijn and J. Bruin (eds). Plant provided food for carnivorous insects. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 1-14.

Weiser, L.A. and N.A Stamp. 1998. Combined effects of allelochemicals prey availability and supplemental plant material on growth of a generalist insect predator. Entomologia Experimentalis et Applicata 87: 181-189.

Zhimo, Z. and J.A. Mc Murtry. 1990. Development and reproduction of three *Euseius* (Acari: Phytoseiidae) species on the presence and absence of supplementary foods. Experimental and Applied Acarology 8: 233-242.

BIOLOGÍA, INCIDENCIA Y HOSPEDEROS SUSCEPTIBLES DE *Pineus boerneri* (HEMIPTERA: ADELGIDAE) EN PLANTACIONES DE PINOS EN COLOMBIA

Carlos A Rodas[1], Rubén Serna[2], Maria D Bolaños[3], Ginna M Granados[4], Michael J Wingfield[5], Brett P Hurley[6].

[1] Forestry Protection Programme, Smurfit Kappa Cartón de Colombia, Valle;
carlos.rodas@smurfitkappa.com.co
[2] Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín;
[3] Forestry Protection Programme, Smurfit Kappa Cartón de Colombia, Valle;
[4] Forestry Protection Programme, Smurfit Kappa Cartón de Colombia, Valle;
[5] Department of Zoology and Entomology, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
[6] Department of Zoology and Entomology, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.

Nota. Conferencia adaptada de la publicación Biology, incidence and host susceptibility of *Pineus boerneri* (Hemiptera: Adelgidae) in Colombian pine plantations. Publicada en: Southern Forests: a Journal of Forest Science, DOI: 10.2989/20702620.2014.1001662.

Los insectos de la familia Adelgidae en el género *Pineus* han sido reportados como insectos plagas introducidos causando serios daños en plantaciones de Pinos en el mundo. En el año 2008, *Pineus boerneri* fue reportado por primera vez en Colombia, afectando plantaciones de *Pinus kesiya*, *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* y *P. oocarpa.* La poca información del insecto en el país propicio estudios para determinar su ciclo de vida y los niveles de infestación del insecto, como también la susceptibilidad de las principales especies de pinos plantadas en Colombia. Adicionalmente, se evaluó la capacidad predadora de *Ceraeochrysa* sp. como una alternativa para el control biológico de la plaga. Los resultados mostraron que el insecto *Pineus boerneri* presenta en Colombia un ciclo de vida anholocyclic compuesto por cuatro instares con una duración completa entre 49 y 97 días. Los niveles de infestación fueron más altos en la parte media y alta de los árboles. Las especies de pinos más susceptibles al insecto fueron *Pinus kesiya* y *P. maximinoi* en invernadero y en campo. Un estudio de infestación natural muestra que *P. tecunumanii* exhibe moderada susceptibilidad. Mientras que *P. patula* y *P. oocarpa* tienen bajos niveles de susceptibilidad en invernadero, pero en campo son altamente tolerantes. Estudios para evaluar el impacto de predación de *Ceraeochrysa* sp mostraron niveles de predación de 140 *P. boerneri* consumidos por día por un solo individuo de *Ceraeochrysa* sp. Durante el desarrollo de este trabajo se observaron otros predadores de *P. boerneri,* pero no fueron suficientemente comunes como para considerarlos en este estudio.

Palabras claves: anholocyclic, control biológico, pulgón del pino, *Pinus*

DIDACTICA DE LA ENTOMOLOGÍA

LA EVALUACIÓN COMO TÁCTICA FORMATIVA DE LA ENSEÑANZA DE LA ENTOMOLOGÍA

William Duarte Gómez

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Entomología, docente Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Bogotá - wduarte@udca.edu.co

FORMATIVE EVALUATION AS TACTICS IN ENTOMOLOGY TEACHING

Resumen. Tradicionalmente, la evaluación ha jugado un papel importante dentro de los procesos de enseñanza aprendizaje, en sus distintos niveles. A nivel de la educación superior, ella es un mecanismo de verificación de cumplimiento de los objetivos propuestos por el docente. En el caso particular de la Entomología, en muchas instituciones, es la manera de determinar el grado de conocimiento alcanzado por el estudiante desde la óptica de su maestro. No obstante, al centrarse en el aprendizaje memorístico de términos y conceptos, la evaluación deja de lado muchos aspectos cognitivos, actitudinales y de aptitud del proceso formativo y adquiere una connotación represiva y discriminatoria que generalmente redunda en la desmotivación por el discernimiento y en afán de dominar temporalmente un conocimiento fugaz, que se olvida cuando se ha logrado la aprobación de la prueba respectiva. La consecuencia de ello es la falta de criterios para tomar decisiones durante el ejercicio profesional y la perpetuación de prácticas inapropiadas. Por lo anterior la enseñanza de la Entomología requiere de una estrategia enfocada a la formación de profesionales críticos, creativos e innovadores que adapten o desarrollen conceptos nuevos útiles en la solución de los problemas típicos de la disciplina entomológica, como los son los relacionados con estudios de biodiversidad, manejo de plagas, conservación de ecosistemas, zoocría, Entomología médica y forense. Dentro de esta estrategia debe incluirse la evaluación como una táctica que pueda aprovecharse en la formación de profesionales más propositivos e innovadores en los diferentes campos de acción de la Entomología.

Palabras claves: Evaluación continua, aprendizaje autónomo, docencia universitaria

Abstract. In teaching and learning processes, within its different levels, traditionally, evaluation has played an important role. At the higher education level, it is a mechanism for verifying the fulfillment of the objectives proposed by the teacher. In the particular case of Entomology, in many institutions, it is the way to determine, from the teacher´s perspective, the degree of knowledge attained by the student. However, by focusing on learning, terms and concepts by memory, evaluation neglects many cognitive, attitudinal and fitness aspects of the formation process and takes a repressive and discriminatory connotation, that usually leads to demotivation for discernment and to the eagerness for temporarily dominating a transient knowledge, which is

forgotten when the approval of the respective test has been obtained. Its consequence is the lack of criteria for decision making when exercising the profession and the perpetuation of inappropriate practices. Therefore Entomology teaching requires a strategy, focused on the formation of a critical, creative and innovative professional, able to adapt or develop new useful concepts for solving typical problems of the entomological discipline, as are those related to studies of biodiversity, pest management, ecosystem conservation, insect rearing, medical and forensic entomology. Within this strategy the evaluation of knowledge should be included as a tactic that can be exploited in the formation of more proactive and innovative professionals in the different action fields of Entomology

Key words: Continuous evaluation, independent learning, university teaching

INTRODUCCIÓN

El reto del profesor universitario, que encuentra un grupo de alumnos que están en un programa de formación por propia convicción, es el de contribuir efectivamente a su proceso de aprendizaje y construcción del conocimiento, el delimitar entre lo mínimo y lo máximo que deben conocer sus alumnos al terminar el curso, el definir la forma y los medios que podría utilizar para despertar motivación de los alumnos por el conocimiento que él imparte, el estimular la autonomía del aprendizaje, determinar el vehículo en el cual podrá transportar a sus aprendices desde la abstracción teórica hasta la aplicación práctica de tal conocimiento a una realidad llena de preguntas y necesidades.

No resulta fácil organizar tantas prioridades, definir un hilo conductor que enhebre interés de los alumnos, objetivos curriculares, métodos y contenidos, así como el nivel de profundidad de los mismos, y que lo haga de tal manera que este proceso resulte altamente competitivo con el de los otros intereses de los jóvenes educandos, entre ellos con su condición proclive a tantas ofertas de entretenimiento que la sociedad hoy presenta.

A esta complejidad debe sumarse la necesidad que existe de calificar para poder saber al final quien aprobó y quien no lo hizo. Pero sí en medio de todas estas angustias, o más bien aspectos complejos, diseñamos un sistema armonioso que nos permita fundir las bases para la construcción del aprendizaje, promover el desarrollo de habilidades cognitivas y prácticas, y de paso chequear como va el proceso mientras motivamos al estudiante para aprender, seremos eficientes en nuestra labor formativa y de paso podemos obtener esa nota que nos exige el sistema.

Partiendo del hecho de que todo alumno que se encuentra de un grupo desea aprender y está comprometido con este propósito, se debe plantear una estrategia de aprendizaje que contemple los intereses de cada alumno, las diferentes formas de aprender, el tipo de motivaciones a las que responde, el balance apropiado entre teoría y práctica, la utilidad de lo aprendido para su desarrollo cognitivo y para su ejercicio profesional.

Por ello es clave entender, que para el caso particular de la enseñanza de la Entomología , no a todas las personas les gustan los insectos, aunque sean un componente importante de los entornos en los cuales se va a ejercer, luego siempre habrá algunos alumnos desinteresados desde el principio y otros que incluso pueden sufrir de entomofobia que requerirán mayor motivación y atención por parte del profesor.

La estrategia parte desde lo curricular, con la definición de los contenidos que satisfacen las necesidades de formación del profesional correspondiente, y nótese que se dice de formación y no de capacitación, pues además de los contenidos propios de la disciplina entomológica conviene incluir aspectos que estimulen el desarrollo del pensamiento, el sentido crítico, la capacidad de abstracción, la habilidad para el diagnóstico de problemáticas, así como la creatividad y destreza para tomar decisiones oportuna y acertadamente, en el marco de la ética profesional.

El siguiente nivel de la estrategia está en el desarrollo didáctico de las temáticas y el diseño de actividades que de forma eficaz contribuyan a despertar interés en el estudiante, a vincularlo con situaciones reales y a relacionar los conceptos teóricos con su aplicación práctica. ¿Por qué no pensar en que estas actividades a través de su desarrollo aporten criterios que permitan evaluar el proceso de enseñanza y aprendizaje?¿Por qué no aprovechar para observar, retroalimentar y aportar de este modo en favorecer el aprendizaje autónomo? Si cada una de estas actividades, o algunas de ellas, se observan en detalle, y ofrecen la posibilidad de obtener algunos productos, indicadores de cumplimiento de objetivos, niveles de desempeño, grado de compromiso, búsqueda y uso apropiado de la información, análisis y solución de problemas, trabajo en equipo, liderazgo, innovación, capacidad de proponer, solución de dificultades, fluidez verbal y escrita, uso apropiado de herramientas de aprendizaje, responsabilidad y por supuesto el dominio suficiente y necesario de conceptos.

De otra parte, el uso de la prueba, llámese parcial, examen, *quizz* cómo método único de evaluación, es percibida ante los alumnos como una medida intimidante, que al usarse para calificarlos despierta ansiedad, miedo y angustia. Sentimientos útiles de alguna manera, cuando incentivan al estudiante a prepararse a fondo, pero que pueden llegar a inmovilizar a algunas personas que no logran manejarlos, afectando de manera significativa su desempeño. Este tipo de actividades entonces deberá ayudar a quienes padecen este tipo de emociones a aprender a manejarlas y dominarlas, ya que el desempeño profesional ofrecerá situaciones análogas que al generar tales miedos, requieren personas adaptadas a manejarlas exitosamente.

El desarrollo de múltiples actividades en las que se ponga en juego la capacidad de cada alumno para enfrentarse a determinadas situaciones, hipotéticas o reales cuando ello sea posible, así como ponerlo en el ejercicio de su poder de decisión, retarlo a resolver problemas que podría enfrentar durante su ejercicio, inquietarlo, y hasta confrontarlo, se constituye en formas de estimular su aprendizaje y motivarlo a potenciar sus habilidades.

El paso a seguir es el de definir cómo estas actividades podrían ser evaluadas, pues al querer evaluar el proceso de aprendizaje no es lo mismo a evaluar lo que ya se aprendió, por lo que no podemos evaluar el nivel de adquisición del conocimiento que se está construyendo, sino que tendremos que evaluar el dominio de los conocimientos previos necesarios y la capacidad para utilizarlos en la construcción del nuevo conocimiento, así como las competencias que pone en juego durante este propósito. En ello, y en determinadas circunstancias, tendría que aceptarse la adopción incorrecta de dicho conocimiento, privilegiando el proceso sobre el resultado. Este nuevo resultado será evaluado como tal en el siguiente nivel, cuando a partir de éste deba generarse un conocimiento más nuevo, y en el que ya existan los aportes de la retroalimentación del maestro.

Adicional a lo anterior, evaluar solo al final del proceso lleva a que solo en ese momento estudiante y docente se hagan conscientes de lo que no quedó bien aprendido, pero aunque esta información es muy útil, podría haber llegado más temprano, y así haber aportado mejores bases para la construcción del aprendizaje posterior, tal y como lo presenta Morales (2009) en su discusión sobre la utilidad de los exámenes, en la que plantea que los alumnos no deben estudiar y aprender para examinarse, sino examinarse para aprender. Tener, en cambio, una evaluación permanente se ha considerado ventajoso porque permite poner en práctica las competencias y también posibilita orientar su construcción a través del tiempo lectivo, impulsa más el trabajo autónomo en concordancia con los sistemas de créditos académicos, reparte la carga de trabajo a todo lo largo del tiempo del período académico desconcentrándolo de los momentos establecidos para la evaluación de los sistemas tradicionales y mejora el desempeño académico al requerir de un acompañamiento permanente por parte del docente (Delgado & Oliver, 2009).

Pero podría pensarse que es necesario verificar el cumplimiento de los objetivos de formación en el educando, al final. Bueno la evaluación formativa no tiene por qué prescindir de actividades de evaluación que midan el logro de objetivos específicos o del objetivo general, y que igual brinde información que sirva para el mejoramiento continuo del proceso, y que de paso le ofrezca al alumno la posibilidad de hacerse consciente de las carencias, vacíos, dudas, dificultades de aprendizaje o de aptitud que hayan influido en el logro de las metas propuestas. Igual, debe aprender a entrenarse en distinguir estos problemas y en asumir las acciones que sean necesarias para subsanarlas, como parte de la consolidación del compromiso y la responsabilidad que cada quien tiene en su proceso educativo, aprovechando una de las ventajas que ofrece la evaluación formativa, que es la de fortalecer la responsabilidad y la autonomía para favorecer estrategias de evaluación continua y aprendizaje permanente (López *et al*., 2007).

La sensación de quienes saben por primera vez de la evaluación formativa, es que es una forma de flexibilizar ilimitadamente los sistemas de calificación, y que por lo tanto es una táctica facilista y de poca firmeza que estimula la mediocridad del estudiante. Y así podría ser cuando se aplica de forma inadecuada o cuando no es bien entendida por el profesor o por el estudiante, y cuando solo se obtienen muchas calificaciones a partir de actividades que no se ejecutan con rigor

académico, que no son adecuadamente observadas y valoradas, cuando no permiten evidenciar la puesta en juego de las aptitudes, manejo de conceptos y actitudes de los evaluados, por no estar bien formuladas ni pensadas en función del aprendizaje, sino de la evaluación en sí misma.

No obstante, la evaluación solo puede cumplir un papel formativo cuando se hace con el debido rigor académico, cuando es planeada, sistemática y se construye en pro del aprendizaje y no como un método para obtener una calificación, o lo que puede resultar perverso, para ejercer poder sobre el estudiante.

La experiencia en la evaluación formativa en la enseñanza de la Entomología.

Dificultades que ofrece el proceso de aprendizaje de la Entomología. Aunque los grupos de estudiantes cuentan en su mayoría con personas que se sienten muy atraídas por el estudio de la Entomología, es común encontrar dentro de ellos a algunos alumnos desmotivados y desinteresados por este componente curricular de su formación profesional.

Una de las características que presenta el aprendizaje de la Entomología, es la importancia que ha adquirido el uso de la memoria, ya que los contenidos de la morfología y su aplicación en la identificación taxonómica de los artrópodos implica el dominio de muchos términos, vistos como muy complicados y difíciles de aprender. Esta es una de las principales dificultades que enfrenta el estudiante y que a veces incide en la desmotivación y aversión por estos contenidos.

La aversión o fobia hacia los artrópodos o algunos de ellos, también determina que el estudiante se presente con una prevención negativa hacia el aprendizaje de este curso, determinando muchas veces ausencias e incumplimiento en compromisos de orden práctico.

La identificación taxonómica de artrópodos no resulta un proceso sencillo para todos los estudiantes, especialmente ante la incertidumbre que genera el hecho de que dentro de un curso de Entomología no se logra profundizar lo suficiente en la morfología como para seguir con certeza una clave, que entre otras cosas puede ser muy ambigua.

La calidad o resolución de los equipos ópticos de los que se dispone para la labor de docencia, puede limitar en buena forma el desarrollo de una actividad práctica y desestimular el interés del alumno por aspectos de morfología o de identificación taxonómica.

Otra dificultad común es la actitud impaciente del estudiante promedio, que influido por la tecnología, pretende resolver los problemas que le presenta su proceso de aprendizaje de la forma más inmediata posible y ante la imposibilidad de hacerlo cuando de la identificación de un espécimen se trata, desiste y recurre a suponer o comparar con información gráfica, no siempre proveniente de fuentes confiables.

Aunque el trabajo de campo le resulta más atractivo, el ejercicio de muestreo pese a los interesantes resultados que puede brindar, resulta rutinario, y se convierte en aburrido para jóvenes ávidos por variedad y novedad constantemente.

Otra de las dificultades que pueden presentarse es la actitud de algunos estudiantes frente a la conceptualización teórica de temas como manejo integrado de plagas, umbrales económicos, control biológico por conservación, que suelen ser un poco abstractos, por la tendencia a una concepción pragmática de su ejercicio profesional.

El uso de la evaluación como un medio de motivación al aprendizaje de la Entomología. La evaluación sumativa, que valora solo al final de procesos o subprocesos motiva al estudio y al aprendizaje a través del miedo. Es difícil encontrar un alumno que estudie con dedicación por el mero hecho de aprender, cuando la aprobación de un curso depende de sus resultados de evaluación únicamente. La meta de la mayoría es aprobar, pues el aprendizaje se vuelve secundario cuando se actúa en función de una calificación. Existen, por su puesto, muchos que lo que más desean es aprender pero sin dejar de depender del hecho de aprobar. Por qué, entonces, no introducir en el proceso actividades de trabajo didáctico que motiven tanto al alumno, que su propósito sea el aprendizaje y que la calificación solo será una consecuencia de haber asumido este proceso con seriedad y responsabilidad. La nota aprobatoria será solo un estímulo adicional al que proporciona el hecho de haber logrado un aprendizaje útil para su desempeño profesional.

Las actividades de evaluación, si se diseñan apropiadamente, pueden ser útiles para incitar el aprendizaje en el estudiante, poniendo a prueba el conocimiento previamente construido y observando la actitud y habilidades del alumno para desarrollar dichas actividades, habiendo definido previamente unos criterios medibles que sirven como indicadores para la obtención de la calificación.

No todas las actividades funcionarán efectivamente con todos los estudiantes, de ahí que se disponga de diversidad de alternativas para contrarrestar el sesgo que alguna de ellas pueda tener sobre determinados alumnos y de paso poder potencializar las habilidades particulares de cada miembro del grupo. Así quienes no tienen una habilidad motriz que les permita manipular cuidadosamente el material insectil, quizás muestren mayores habilidades para la interpretación de las claves taxonómicas, o para analizar información numérica resultante de la observación de variables de campo.

Explorar los intereses globales de cada grupo, e identificar algunos intereses particulares para enfocar el contenido del curso y algunas de las actividades en torno a ellos, puede ser una forma de despertar el deseo de aprender de los más apáticos y avivar el de los entusiastas. Así la evaluación puede incluir casos propios de los contextos que resulten más atractivos para la mayoría de los alumnos y de ese modo lograr retar al grupo a resolver una situación particular de su entorno y coherente con el nivel de los contenidos trabajados en clase.

Así el grado de compromiso con el desarrollo de estas actividades, se convierte en un criterio adicional de calificación, junto con la calidad del trabajo desarrollado, con el cumplimiento de las pautas entregadas y el valor de los resultados obtenidos. Ésta es también una oportunidad de incentivar el trabajo en equipo y de retroalimentarlo para superar las dificultades que suele presentar esta labor colectiva.

Actividades de evaluación formativa que contribuyen con la construcción de conocimiento. La enseñanza de la Entomología ofrece muchas posibilidades para que a través de actividades de aprendizaje pueda valorarse el proceso. La amplitud del conocimiento existente en torno a los artrópodos, así como la factibilidad de realizar muchas prácticas sujetas a fundamentos teóricos son verdaderas oportunidades de incentivar el aprendizaje y de observar la evolución de los educandos en la medida que ese conocimiento se construye, para ir valorándolo y para utilizar esos resultados en el rediseño permanente del proceso formativo. En relación con actividades de evaluación Morales (2009) plantea una serie de actividades, las describe, propone los momentos en los cuales pueden realizarse y si deben o no ser calificadas, teniendo en cuenta que siempre deben ser revisadas y tener un retorno de su valoración hacia los estudiantes.

Algunas de las numerosas opciones de evaluación que existen se presentan como ejemplo en el cuadro1. Éstas podrían aplicarse muy bien a cursos relacionados con la Entomología, y además de contribuir con el desarrollo de competencias en los estudiantes, ellas pueden arrojar algunos indicadores calificables y cuya valoración puede ser objeto de feedback por parte del profesor. Las evaluaciones cortas, más comúnmente conocidas como quizzes, por ejemplo, son alternativas interesantes que de forma rápida pueden aportar información válida sobre el estado del proceso a nivel individual y también grupal. Respuestas muy concretas a preguntas bien formuladas sobre la temática de clase, alguna lectura recomendada, o una situación particular pueden brindar al docente información de la claridad de conceptos, la habilidad para integrar los mismos, la responsabilidad del alumno con sus compromisos, o incluso la eficacia de la didáctica utilizada en la clase para promover el aprendizaje del tópico abordado. Información útil en el diseño de acciones que remedien o retroalimenten las carencias observadas. Morales (2009) propone que estas evaluaciones también pueden realizarse al finalizar la clase con el fin de indagar sobre la percepción que el alumnado tuvo de lo visto en clase, a fin de determinar acciones de refuerzo de dicha temática.

Los talleres de clase, son una forma de a partir de situaciones hipotéticas o reales, realizar prácticas de análisis de situaciones y/o toma de decisiones. Suelen plantearse casos que el profesional encuentra comúnmente durante su ejercicio y a partir de los cuales el estudiante debe realizar diagnósticos y/o hacer recomendaciones de manejo de problemáticas, basándose en los conocimientos que se le han entregado en clase o través de otros recursos como la lectura o prácticas de observación. Lo recomendable es utilizar metodologías y recursos lo más parecidos a la realidad en la cual el profesional tendrá que desenvolverse (Delgado & Oliver, 2009) Esta opción, no solo permite observar el manejo conceptual requerido para el análisis de la situación y

la toma de decisiones, sino que también promueve el desarrollo de la competencia propositiva y permite medir el nivel en el cual los estudiantes se encuentran a este respecto.

Los debates debidamente programados, con posiciones asignadas previamente, con alguna bibliografía recomendada y unas preguntas intencionadas, permiten al alumno prepararse para defender una postura basada en argumentos construidos con base en conocimiento existente, contribuirá a promover la competencia argumentativa a partir de la cual el alumno asuma una posición bien sustentada. Así el producto susceptible de ser calificado es justamente esta posición, y el nivel de argumentación sustentada que el alumno presente. El desarrollo del debate no solo será muy estimulante del aprendizaje, sino que también le permitirá al docente revisar el manejo apropiado de los conceptos y adelantar las acciones correspondientes para que ellos queden lo suficientemente aclarados.

Las clases magistrales, las exposiciones de los mismos estudiantes, las lecturas sugeridas, las situaciones de contexto, se constituyen en un importante recurso, no solo como medio de socialización de la información sino también como una forma de estimular la capacidad de indagación del educando que recibe esta información. Partiendo del hecho de que la pregunta es una de las mejores formas de aprender, el desarrollo de actividades orientadas a la formulación de preguntas, de alguna manera estimula, a veces de forma incómoda, al alumno a generarse inquietudes, que unas vez depuradas pueden convertirse en la base de la construcción de nuevo conocimiento. Así, la socialización de estas inquietudes podría ser útil en el aporte de criterios para construir buenas preguntas, y de paso apreciar el grado de conocimiento de la temática correspondiente.

Otro ejemplo de actividad propuesto es el de realizar un seguimiento periódico a una población de un artrópodo para observar su fluctuación a través de un lapso de tiempo, inferior al período académico. Este trabajo permitirá contar con diferentes momentos para valorar las aptitudes y capacidad del estudiante en la planeación, la misma metodología desarrollada, los resultados parciales y su análisis, los resultados finales y las conclusiones obtenidas. De la retroalimentación que pueda ofrecerse a través del proceso, además de otras variables, dependerá la calidad final del trabajo.

Además de las anteriores, otras actividades que se proponen para motivar el aprendizaje y de paso evaluar a los alumnos son las listadas a continuación, algunas de ellas ya usadas tradicionalmente, y que favorecen la generación o refuerzo de alguna competencia particular de los estudiantes, arrojar algunos productos concretos que permiten al docente evaluar la evolución de su desempeño y finalmente brindar una oportunidad de calificación:

Colección entomológica

Exposiciones sobre temáticas complementarias

Revisión bibliográfica sobre temas propios de cada curso

Evaluaciones escritas de grandes temas

Informes de morfología de insectos, basados en esquemas

Evaluaciones prácticas de morfología y taxonomía de insectos

Salidas de campo: informes

Desarrollo de una propuesta de MIP de una especie plaga determinada

Controles de lectura

Experimentos con plagas

Planteamientos y puestas a prueba de muestreos de plagas

Talleres en grupo de clase

Construcción de bases de información y construcción de criterios de decisión

Relatorías de clase

Finalmente, se debe hablar de las evaluaciones largas, a las que teniendo en cuenta las recomendaciones de los teóricos de la evaluación, no se recomienda llamar exámenes, por la connotación represiva que puede tener este término. Aunque se recomienda evaluar sin privilegiar el aprendizaje memorístico, la Entomología es una asignatura que no puede prescindir de este componente del aprendizaje, por ello la experiencia indica que es un componente que debe evaluarse, sin embargo, no de forma única ni descontextualizada, sino integrado a otros aspectos del aprendizaje, más aplicados a situaciones particulares, que como el aprendizaje memorístico por sí mismo.

La evaluación larga engloba la temática tratada en espacios de tiempo comprendido entre cuatro y seis semanas, o grandes temas culminados, a partir de los cuales los evaluados deben prepararse con tiempo suficiente para poner a prueba lo aprendido frente a los retos que una evaluación de estas características pueden imponerle. El trabajo permanente, con retroalimentación permanente, con competencias previamente establecidas, con criterios de evaluación claros, deben promover en el estudiante dicha preparación. Todo el proceso le habrá permitido al alumno identificar sus dificultades y haber asumido acciones para subsanarlas. Igual el profesor contará con información previa sobre los aspectos que han requerido refuerzo y que debe comprobarse que éste ha sido bien asumido por sus estudiantes. Por ello la evaluación larga debe carecer, desde su planeación y formulación, de la intención de reprobar al estudiante, más bien la de comprobar si toda la estrategia previa adelantada ha sido eficiente en la motivación y construcción de conocimiento y en el aprendizaje mínimo que debe mostrar el estudiante en el momento correspondiente. Servirá, además, para observar el nivel de desarrollo cognitivo que cada alumno ha logrado desplegar gracias a sus aptitudes intelectuales y empíricas.

<u>La calificación y la retroalimentación como medio formativo</u>. Se ha aceptado el término retroalimentación como la traducción más acertada de la palabra inglesa *feedback*, a pesar de que

no se encuentra en los diccionarios de español. En palabras del autor de este texto, es el devolver al estudiante. Sin duda, la parte más constructiva de la evaluación se da cuando el educando recibe de su educador, su percepción acerca de su desempeño, le indica cuales fueron sus carencias, le recomienda, señala sus errores, potencializa sus resultados, y por supuesto, reconoce todos sus aciertos y resalta aquellos aspectos en los que el alumno logra dar más de lo que se le solicitó. En cada tarea, el estudiante que la realiza conscientemente, espera recibir un comentario de su profesor que le estimule a mejorar o que le permita sentirse satisfecho del trabajo realizado. La retroalimentación constituye también una oportunidad de motivación para profundizar en el conocimiento. De otro lado el maestro se beneficia de ella, porque puede identificar las carencias en el proceso de formación, incluso las suyas, y puede reformular metodologías, buscar más información, idearse actividades nuevas que resulten más eficientes en la enseñanza aprendizaje del tema respectivo.

Esa devolución que el docente le hace a su alumno, se convierte pues en un dialogo, que podría corresponder las discusiones entre maestro y discípulo de los inicios de la educación formal en la historia de la humanidad. Esa connotación de diálogo convierte a la evaluación en una forma de comunicación en dos vías, que no se corta con la entrega de la calificación, sino que da paso al intercambio de apreciaciones de estudiante y docente en torno a los temas abordados y a la metodología usada, incluyendo la forma y estructura de las preguntas. Permite realizar aclaraciones, profundizar en aspectos que no se profundizaron antes, y eliminar muchos de los supuestos que el maestro hace al evaluar tradicionalmente y que no corresponden con la realidad del alumno, como por ejemplo algún conocimiento previo, la claridad de su pregunta, el manejo del léxico común por parte del estudiante, la posibilidad de que la pregunta sea interpretada de diferentes maneras, entre otras cosas.

Algunos aspectos comentados abiertamente al grupo, le permitirán subsanar errores, dificultades o dudas no solo al estudiante implicado sino que pueden tener impacto sobre todo el grupo y llevarlo a pensar en aspectos que antes a nadie se le habían ocurrido, a veces ni al mismo maestro. Es más, el abordaje de éstas puede ser el punto de partida para una nueva actividad evaluativa, a partir de la generación de una discusión en donde todos pueden participar y poner en juego sus conocimientos y sus posiciones debidamente soportadas.

No pueden faltar ocasiones en las cuales el trabajo evaluativo sea percibido por el estudiante mismo como una fuente de información que le permita determinar sus aciertos y sus errores, a manera de autoevaluación, de tal forma que sus aciertos le permitan comprobar su nivel de aprendizaje y sus errores le indicarán en dónde debe concentrar más sus esfuerzos, de tal modo que pueda hacer un aprendizaje constructivo (Delgado & Oliver, 2009).

<u>Las prevenciones ante la evaluación formativa.</u> Como se había mencionado antes, el uso del concepto de la evaluación formativa puede tener una percepción negativa ya sea porque se considera que los estudiantes no necesitan tantas oportunidades de poner a prueba su conocimiento, o por considerar que se es muy benévolo y complaciente, y que por ello favorece

un proceso educativo de bajo nivel y poca exigencia. En este sentido, un esquema de evaluación formativa puede ser todo lo contrario cuando se planea apropiadamente, se formula rigurosamente y se aplica de manera justa. Al respecto la Red Interuniversitaria de Evaluación Formativa propone siete criterios de calidad educativa, entendidos como posibles principios de procedimiento: adecuación al diseño curricular, características del alumnado y contexto; relevancia para evaluar lo esencial ; veracidad para asegurar la credibilidad de la evaluación; formativa; integrada a los procesos cotidianos de enseñanza – aprendizaje; viable, para facilitar su adopción y ética, en el tratamiento de la información obtenida, así como en el manejo del poder que implica la calificación (López, 2012).

El carácter de permanente, hace que el alumno esté continuamente efectuando diferentes tipos de acciones, que si son intencionadamente construidas, van a dejar en él mucho aprendizaje. De otra parte, la diversidad de estas actividades puede estimular simultáneamente el desarrollo de varias competencias. Igual si son juiciosamente valoradas por el profesor, en ningún momento debe constituirse en métodos facilistas para el estudiante. Pocas evaluaciones escritas, no posibilitan la observación de muchas habilidades, incluso cognitivas, ni capacidades del alumno que son necesarias en el desempeño profesional y que no son observables en ese tipo de pruebas. Claro está, que un paquete de actividades improvisadas, sin un propósito previamente establecido, sin unos indicadores observables, sin retroalimentación del docente y valoradas sin un justo rigor si pueden constituirse en un camino demasiado fácil para el alumno, pero lo mismo podría suceder con la evaluación tradicional.

Una prevención razonable, es la que tiene que ver con el volumen de trabajo que la aplicación de este tipo de evaluación tiene tanto para el estudiante como para el docente. Numerosas actividades de evaluación, en grupos grandes, para docentes que manejan varios grupos y varias asignaturas y que cuentan dentro de sus responsabilidades otras actividades académicas y administrativas, puede ser un arma de doble filo y terminar siendo un desastre en cuanto a su fin formativo. Por otro lado, estudiantes con cinco a ocho asignaturas, en donde todos sus profesores demandan el desarrollo de múltiples diligencias de evaluación, difícilmente logran cumplir con tanto compromiso. A veces, se pone tanto trabajo a los estudiantes que no les queda tiempo para estudiar. Por ello, en el marco de la evaluación formativa, el trabajo se debe dosificar en función del tiempo disponible. Una forma de solventar este problema es decidir cuáles de las actividades necesitan una calificación y cuáles de ellas no. Igual todas necesitan revisión. Por ejemplo, una evaluación corta puede revisarse de forma general con el grupo, de modo que así el alumnado conoce la respuesta correcta y el docente solo necesitará registrar quienes la presentaron y quienes trataron de responderla, aunque no registre una calificación (Morales, 2009).

Otras alternativas coherentes con la propuesta de Brown (2003) de enfocar más tiempo en la evaluación continua del aprendizaje y no en la enseñanza de contenidos que están fácilmente disponibles, es invertir tiempo de la clase en la evaluación de algunas de las actividades, de tal forma que esta acción por sí misma constituye un espacio de aprendizaje y de paso permite

obtener la calificación de la misma de forma inmediata, bajo unos criterios previamente establecidos e informados a los estudiantes.

El temor a perder la autoridad que se tiene frente a un grupo de estudiantes es una razón por la cual algunos profesores son reacios a adoptar un esquema de evaluación formativa, pues pueden creer que este tipo de evaluación le da cierto poder al alumnado, al hacerlo más participativo en el momento de la valoración de su trabajo y al permitirle demandar retroalimentación, que es lo que la Red de Evaluación Formativa, Docencia Universitaria y Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) denomina "Evaluación Compartida" (López *et al*., 2007) Por su puesto, la evaluación formativa requiere de cierto grado de humildad del docente para poder aceptar sus desaciertos y equivocaciones y de paso poder formar a sus estudiantes, con el ejemplo, en la capacidad para aceptar sus errores y para asumir con gratitud la evaluación en doble vía. En relación con este punto, también se han publicado trabajos en los cuales se ha monitoreado el impacto que puede tener la evaluación formativa con normas claras sobre el clima del aula, encontrando casos en los cuales a través de ella y del fomento del trabajo colaborativo se obtiene una percepción muy positiva del alumnado cuando se ofrecen desde el principio unas reglas, quedan claras las consecuencias de su incumplimiento y, cuando el trabajo colaborativo permite la afiliación e implicación del estudiantado en su proceso de aprendizaje, así como cuando tiene claridad frente a la estructura del curso (Alonso, 2007).

Asociado a este aspecto puede citarse el trabajo realizado en el Instituto de Educación Superior de Iztacala, de México, en donde un grupo de estudiantes realizó un estudio con más de 25.000 encuestas para evaluar el desempeño de más de 1.000 profesores de seis programas del área de la salud. Encontrando resultados positivos para la mayoría de los casos, pero sobre todo expresando como un acto de legitimidad que dentro de la evaluación formativa se reconozca el papel del estudiante como beneficiario y agente crítico del proceso. Este trabajo permitió al grupo de estudiantes que lo realizó definir un perfil deseable de docente y lo resumen en la siguiente idea: "Si bien el aprecio por el dominio de la asignatura es alto, parece ser más relevante para los alumnos que el profesor despierte interés por lo que debe enseñar, que sea claro en sus exposiciones y resuelva las dudas de sus estudiantes; en otras palabras, que fomente su motivación": Tirado *et al*. (2007).

Otra de las prevenciones que se puede tener frente a la evaluación formativa tiene que ver con el temor a cambiar. Pasar de un método habitual, con características represivas, con el que se lleva mucho tiempo trabajando, con el que el docente fue evaluado cuando fue estudiante, es bastante difícil para muchas personas tradicionalistas. Bueno, aquí se debe considerar que el método tradicional de evaluación puede tener también muchas ventajas, pero que si se puede contar con una mejor manera de hacer las cosas, los cambios son necesarios.

Una de las formas de sortear estas dificultades, que en buena medida dependen del docente, y no solo de su voluntad de cambio sino también de su capacidad, es la planteada por Martínez (2009) quien citando a varios autores, plantea la necesidad de capacitación de los profesores para la

implementación de este sistema de evaluación. No basta con sugerir o imponer a los docentes el esquema de evaluación formativa sino se les prepara para ello, a riesgo de generar un esquema desastroso de evaluación, o someter a los estudiantes a prueba y error, con muchas consecuencias negativas para su proceso formativo.

El efecto inmediato y el efecto a largo plazo de la evaluación formativa. Observar en el corto plazo el efecto que la evaluación formativa tiene sobre los estudiantes no resulta sencillo, sin embargo, algunos cambios pueden verse al comparar el nivel con el cual llega un alumno y con el cual sale después de pasar por un curso en el cual se aplicó el concepto de la evaluación formativa. Sin duda, la frustración que suele tener un maestro al finalizar un curso, porque no todos sus alumnos aprobaron, sigue existiendo. Y esto no porque la evaluación no haya cumplido un efecto formador sino porque se debe contar con el efecto que otras variables ejercen sobre este proceso, entre ellas la actitud del estudiante frente a su educación, o las dificultades externas que han determinado su ausencia o cumplimiento, o en ocasiones también sus aptitudes que demandan de un trabajo más duradero que el mismo período académico y que no le permiten avanzar tan rápido como lo hacen la mayoría de sus compañeros. Así la evaluación formativa, que pretende también disminuir la reprobación de cursos no la elimina por completo, precisamente porque aunque maneje cierta flexibilidad implica la aplicación rigurosa de unos criterios mínimos de calificación, que garantice el mínimo desarrollo de las competencias profesionales aportadas por el curso para asumir los cursos subsiguientes y para el ejercicio de la profesión.

Los docentes que tienen la oportunidad de volverse a encontrar con estudiantes en cursos más avanzados del plan de estudios, son quienes pueden observar muchos de los cambios que los estudiantes van dando, en buena medida como consecuencia de la aplicación del sistema de evaluación que privilegia el aprendizaje, sin embargo, no resulta sencillo determinar cuánto de este cambio se debe a este proceso y cuanto a otras tácticas formativas complementarias de la evaluación.

La satisfacción cuando se observa evolución en el aprendizaje y cuando se logran cambios de actitud es la mejor forma de convencerse de la importancia de evaluar para formar y no de formar para evaluar. Cuando se procede de la primera forma, los resultados en la evaluación son una de las muchas consecuencias positivas de este proceder, que deja de ser así el fin último y se convierte en uno de los componentes del proceso.

Determinar en el largo plazo dentro de un curso el impacto de esta forma de evaluar, cuando existe pleno convencimiento de sus bondades, resulta imposible, ya que sería necesario someter a un grupo de estudiantes al sistema tradicional de evaluación para poder comparar los resultados finales de los dos grupos. No es posible hacer esto cuando se cree en la evaluación formativa, pues se privaría a ese grupo de tal privilegio, lo cual no puede considerarse justo o responsable.

No obstante la Red de Evaluación Formativa, Docencia Universitaria y la EEES, presenta ya algunos resultados obtenidos a partir de un proyecto que utiliza la metodología de investigación – acción con el fin de planificar, poner en marcha y revisar las ventajas, dificultades y aspectos clave de la evaluación formativa en la educación superior. Encontrando que se reconocen como ventajas la mayor implicación del alumnado en el desarrollo de las asignaturas, la posibilidad de conocer mejor cada alumno y hacer una construcción del conocimiento más sistemática e individualizada, la facilitación de la adquisición de competencias de aprendizaje autónomo, la mayor participación del estudiante en los procesos de evaluación, se obtiene una mayor motivación del alumnado y las clases les resultan más interesantes, se renueva la práctica docente y se contextualiza la evaluación en cada Universidad y cada Facultad. De otra parte se señalan como desventajas a la resistencia inicial de los alumnos; la mayor carga de trabajo para profesores y estudiantes, dificultades en el proceso cuando el curso no está bien organizado, la dificultad para aplicar este sistema de evaluación en grupos numerosos; la adaptación a este hábito de trabajo tanto de profesores como de estudiantes; la dificultad de traducir a una calificación numérica los resultados cualitativos de la evaluación formativa (López *et al*., 2007).

Los resultados más recientes de este proyecto, reflejan una tendencia a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes cuando se utilizan sistemas de evaluación formativa respecto de aquellos que persisten en la evaluación sumativa o de un solo examen final, basándose en el análisis realizado a una muestra conformada por 3.618 alumnos pertenecientes a 52 asignaturas de 19 universidades españolas, de programas de formación pedagógica (Fraile *et al*., 2013).

CONCLUSIONES

Los cursos de Entomología que se ofrecen en programas universitarios de diferentes áreas del conocimiento facilitan por sus contenidos y naturaleza teórico práctica la implementación de diversas actividades coherentes con la táctica de la evaluación formativa, a partir de la cual se privilegia el proceso de aprendizaje sobre la calificación sumativa de los cursos.

Aunque el componente memorístico en esta disciplina del conocimiento es clave, no debe ser el objeto de evaluación, pero su uso en el manejo aplicado de conceptos no puede dejar de considerarse en el proceso de aprendizaje y en la puesta en marcha de actividades evaluativas.

Las características de la evaluación como medio de aprendizaje tienen implícito una serie de dificultades, pero no son insalvables, y necesitan una planeación cuidadosa y sistemática que permita utilizar esta táctica de forma eficiente y rigurosa, sin estimular el facilismo por parte del estudiante, sino más bien motivando un mayor concurso de su parte en el proceso de aprendizaje de la Entomología.

La evaluación debe formularse con base en los objetivos de formación de la Entomología en cada campo del conocimiento en el que esta disciplina se requiera y dentro del contexto de la realidad que el profesional debe enfrentar, y constituyéndose en un espacio para la integración del

conocimiento y desarrollo de la capacidad para relacionar información en pro de la solución de problemas. Por lo tanto su formulación demanda creatividad, disposición, buena voluntad para que pueda aplicarse con eficiencia.

Tabla 1. Posibles actividades de evaluación formativa en la enseñanza de la Entomología, ventajas y mecanismos de retroalimentación

Actividad evaluativa	Productos	Competencia promovida	Feedback
Evaluaciones cortas	Respuestas concretas	Capacidad de síntesis	Completar ideas, simplificar frases
		Memorización	Reforzar conceptos y definiciones
		Dominio de conceptos	
Talleres de clase	Diagnóstico de un problema	Interpretativa	Completar información, grado de acierto en el diagnóstico
Debates	Referencias bibliográficas	Búsqueda, depuración y organización de información	Comentarios sobre la calidad de la información, actualidad, confiabilidad, cobertura
	Conceptos propios pero referenciados	Argumentativa	Acierto, pertinencia, completud
	Propuesta de manejo de un problema	PROPOSITIVA	Fortalezas y debilidades de la propuesta
	Posiciones sólidas	Argumentativa	Aciertos y desaciertos
Construcción de preguntas	Preguntas en relación con exposiciones, clases magistrales, videos, lecturas	Capacidad para estructurar preguntas	Comentarios sobre la claridad de la pregunta, la gramática y la intención de la pregunta. De paso se observa el manejo de los conceptos que se requieren en la formulación de la pregunta.
Seguimiento a organismo en campo	Presentación periódica de avances	Capacidad de observación, planteamiento de metodologías de trabajo, definición de variables, análisis de resultados, capacidad para concluir de forma válida	Sugerencias de ajustes metodológicos, validez de análisis de los resultados, referencias recomendadas
	Póster o exposición al finalizar el período		Comentarios sobre la validez de los resultados

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la U.D.C.A ´por el apoyo brindado para la presentación de esta ponencia y por la oportunidad de formación como docente durante 21 años de experiencias interesantes de interacción con estudiantes. También agradece el impulso brindado por la Dra. Ingeborg Zenner de Polanía, para la postulación de este trabajo y por todas sus enseñanzas como investigadora y profesora.

REFERENCIAS

Alonso M., P. 2007. La evaluación formativa y su repercusión en el clima del aula. Revista de Investigación Educativa. 5(2): 389-402.

Brown, S. 2003. Estrategias institucionales en evaluación. pp. 23-34. En: Brown, S & Glasner, A. (eds.). Evaluar en la Universidad. Problemas y nuevos enfoques. Edit. Narcea S.A. de ediciones. España.

Delgado G., A.; Oliver C., R. 2009. Interacción entre la evaluación continua y la autoevaluación formativa: La potenciación del aprendizaje autónomo. *Red-U. Revista de Docencia Universitaria. Número 4.* 1 de julio de 2009. Consultado el [25/05/2015] en http://www.um.es/ead/Red_U/4

Fraile, A.; López-Pastor, V.M.; Castejón, J.; Romero, R. 2013. La evaluación formativa en docencia universitaria y el rendimiento académico del alumnado. Aula Abierta 41(2): 23-34.

López-Pastor, V. M.; Martínez M., L. F.; Julian C., J. A. 2007. La Red de Evaluación Forativa, Docencia Universitaria y Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Presentación del proyecto, grado de desarrollo y primeros resultados. Red-U. Revista de Docencia Universitaria. 2. Consulatdo (21/05/2015) en http://www.redu.um.es/red_U/2

López P., V.M. 2012. Evaluación formativa y compartida en la universidad: clarificación de conceptos y propuestas de intervención desde la Red Interuniversitaria de Evaluación Formativa. Psichology, Society & Education. 4 (1):117- 130

Martínez R., F. 2009. Evaluación formativa en el aula y evaluación a gran escala: Hacia un sistema más equilibrado. Revista electrónica de investigación educativa. 11(2): 18 p.

Morales V.,P. 2009. La evaluación formativa. pp. 41-98. En: P. Morales V. (ed.). Ser profesor: una mirada al alumno. Universidad Rafael Landivar. Guatemala.

Tirado S., F.; Miranda D., A.; Sánchez M., A. 2007. La evaluación como proceso de legitimidad: la opinión de los alumnos. Reporte de Experiencia. Claves 29(118): 7-24.

Zaragoza C. J.; Luis-Pascual, J.C.; Manrique A., J.C. 2008. Experiencias de innovación en docencia universitaria: resultados de la aplicación de sistemas de evaluación formativa. Red-U. Revista de Docencia Universitaria, número 4 Congultado (15/05/2015) en 4.

REVISIONES SISTEMÁTICAS EN ENTOMOLOGÍA: META-ANALISIS EN LA INTERACCIÓN *Cecropia* (CECROPIACEAE)- *Azteca* (DOLICHODERINAE)

Erika Isabel Perea-Acevedo

Magistra en Ciencias Biológicas. Instituto Colombiando Agropecuario ICA. Kilómetro 14 vía Bogotá-Mosquera. erika.perea@ica.gov.co

META-ANALYSIS ON *Cecropia* (CECROPIACEAE)- *Azteca* (DOLICHODERINAE) INTERACTION

Resumen. La interacción de algunas plantas del género *Cecropia* con hormigas *Azteca* es uno de los problemas ecológicos más abordados. En este trabajo de investigación se empleó el meta-análisis con el propósito de examinar el efecto global de la interacción. Se utilizó el tamaño del efecto *d* de Hegdes, pruebas de homogeneidad de Cohran, modelos de efectos fijos y aleatorios. Como unidad experimental se tomaron estudios seleccionados; los resultados estadísticos sirvieron como variables dependientes; y los resultados de los modelos aplicados como variables independientes. El análisis de los resultados indica que la interacción *Cecropia -Azteca* es positiva en cuanto al daño foliar y el ataque por herbívoros en relación con la inversión en defensas químicas y bióticas de la planta. Se demostró que la ocupación de los domatios y la utilización de los cuerpos mullerianos por otras especies no están relacionadas con la interacción *Cecropia- Azteca*. Sin embargo, aún se desconocen algunos de los factores ecológicos involucrados positivamente en la interacción.

Palabras claves: Defensa biótica. herbivoría. relación hormigas-plantas.

Abstract. The interactions between some plants of the genus *Cecropia* and *Azteca* ants is one of the most discussed research issues. This paper used meta-analysis to examine the global effect of these interactions. The size effect *d* of Hegdes, Cohran's homogenity tests, fix and random models were employed. Selected studies were taken as experimental units; the statistics results served as dependable variables, and the results of the applied models as independent variables. The results of the analyses showed that *Cecropia –Azteca* interactions are positive for the foliar damage and herbivory in relation to chemical and biotic defense investment done by the plant. It was established that domatia ocupation and the use given by other species to *Mullerian bodies* is not related to *Cecropia- Azteca* interactions. However, some of the ecological factors positively involved in the interactions are still unknown.

Key words: Biotic defense. herbivory. ant-plant relationships.

INTRODUCCIÓN

La ciencia se basa en los conocimientos acumulados provenientes de múltiples investigaciones que tratan de explicar los fenómenos estudiados. Los problemas científicos no necesariamente

son resueltos por una única investigación; si se analizan conjuntamente múltiples datos se podrían obtener conclusiones generales que permitan su entendimiento. Para conocer los diferentes enfoques en los que se ha investigado sobre un problema en particular es necesario realizar una exhaustiva revisión bibliográfica. Existen dos formas generales de revisiones bibliográficas: las cualitativas o narrativas y las sistemáticas. En las primeras un experto o un grupo de ellos, revisa y sintetiza aquellos trabajos que considera más relevantes. Por ejemplo, en ecología es utilizada una aproximación a la síntesis de estudios llamada conteo de votos o "vote-counting" que consiste en repartir a favor o en contra del efecto que se desea estudiar el número de resultados estadísticos significativos y no significativos de las publicaciones (Gurevitch *et al.,* 2000; Gurevitch *et al.,* 2001). Esta revisión cualitativa o narrativa no proporcionan información confiable sobre la magnitud de un efecto o la consistencia de los resultados de los estudios (si son homogéneos o no) por tanto su principal limitación es estadística (Gurevitch *et al.,* 2001).

En las revisiones sistemáticas o meta-análisis se utilizan metodologías analíticas y son considerados como trabajos de investigación puesto que requieren de la elaboración de un protocolo de estudio que contenga la planificación de la revisión de literatura, la descripción del objeto de estudio, la formulación de los objetivos del estudio, la búsqueda bibliográfica, la elección de los estudios originales, la codificación de los estudios, la extracción de la información, la valoración de la calidad de la información y el análisis estadístico (Bisquerra, 1989). El término "análisis de los análisis" o "meta-análisis" fue definido por Glass (1976) como "el análisis estadístico de una gran colección de análisis provenientes de estudios individuales con el propósito de integrar el conocimiento" (Arnqvist and Wooster, 1995; Gurevitch *et al.,* 2001; Adams *et al.,* 1997).

La aplicación del meta-análisis en ecología provee nuevas herramientas para resolver problemas dado que el efecto del fenómeno puede ser estudiado de manera global generando validez estadística. El primer artículo sobre meta-análisis realizado en ecología fue publicado en 1991 por Marchant y McGrew (citado por Gurevitch *et al.,* 2001) a cerca de los métodos utilizados por los científicos para conocer la función de la lateralidad en primates no humanos. En el año 2000, al menos 119 artículos en ecología utilizaban meta-análisis. Los problemas ecológicos presentados por las publicaciones que aplican el meta-análisis han sido sobre los siguientes temas: (1) competencia y la predación (Gurevitch *et al.,* 2000; Gurevitch *et al.,* 2001); (2) evaluación de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) en bosques; (3) efectividad de la diversidad de cultivos como barrera a insectos plaga (Gurevitch *et al.,* 2001); (4) análisis diferentes problemas de conservación biológica (Fernández-Duque y Valeggia, 1994; Gurevitch *et al.,* 2001); (5) evaluación de fenómenos en biología evolutiva (Britten, 1996; Gurevitch *et al.,* 2001); (6) efectos de la fragmentación en la comunidad de escarabajos (Nichols *et al.,* 2007) y efectos del enriquecimiento de nutrientes marinos en el fitoplacton (Gurevitch *et al.,* 2001), entre otros.

Las investigaciones sobre las plantas que poseen asociaciones con hormigas llamadas "mirmecófilas" son numerosas y es frecuente encontrar estudios que comparten objetivos similares pero sus resultados son poco homogéneos o incluso contradictorios. El género *Cecropia* Loefl. (Cecropiaceae)

considerado una planta mirmecófila dada su relación con hormigas *Azteca* Forel. (Formicidae: Dolichoderinae) puesto que posee caracteres que atraen a las hormigas como la médula del internodo del árbol que se retrae dejando espacios que son ocupados por las hormigas (domatios), una depresión oval en el tallo que permite la entrada de reinas colonizadoras (prostoma) y una "almohadilla" de tricomas densamente empaquetados en la base del peciolo de los cuales brotan gotas de glucosa (cuerpos Mullerianos) que las hormigas cultivan como fuente primaria de alimentación (Longino, 1989).

Los primeros estudios sobre la interacción *Cecropia- Azteca* realizaban experimentos de remoción de hormigas demostrando que el beneficio que obtenían las plantas estaba determinado por la reducción del impacto de la herbivoría. Estudios posteriores dan prioridad a la variación en la magnitud de los beneficios entre plantas y hormigas en el tiempo y el espacio: (i) la calidad y cantidad de recompensa ofrecida por las plantas; (ii) las diferencias entre las abundancias de las poblaciones de cada especie; y (iii) las variaciones intraespecíficas que las hormigas seleccionan para habitar. Sin embargo, aún se desconocen algunos de los factores ecológicos y evolutivos que direccionan la interacción entre *Cecropia - Azteca*.

Con la aplicación de un meta-análisis se pretende abarcar de manera global los diferentes factores hasta ahora estudiados sobre la interacción *Cecropia-Azteca* con el fin de contribuir a su entendimiento. Las preguntas de investigación fueron:(i) ¿la presencia de hormigas *Azteca* disminuyen la herbivoría en *Cecropia*?; (ii) ¿las hormigas *Azteca* responden al daño foliar provocado en *Cecropia* por herbívoros?; (iii)¿las condiciones ecológicas están relacionadas con las variaciones intraespecíficas de *Cecropia*?; y (iv) ¿cuales hormigas habitan en *Cecropia*?

MATERIALES Y METODOS

1. Búsqueda bibliográfica y elección de estudios originales

Las bases de datos automatizadas consultadas fueron Klewer, EBSCO, JSTOR, Proquest, Science Citation Index, Springer Link, Scielo y Science direct. Las palabras claves (tanto en inglés como en español) utilizadas fueron *Cecropia*, *Azteca*, interacción *Cecropia-Azteca*. Las fuentes informales como trabajos de grado, monografías, resúmenes de congresos fueron incluidos con el fin de evitar sesgo de publicación. La búsqueda de literatura (2005- 2008) incluyó todas las referencias posibles sin distinción de fecha de publicación, literatura gris, libros y revistas.

2. Codificación de los estudios

La codificación de los estudios consistió en clasificar los resultados de la búsqueda bibliográfica en sustantivas y metodológicas. En las características sustantivas se incluyeron los estudios descriptivos que no implicaran técnicas estadísticas como claves de especies de *Cecropia* y especies de hormigas *Azteca*, descripciones fisiológicas de *Cecropia* y características generales de la ecología de las interacciones. La selección de los estudios de acuerdo con sus características metodológicas fue la medida de los resultados. Se usaron estudios conducidos en campo como aquellos en condiciones de

laboratorio (invernadero), así como evidencia estadística (tratamiento, medias, tamaño de muestra, desviación estándar o cualquier otra medida estadística desde la cual se pudiera calcular la desviación estándar).

3. Extracción y valoración de la calidad de la información

Para la extracción de la información se utilizó una hoja de recolección de datos con los diferentes estudios seleccionados, medida de resultado, tamaño de muestra y prueba estadística utilizada. Los artículos fueron seleccionados por categorías y los resultados presentes en estas fueron evaluados para determinar si se podían combinar. La evaluación de cada estudio implicó determinar la prueba estadística necesaria para transformar los resultados de la investigación con el fin de obtener el tamaño del efecto seleccionado. La valoración de la información fue el proceso que requirió mayor detalle puesto que fue necesario revisar todos los estudios y evaluar si los resultados presentados podían transformarse en la medida de tamaño de efecto seleccionado.

4. Análisis estadísticos utilizados en Meta-análisis

Medida del efecto (ES)

Para combinar diferentes estudios es necesario un parámetro que permita unificar la escala de los resultados de estos. Este parámetro debe lograr una estimación global (a partir de los estudios individuales) del efecto de un tratamiento, la varianza entre ellos y combinar los tamaños de las muestras. El tamaño del efecto (ES) es un parámetro definido como "el grado en que el fenómeno está presente en una población o el grado en el cual la hipótesis nunca es falsa". Si existe un fenómeno que afecta a toda la población el ES estima el grado en que un efecto se aproxima al tamaño poblacional (Cohen 1988). Los resultados de estos efectos de tamaño expresan la magnitud de la respuesta o el efecto a un tratamiento por comparación de un grupo experimental y otro de control. En estudios en los cuales los resultados son categóricos, el efecto tamaño que se utiliza es la razón de ventaja o razón de probabilidad (odds ratio) (Molineiro 2003). En ecología esta medida puede ser potencialmente utilizada en algunos casos como muertos ó vivos, marcados ó no marcados, con hormigas ó sin hormigas, entre otros.

El tamaño de efecto escogido en este estudio fue la diferencia media estandarizada de Hedge (d) o d de Hegde y el logaritmo proporción de respuesta (lr) (log response ratio) dado que son comúnmente usadas en ecología y aceptadas por la comunidad científica. Los datos obtenidos de los artículos científicos fueron convertidos en los tamaños de efectos escogidos y transformados a logaritmo con el fin de aproximarlos a la distribución normal (o Chi cuadrado) dado que los intervalos de confianza de los estimadores del tamaño del efecto se construyen con base a esta distribución.

Pruebas de homogeneidad

De muchas formas, los procedimientos involucrados en el meta-análisis son análogos a los métodos estadísticos convencionales, pero las unidades del análisis son los resultados de estudios

independientes (Arnqvist y Wooster, 1995). Cuando se revisan diferentes estudios que han abordado objetivos similares, es previsible encontrar por azar diferencias en los resultados. Es posible que los estudios seleccionados para el meta-análisis presenten metodologías similares pero sean heterogéneos estadísticamente (no hay que confundir la homogeneidad metodológica con la homogeneidad estadística). Además, puede ocurrir que la variabilidad entre los estudios sea superior a la que se espera producto del azar, por lo tanto es preciso aplicar un análisis de homogeneidad entre estudios para conocer si los estudios son combinables entre ellos (Adams *et al.*,1997). Fisher (1954) propuso una prueba para combinar los valores de probabilidad de varias pruebas independientes correspondientes a la misma hipótesis, incluso a pesar que estas pruebas estén basadas en diferentes procedimientos estadísticos. Esta prueba es considerada no-paramétrica porque no depende de la distribución estadística de los datos, únicamente evalúa la significancia estadística de las diferencias entre los tratamientos (Fernández-Duque y Valeggia 1993). La principal limitación del método de Fisher es que sólo utiliza los valores P como elementos de información para hacer inferencias y obtener conclusiones a partir de un análisis estadístico. En los estudios ecológicos raramente se satisfacen los supuestos para análisis estadísticos donde se usan valores P (como pruebas t o análisis de varianza) por lo tanto no es conveniente combinar estos valores (Fernández-Duque y Valeggia, 1994).

Cochran (1954) elaboró una prueba sencilla para evaluar la heterogeneidad de los estudios calculando una suma ponderada de las desviaciones del efecto determinado en cada estudio con respecto a la media global en un número pequeño de estudios. Si el resultado de esta prueba no es significativo, se interpretará que los trabajos son homogéneos entre sí, y por tanto combinables. Si el resultado es significativo es que las diferencias observadas no pueden ser explicadas por el azar por tanto hay heterogeneidad entre los estudios. Esta prueba es útil cuando los datos de los estudios seleccionados no arrojan valores de probabilidad y la muestra es pequeña. En este artículo se utilizó la prueba de homogeneidad de estudios de Cochran (1954) dado que los datos se presentaban tanto en pruebas paramétricas como no paramétricas.

Combinación de los estudios

Si existe homogeneidad entre los estudios, es decir, cuando la prueba de homogeneidad no ha sido significativa, se aplica el modelo de efectos fijos (fixed effects models). Si no existe homogeneidad en los estudios analizados y por tanto no son combinables entre sí, es posible realizar un análisis estadístico que tenga en cuenta esta heterogeneidad como el modelo de efectos aleatorios (random effects models) (Gurevitch *et al.*, 2000; Gurevitch *et al.*, 2001).

En los modelos de efectos fijos se asume que todos los estudios constituyen estimaciones de un efecto real (tamaño del efecto o ES) cuya magnitud se desea conocer y comparten un "verdadero" tamaño del efecto diferenciándose sólo en el error de muestreo. El tamaño poblacional (N) de cada estudio y su propia varianza (variabilidad dentro del estudio) son determinantes en el modelo. En este método cada estudio interviene en la estimación global de forma ponderada, con un peso proporcional a su precisión, que en este caso se mide como la inversa de la varianza (la

varianza es una medida de dispersión y por lo tanto su inversa es una medida de precisión). Una limitación de los resultados de los modelos de efectos fijos es que no proporciona evidencia de cómo el efecto global depende de las características sustanciales de los estudios analizados (Gurevitch y Hedges, 1999).

En los modelos de efectos aleatorios supone que los estudios incluidos en el análisis constituyen una muestra aleatoria del universo de estudios posibles (los modelos de efectos fijos no presentan este supuesto), por lo tanto existen diferencias entre estudios y dentro de los mismos. La heterogeneidad de los estudios es medida no sólo en su varianza, inversamente relacionada con el tamaño del muestreo (variabilidad intra-estudio), sino también la varianza entre los estudios (variabilidad inter-estudios). Los resultados de este método presentan mayores intervalos de confianza (*IC*), dado que su varianza es mayor y pueden generalizarse al posible universo de estudios (diferente a lo obtenido en los modelos fijos). La utilización del modelo de efectos aleatorios no elimina la heterogeneidad en los estudios utilizados en el meta-análisis. Una limitación de los resultados de los modelos de efectos aleatorios es que asume que los estudios incluidos son representativos de una población hipotética de estudios y que la heterogeneidad puede ser representada por una única varianza (Glass, 1977).

RESULTADOS

1. Búsqueda bibliográfica y elección de estudios originales

Las unidades de investigación fueron los estudios seleccionados, las variables dependientes fueron los resultados estadísticos de los artículos y las variables independientes fueron seleccionadas de acuerdo con las hipótesis planteadas. En total se revisaron 53 artículos científicos con las palabras claves seleccionadas. No se encontró variación entre los resultados arrojados por las diferentes bases de datos automáticas y los catálogos en línea de las diferentes universidades consultadas aportaron artículos codificados como sustantivos.

2. Codificación de los estudios

Los artículos seleccionados fueron muy pocos en proporción a la información que existe sobre la interacción debido a la falta de precisión en los test estadísticos aplicados lo cual es una de las limitaciones estadísticas que presentan los estudios ecológicos (Gurevitch *et al.,* 2001) (en algunos casos los artículos no incluían desviaciones estándar, sus conclusiones se daban en medidas de tendencia central). De los artículos seleccionados el 75,5% se codificaron como metodológicas y el 24,5% como sustantivas.

3. Extracción y valoración de la calidad de la información

Los artículos que fueron seleccionados para la calcular los tamaños del efecto fueron trece (13), sin embargo cuatro (4) de ellos no se incluyeron en el análisis estadístico porque no permitieron la utilización de la medida del efecto seleccionado. Se obtuvieron veinte y cinco (25) medidas de resultado de los cuales veinte y uno (21) arrojaron tamaño de efecto (tabla 1).

Tabla 1. Artículos seleccionados de acuerdo a las características metodológicas en el meta-análisis con medidas de resultado. La columna de resultado estadístico muestra el valor de la prueba estadística utilizada en cada estudio.

Artículo	Objetivo del trabajo	Medida de resultado	Resultado estadístico
Agrawal and Dubin-Thaler 1999	Evaluar la respuesta al daño foliar a partir de señales producidas por las plantas.	1. Respuesta al daño foliar	t=6.303
Agrawal 1998	Evaluar la relación entre el daño foliar y el tiempo de reclutamiento y patrullaje de *Azteca* sobre las hojas	2. Respuesta al daño foliar	F=6.83
Vasconcelos and Casimiro 1997	Evaluar la incidencia de *Azteca* en el ataque de *Cecropia* por hormigas forrajeras	3. Número de ataques sobre el crecimiento del árbol	F=7.10
		4. Número de ataques por especie de *Cecropia*	F=4.80
		5. Diferencias en la ocupación por especie de *Cecropia*	X^2=20.27
Downhower 1975	Comparar la relación entre el número de hormigas *Azteca* y el daño ocasionado por herbivoría en *Cecropia*	6. Ataque de plantas con *Azteca*	Z=2.66
		7. Ataque en plantas sin *Azteca*	Z=1.833
Bonato et al.2003	Comparación en el crecimiento, volumen del domatio y número de triquillos en *Cecropia* ocupadas por *Azteca* y *Camponotus*	8. Ocupación de *Cecropia* por *Azteca* vs. *Camponotus*	U=126.0
		9. Número de triquilos ocupados por *Azteca* vs. *Camponotus*	U=109.5
		10. Volumen del domatio en árboles ocupados por *Azteca* vs. *Camponotus*	U=150.0
Sagers et al.2000	Evaluación en el intercambio de nutrientes entre *Cecropia* y *Azteca*	11. Nitrógeno en *Azteca*	1.4±0.4
		12. Nitrógeno en plantas ocupadas	1.5±0.6
		13.Nitrógeno en plantas no ocupadas	3.3±0.6
		14. Carbono en cuerpos mullerianos	30.0±0.5
		15. Carbono en larvas de *Azteca*	28.0±0.4
		16. Carbono en trabajadoras	27.2±0.5
Coley 1983	Comparación de taninos en hojas de *Cecropia* en diferentes condiciones de luz	17. Concentración de taninos en plantas con luz	40.4±8.5
		18. Concentración de taninos en plantas en sombra	17.9±8.0
Folgarait et al.1994	Evaluar la producción de cuerpos mullerianos en *Cecropia* a diferentes intensidades de luz y nutrientes	19. Producción de cuerpos mullerianos en *Cecropia* a intensidad de luz alta	U=54
		20. Producción de cuerpos mullerianos en *Cecropia* a intensidad de luz baja	U=57
Folgarait and Davidson 1994	Comparación de las respuestas a la herbivoría en especies de *Cecropia* sobre diferentes condiciones de luz y nutrientes	21. Producción de cuerpos mullerianos en *Cecropia* con intensidad de luz alta y baja	OR=0.178
Kobe 1999	Evaluar las relaciones de especificidad entre la disponibilidad de luz sobre el crecimiento y mortalidad de diferentes especies de *Cecropia*	22. Crecimiento de *Cecropia* en diferentes condiciones de luz	R^2=0.825
Ferguson et al.1995	Evaluación del impacto del huracán Joan sobre la población de *Cecropia* y *Azteca* asociada al árbol	23. Diferencias entre el crecimiento y sobrevivencia de árboles ocupados y no ocupados	t=53
Longino 1989	Relación de las características geográficas en la ocupación de *Cecropia* por *Azteca*	24. Comparación geográfica de diferentes especies de *Cecropia* ocupadas por diferentes especies de *Azteca*	–
Yu and Davidson 1997	Relacionar los factores evolutivos relacionados con la selección del hábitat por hormigas que habitan *Cecropia*	25.Estudios entre las características de hábitat y la asociación *Cecropia-Azteca*	–

4. Análisis estadísticos utilizados en Meta-análisis

Medidas del tamaño del efecto

El tamaño del efecto seleccionado para este meta-análisis fue la diferencia media estandariza de Hedge (*d*) y el logaritmo de proporción respuesta *lr*, dado que d suele confundir las diferencias entre las medias de tratamiento con las diferencias en la varianza entre los estudios, puede ser superado con la utilización de *lr* (Gurevitch *et al.*, 2001)(Tabla 2). Los datos se transformaron con el fin de obtener una distribución normal.

$$Q = \sum w_i \left(T_i - \overline{T}\right)^2 = 866{,}73$$

Tabla 2. Resumen de las medidas de tamaño efecto ES y sus varianzas.

Medida	Ecuación	Varianza
d de Hedges (*d*)	$d = \frac{\overline{X}^E - \overline{X}^c}{S} J$ Donde $J = 1 - \left[\frac{3}{4\left(N^C + N^E - 2\right) - 1}\right]$ $S = \sqrt[2]{\frac{\left(N^E - 1\right)\left(s^E\right)^2 + \left(N^C - 1\right)\left(s^C\right)^2}{N^E + N^C - 2}}$	$s_d^2 = \frac{N^c + N^E}{N^c N^E} + \frac{d^2}{2\left(N^c + N^E\right)}$
Proporción respuesta (*lr*)	$lr = Ln\left(\frac{\overline{X}^E}{\overline{X}^C}\right)$	$s_{lr}^2 = \frac{\left(s^E\right)^2}{N^E\left(\overline{X}^E\right)^2} + \frac{\left(s^C\right)^2}{N^C\left(\overline{X}^C\right)^2}$
Coeficiente de correlación de Fisher z transformada de r (*z*)	$z = \frac{1}{2}\ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$	$s_z^2 = \frac{1}{N-3}$
Razón de ventaja (*OR*)	$OR = \frac{P_t(1-P_c)}{P_t(1-P_t)}$ $P_t = \frac{T}{n_t}$ $P_c = \frac{C}{n_c}$	$s_{LnOR}^2 = \frac{1}{T} + \frac{1}{C} + \frac{1}{t} + \frac{1}{c}$

$\overline{X}^E$ = media grupo experimental, $\overline{X}^C$ = media grupo control, S= conjunto de la desviación estándar del grupo experimental y control, N^E = tamaño de la muestra grupo experimental, N^C = tamaño de la muestra grupo control, J = corrección para muestras pequeñas, s^E= desviación estándar grupo control, s^C= desviación estándar grupo experimental, r= coeficiente de correlación de Pearson, N= tamaño de la muestra, T=número de individuos en tratamiento sin remoción, t= número de individuos en tratamiento con remoción, C= número de individuos sin tratamiento con remoción, c= número de individuos sin tratamiento sin remoción, n_c= tamaño de muestra en tratamiento, n_t=tamaño de la muestra en control.

Prueba de homogeneidad

La prueba de homogeneidad de Cochran indicó que existen diferencias entre los estudios, por tanto es necesario conocer los factores que están influyendo en esta variabilidad (Tabla 3). Combinar los resultados con el fin de resolver las discrepancias que se pueden presentar entre ellos y de esta forma obtener un efecto medio global.

Tabla 3. Ecuaciones usadas para calcular la homogeneidad de estudios en meta-análisis.

Prueba estadística	Símbolo	Ecuación	Distribución	Estandarización	Desviación estándar
Cochran	Q	$\sum_{i=1}^{k} w_i (T_i - \overline{T})^2$	X^2 con $k-1$ grados de libertad	$Z_i = \frac{(T_i - \overline{T})}{s}$	$s = \sqrt{(T_i - \overline{T})^2}$
Fisher	P_c	$-2\sum_{i=1}^{c} Ln(P_i)$	X^2 con $2c$ grados de libertad		

Q = estimador de la homogeneidad entre los estudios, T_i representa la medida del efecto del estudio *i*, $\overline{T}$ es la medida del efecto global, w_i es el peso del estudio *i*, P_c probabilidad combinada para *c* pruebas independientes, P_i prueba *i* de un grupo de *n* pruebas, k es el número de estudios, T_i desviación estándar de la medida del efecto del estudio *i*.

La prueba de homogeneidad de Cochran indicó que la variabilidad entre los tamaños del efecto era superior a la esperada por el azar y por tanto otras variables ($Q = 866{,}73$, $X^2 < X^2_{(0,5,13)}$).

Combinación de los estudios

El modelo de efectos fijos permitió conocer la magnitud del efecto global y sus índices de confianza, sin embargo el efecto global está sometido a las características de cada uno de los artículos (Tabla 4; Tabla 5). El efecto global a partir de modelos fijos indica que existe una relación positiva entre *Cecropia* y *Azteca* pero no explica cuales pueden ser los factores que intervienen en esta interacción por lo cual fue necesario aplicar un modelo de efectos aleatorios.

$$\overline{T} = \frac{\sum w_i T_i}{\sum w_i} = \frac{160.53}{456.5} = 0.35 \qquad IC = 0{,}35 \pm 2\sqrt{1/456{,}5} \times 1{,}96 = 0{,}4 > \overline{T} > -0{,}28$$

La combinación de los estudios que siguió el modelo de efectos aleatorios permitió establecer diferencias entre las medidas de resultado a partir de las categorías (propuestas en la extracción de la información) y entre ellas. Sin embargo, los datos de las categorías seleccionadas no arrojaron pruebas contundentes de la variabilidad entre ellas. Las diferencias entre categorías fue superior en “cuerpos Mullerianos” (44,4) y menor en “daño foliar” (0,35) (Tabla 6). La homogeneidad dentro de las categorías no pudo se aceptada dado que fue superior al valor establecido en tablas ($Q_B = 244576{,}44$). Diferentes direcciones del efecto en la misma categoría indica que el factor de agrupación está relacionado con el efecto (Serra y Espallargues 2000). Los

resultados de estos modelos tienen limitaciones porque pueden existir múltiples factores que influyen en la variabilidad entre los estudios (Molinero, 2003). Esto puede explicarse porque la significancia estadística de los resultados de un experimento dependen de la magnitud del efecto observado sobre la variabilidad en los datos y el tamaño de la muestra, los cuales a su vez determinan la probabilidad que el experimento detecte una respuesta real. Sin embargo, en los estudios ecológicos la magnitud del efecto puede ser débil debido a que las muestras son frecuentemente pequeñas, lo cual los hace vulnerables al sesgo negativo porque la habilidad para detectar los efectos reales es limitada.

Tabla 4. Ecuaciones para combinar los estudios en un modelo de efectos aleatorios.

Medida	Símbolo	Ecuación
Efecto tamaño en estudio	d_{ij}	$\frac{\overline{X}^{E} - \overline{X}^{c}}{S} J$
Efecto tamaño en categorías	d_{i+}	$\frac{\sum_{j=1}^{n} w_{ij} d_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}}$
Efecto tamaño principal	d_{++}	$\frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} w_{ij} d_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}}$
Homogeneidad dentro de categorías	Q_W	$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(d_{ij} - d_{i+}\right)^2$
Homogeneidad entre categorías	Q_B	$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(d_{i+} - d_{++}\right)^2$

dij es el valor del efecto tamaño (ES) calculado en *d* Hedge para cada uno de los grupos (control y experimental), $\overline{X}^{E}$ y $\overline{X}^{C}$ son las medias de los grupos experimental y de control respectivamente; *S* es el conjunto de la desviación estándar del grupo control y del experimental, *J* es la corrección para muestras con pequeño tamaño poblacional, *wij* peso de cada estudio

Tabla 5. Efecto tamaño global para modelos de efectos fijos.

Autores	d_i	$d_i(Z)$	S_i	S^2	W_i	$W_i \cdot d_i(Z)$	$\left(di(Z)-\left(\overline{T}\right)\right)^2$	$W_i \cdot \left(di(Z)-\left(\overline{T}\right)\right)^2$	*IC máximo*	*IC mínimo*	*E*	*Grupo*
Agrawal and Dubin-Thaler 1999 (1)	0,95	1,83	0,7	0.5	2	3,66	2,1904	4,3808	2,33	-0,88	+	Daño foliar
Agrawal 1998 (2)	0,51	0,56	0,2	0,06	16,66	9,32	0,0441	0,734706	0,99	-0,42	+	
Folgarait et al. 1994 (19-20)	-0,9	-1,6	0,2	0,04	25	-39,5	3,7249	93,1225	-0,52	-0,35	-	Cuerpos mullerianos
Folgarait and Davidson 1994 (21)	0,57	0,64	0,1	0,01	100	64,7	0,0841	8,41	0,76	-0,18	+	
Coley 1983 (17-18)	0,8	1,09	0,1	0,02	50	23	0,5476	27,38	1,07	-0,25	+	Taninos
Sagers et al. 2000 (11-16)	0,82	1,15	0,2	0,05	20	54,5	0,64	12,8	1,25	-0,38	+	Nitrógeno
Downhower 1975 (6)	0,99	2,64	0,1	0,01	100	26,4	5,2441	524,41	1,18	-0,18	+	Ataque por herbívoros
Downhower 1975 (7)	0,94	1,73	0,1	0,01	100	17,3	1,9044	190,44	1,13	-0,18	+	
Vasconcelos and Casimiro 1997 (3)	0,11	0,11	0	0	0	0	0,0576	0	0,11	0	+	
Vasconcelos and Casimiro 1997 (4)	0,11	0,11	0	0	0	0	0,0576	0	0,11	0	+	
Bonato *et al*. 2003 (8)	-0,1	-0,1	0,3	0,07	14,28	14,28	0,1764	2,518992	0,44	-0,44	-	Ocupación
Bonato *et al*. 2003 (9)	-0,6	-0,1	0,3	0,07	14,28	14,28	0,1764	2,518992	-0,07	-0,44	-	
Bonato *et al*. 2003 (10)	0,68	0,82	0,3	0	0	14,28	0,2209	0	1,19	-0,44	+	
Vasconcelos and Casimiro 1997 (5)	0,37	0,38	0	0,05	20	0	0,0009	0,018	0,37	0	+	
TOTAL	--	--	--	--	456.5	160,53	--	--	--	--		--

d_i= medida del efecto en el estudio *i*, *d.(Z)*= medida del efecto en el estudio *i* transformada, S_i = desviación estándar, S^2= varianza del estudio, w_i= peso de la medida del efecto, $\overline{T}$ = efecto global, *IC*= intervalo de confianza para efectos fijos, *E*= dirección del efecto. Los números entre paréntesis al lado de los autores indica la medida de resultado presentado en la tabla 1.

Tabla 6. Valores del tamaño del efecto en los diferentes estudios seleccionados dentro de los grupos propuestos.

Grupo	d_i	S^2	w_i	d_iw_i	d_{i+}	$(d_i-d_{i+})^2$	$w_i(d_i-d_{i+})^2$	Q_w	$(d_{i+}-d_{++})^2$	$w_{ij}(d_{i+}-d_{++})^2$
Daño foliar	0,95	0,5	2	1,90	0,56	0,15	0,31	0,35	0,99	1,66
	0,51	0,06	16,67	8,50		0	0,04			
Cuerpos mullerianos	-0,92	0,04	25	-23	0,27	1,42	35,52	44,4	191440,75	239343,3
	0,57	0,01	100	57		0,09	8,88			
Taninos	0,8	0,02	50	40	0,8	40		40	40	40
Nitrógeno	0,82	0,05	20	16,40	0,82	16,4		16,4	16,4	16,4
Ataque por herbívoros	0,99	0,01	100	99	0,97	0	0,6	0,13	-0,06	-12,98
	0,94	0,01	100	94		0	0,6			
	0,11	0	0	0		0	0			
	0,11	0	0	0		0	0			
Ocupación	-0,07	0,07	14,29	-1	0,01	0,01	0,08	11,65	121,05	5188,05
	-0,59	0,07	14,29	-8,43		0,36	5,09			
	0,68	0,07	14,29	9,71		0,45	6,48			
	0,37	0	0	0		0,13	0			

d= valor d de Hedges, S^2= varianza del tamaño del efecto, w_i= peso del tamaño del efecto, d_{i+}= tamaño del efecto dentro de las categorías, d_{++}= tamaño del efecto entre las categorías, Q_w= homogeneidad dentro de las categorías, Q_B= homogeneidad entre categorías.

DISCUSIÓN

A pesar de su aplicabilidad, el meta-análisis en ecología presenta dificultades porque al combinar los datos se pueden quebrantar algunos de los supuestos del análisis estadístico (Britten, 1996; Gurevitch *et al.,* 2001). En las revisiones de estudios ecológicos, se sugieren que cada vez que se realiza meta-análisis los autores deben modelar el proceso biológico estudiado teniendo en cuenta las escalas espacial y temporal de los experimentos generando las medidas del efecto tamaño apropiadas. Sin embargo, la creación de nuevas medidas puede provocar rechazo a la comunidad científica porque sería necesario nuevas estadísticas para determinar su alcance y pertinencia obstaculizando la evaluación de cada meta-análisis (Gurevitch *et al.,* 2001).

Existen otros modelos que son aplicados en ecología como la utilización de pruebas de remuestreo (resampling test) para detectar diferencias entre clases de estudios (por ejemplo: carnívoros y herbívoros) que se podrían aplicar para detectar el efecto global en la interacción *Cecropia*- *Azteca*. Estas pruebas reasignan aleatoriamente resultados a las categorías de agrupación de los estudios (sin reemplazar datos) y luego se renuevan múltiples veces; además simultáneamente se realizan nuevas pruebas estadísticas (como pruebas de homogeneidad) para determinar la distribución comparada con el nivel de significancia. Si los resultados de los múltiples meta-análisis son similares, es decir, si el efecto global tiene una misma dirección, magnitud y significación estadística, se puede concluir que los resultados del meta-análisis son robustos; de lo contrario, la ausencia de un estimador robusto del efecto global conllevaría a establecer cierta precaución en la interpretación de los resultados (Gurevitch *et al.,* 2001). Una desventaja de esta prueba estadística es que no es posible separar la variación entre estudios y dentro de los estudios (Adams *et al.,* 1997; Gurevitch y Hedges, 1999). Otras metodologías del meta-análisis desarrolladas en ecología incluyen las pruebas factoriales y de tipo Bayesiano, en la primera los estudios presentan dos tratamientos con dos niveles (por ejemplo: competencia y depredación) permitiendo evaluar el factor principal y la interacción entre estudios (Gurevitch *et al.,* 2000; Gurevitch *et al.,* 2001); en la segunda la probabilidad es definida de acuerdo a las leyes del teorema Bayesiano (Tufto *et al.,* 2000). Estos modelos implican la utilización de programas de computación especializados.

La ocupación de los árboles de *Cecropia* por hormigas *Azteca* ha sido estudiada desde hace más de un siglo, intentando contribuir al entendimiento de las interacciones entre plantas y hormigas (Yu y Davidson, 1997). La hipótesis predominante implicaba la reducción de la herbivoría en árboles con presencia de hormigas. En este trabajo de investigación se encontraron efectos positivos para aceptar esta hipótesis (Fig. 1). Sin embargo, la "inversión" realizada por las plantas en defensas "bióticas" (hormigas), químicas (fenoles o taninos) o físicas (espinas) puede tener diferentes explicaciones: Mckey (1984) (citado por Folgarait y Davidson, 1994) propone que la inversión en defensas bióticas depende de tiempo de vida de las hojas, así en árboles con hojas de tiempo de vida mayor la inversión en defensas químicas o físicas puede ser amortiguado por el tiempo pero en árboles con hojas de vida corta la inversión en defensas químicas o físicas debe

ser menor por tanto invertirán en defensas bióticas. En el caso de *Cecropia* esta hipótesis puede explicar la protección de las hojas más jóvenes teniendo en cuenta que son las más propensas a ataque por herbívoros.

Coley y colaboradores en 1985 (citado por Folgarait y Davidson, 1994) proponen la hipótesis de disponibilidad de nutrientes en donde las plantas con alta disponibilidad de nutrientes presentan mayor daño foliar pero reemplazan rápidamente sus hojas mientras que las plantas con baja disponibilidad de recursos crecen lentamente y no cubren sus gastos energéticos del reemplazo de las hojas por tanto invertirían en acumulación de defensas químicas (fenoles y taninos) para evitar el ataque de herbívoros. Los resultados del meta-análisis aplicado también pueden ser explicados por esta hipótesis puesto que *Cecropia* es género de plantas colonizador de claros en cuyo caso los nutrientes disponibles son pocos, por tanto la inversión en taninos está relacionada con la exposición de las plantas a la luz, existiendo mayor tasa fotosintética se puede lograr construir mayores defensas químicas; sin embargo una amplia inversión en defensas químicas se perdería al caer las hojas. Una "inversión" en defensas bióticas podría asegurar baja tasa de herbivoría constante.

La hipótesis del balance carbono: nitrógeno fue propuesta por Bryant y colaboradores en 1983 (citado por Folgarait y Davidson, 1994) según la cual las plantas que crecen en ambientes con alta disponibilidad de luz, pocos nutrientes y abundante carbono presentan altas defensas químicas puede explicar el efecto positivo entre las concentraciones de carbono: nitrógeno en hormigas y plantas del meta-análisis. Sin embargo, el intercambio de nutrientes entre las dos especies indican que la planta "atrae" a las hormigas pero no "cubre" totalmente los gastos energéticos que esto implica, así la interacción *Cecropia- Azteca* no es un caso típico de simbiosis.

Las variaciones intraespecíficas que ocurren en los árboles de *Cecropia* como la tasa de crecimiento, cuerpos mullerianos y volumen de los domatios ha sido documentada afectando la selección de árboles por hormigas. En este caso, las variaciones en los cuerpos Mullerianos dan efectos tanto positivos como negativos para el meta-análisis lo cual indica que la interacción puede estar manejada por otras condiciones morfológicas de las plantas (Fig. 1). En otras interacciones planta-hormiga estudiadas como la *Macaranga- Decacrema* el tallo presenta recubrimientos con cera que pueden ser una barrera de colonización (Quek *et al.,* 2004). En *Cecropia-Azteca* aún no se han estudiado las variaciones intraespecíficas de los tallos que podrían ser un factor importante en la selección de los árboles.

La colonización y utilización de los cuerpos Mullerianos de *Cecropia* por otras hormigas genera efectos negativos en el meta-análisis mientras que los domatios son ocupados por *Azteca* es positiva para la interacción (Fig. 1). Los cuerpos mullerianos de *Cecropia* pueden ser cosechados por diferentes géneros de hormigas (Longino, 1989) pero sus características morfológicas son aprovechadas predominantemente por *Azteca* para habitar los domatios (efecto positivo en el meta-análisis). Al parecer *Azteca* utiliza a *Cecropia* como lugar de anidaje dejando que los

cuerpos Mullerianos sean cosechados por otras especies provocando pérdidas energéticas en la inversión en defensas bióticas de la planta. Para entender esta relación es necesario analizar las variaciones espacio-temporales que pueden afectar la interacción *Cecropia-Azteca*, así las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa y luz en conjunto con condiciones nutricionales del suelo pueden provocar "redes" de convivencia en donde se puede observar un "aparente" equilibrio entre la inversión y la "ganancia" de las dos especies.

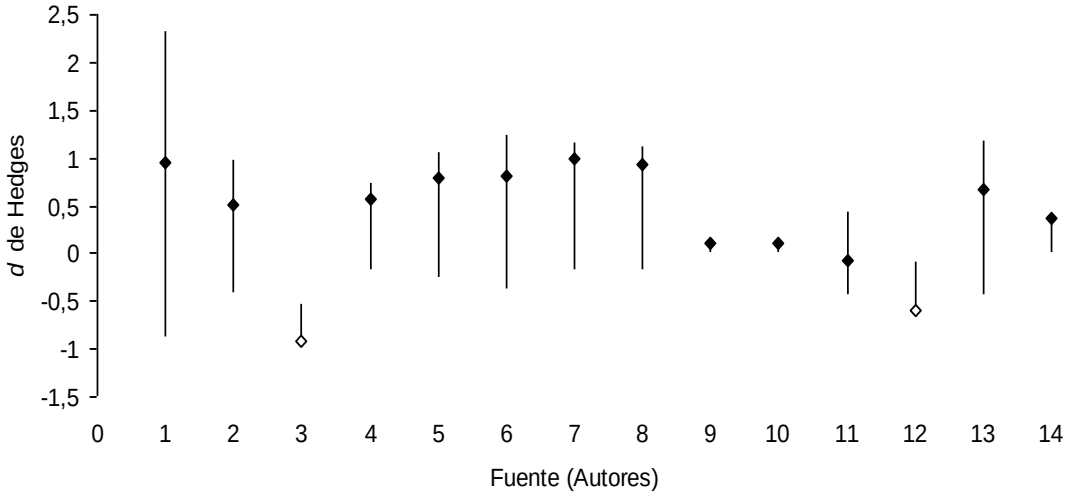


Figura 1. Análisis de los artículos seleccionados de acuerdo a los valores de *d* de Hedges, intervalo de confianza del 95% máximos y mínimos. Círculos llenos indican efectos positivos y círculos vacíos indican efectos negativos.

CONCLUSIONES

1. La interacción *Cecropia -Azteca* están relacionados positivamente con el daño foliar por lo cual con existe relación entre la inversión en defensas químicas y bióticas de la planta.

2. La ocupación de *Cecropia* por otras hormigas provoca pérdidas en la inversión en defensa biótica generando efectos negativos en el meta-análisis en la utilización de los Cuerpos Mullerianos y ocupación por *Azteca*.

3. Las características morfológicas de *Cecropia* permiten la ocupación de los domatios predominantemente por hormigas *Azteca* (efecto positivo) lo cual implica, al parecer posibles coincidencias ecológicas históricas en sus procesos de evolución.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Nathali Romero Alean y Carlos A. Castro por sus aportes al conocimiento de las técnicas del meta-análisis.

REFERENCIAS

Adams, C; Gurevicth, J. and Rosenberg, M. 1997. Resampling test for Meta-analysis of Ecology Data. Ecology 78 (5): 1277-1283.

AGRAWAL, A. 1998. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. Ecology 79(6): 2100-2112.

Agrawal, A and Dubin-Thaler, B. Induce responses to herbivory in the Neotropical ant-plant association between *Azteca* ants and *Cecropia* trees: response of ants to potential inducing cues. Behavior Ecology Sociobiology 45:47-54.

Arqnvist, G y D. Wooster. 1995. Meta-analysis. Synthesizing research findings in ecology and evolution.*TREE*. 10:236-240.

Bonato, V; Cogni, R and Venticinque, E. 2003. Ants Nesting on *Cecropia purpurascens* (Cecropiaceae) in Central Amazonia. Influence of Tree Height, Domatia Volume and Food Bodies. Sociobiology Vol 42 (3): 719-727.

Britten, H. B. 1996. Meta-analyses of the association between multilocus heterozygosity and fitness. Evolution 50(6):2158-2164.

Bisquerra, R. 1989. Introducción conceptual al Análisis Multivariable. Volumen II. Promociones y Publicaciones Universitarias Barcelona. PPU.

Cohen, J. 1988. Statistical Power Analysis for the Behaviorial Sciences. Second Edition. Lawrence Erbaum Associates, Inc. Pág: 10-14.

Coley, P. D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in lowland tropical forest. Ecological Monographs 53:209-233.

Downhower, J. 1975. The distribution of Ants on *Cecropia* Leaves. Biotropica 7 (1):59-62.

Ferguson, B.G.,Boucher, D.,Pizzi, M and Rivera, C. 1995. Recruitment and Decay of a Pulse of *Cecropia* in Nicaraguan Rain Forest Damaged by Hurricane Joan: Relation to Mutualism with *Azteca* Ants. Biotropica 27(4): 455-460.

Fernandez-Duque, E and Valeggia, C. 1994. Meta-analysis: A valuable Tool in Conservation Research. Conservation Ecology. Vol. 8 (2): 551-561.

Folgarait, P. and Davidson, D. Antiherbivore defenses of myrmecophitic *Cecropia* under different light regimes. Oikos 71(2): 305-320.

Folgarait, P; Johnson, H and Davidson, W. 1994. Responses of *Cecropia* to experimental removal of mullerian bodies. Ecology 8: 22-28.

Glass, G. 1977. Integrating Findings: The meta-analysis of Research. Review of Research in Education. Vol 5: 351-379.

Gurevicth, J and Hedges, L.V. 1999. Statistical Issues in Ecological Meta-Analyses. Ecology Vol. 80 (4): 1142-1149.

Gurevitch, J. Morrison, M and Hedges, L. 2000. The interaction between Competition and Predation: A meta-analysis of Field experiments. The American Naturalist 150 (4):435-453.

Gurevitch, J. Curtis, P and Jones, M.H. 2001. Meta-analysis in Ecology. Advances in Ecological Research 32: 200-249.

Kobe, R. K. 1999. Light Gradient Partitioning among Tropical Tree Species through Differential Seedling mortality and growth. Ecology 80(1): 187-201.

Longino, J. T. 1989. Geographic Variation and Community Structure in a Ant-Plant Mutualism: *Azteca* and *Cecropia* in Costa Rica. Biotropica 21 (2):126-132.

Nichols, E. Larsen, T. Spector, S. Davis, L. A. Escobar, F. Favila, M. and Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. Biological Conservation: 137: 1-19.

Molineiro, L. M. 2003. Meta-análisis. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial. www.seh-lelha.org/stat1.htm

Quek, P-S., Davies, S.J.,Itino, T and Pierce, N. 2004. Codiversification in an ant-plant mutualism: Streem texture and Evolution of host use in Crematogaster (Formicidae: Myrmicinae) inhabitants o Macaranga (Euphorbiacea). Evolution 58 (3): 564-570

Sagers, C.L; Ginger, S.M and Evans, R.D. 2000. Carbon and nitrogen isotopes trace nutrient Exchange in an ant-plant mutualism. Oecology 123:582-586.

Serra , M. y Espallargues, M. 2000. Meta-análisis de los ensayos clínicos. *Pharm. Care. Esp.* 2:83-92.

Tufto, J; Saether, B; Engen, S; Arcese, P; Jerstad, K; Rostad, O.W and Smith, J. 2000. Bayesian Meta-analysis of demographic parameters in three small temperate passerines. Oikos 88:273-281.

Vasconcelos, H and Casimiro, A. 1997. Influence of *Azteca alfari* Ants on the Explotation of *Cecropia* Trees by Leaf-Cutting Ant. Biotropica 29 (1):84-92.

YU, W.D. and DAVIDSON, D. 1997. Experimental Studies of Species-Specificity in *Cecropia* Ant-Relationships. Ecological Monographs 67(3): 273-294.

LA ERA DIGITAL Y LAS AYUDAS VISUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA ENTOMOLOGÍA

Edison Torrado-León[1]; Ximena Serrano Gil[2]

[1]Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Entomología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Director General Naturavisión Imágenes Científicas S.A.S. y ENTOMA - etorradol@unal.edu.co, edisontorrado@naturavision.com
[2] Directora Divulgación Científica Naturavisión Imágenes Científicas S.A.S.; ximenaserrano@naturavision.com

Estamos en la Era Digital, los alcances, el poder, la disponibilidad y uso de las herramientas didácticas marcan la diferencia a la hora de transmitir, socializar y apropiar el conocimiento. Es así como las nuevas tecnologías de captura y visualización de imágenes, dentro de la estrategias de formación de estudiantes y usuarios de internet, hacen parte de la denominada Educación 3.0, la cual se caracteriza por ofrecer oportunidades educativas ricas, transinstitucionales y transculturales, en las que los aprendices por ellos mismos desempeñan un papel de creadores de conocimientos que se comparten, y donde las redes sociales y sus beneficios más allá del alcance inmediato de la actividad, juegan un importante papel (Santamaría, 2008).

De acuerdo con Palacio (2015), quien considera que el reto que los educadores deben afrontar con la Educación 3.0 está en crear una inteligencia colectiva en sus estudiantes; que éstos tengan un pensamiento crítico que les permitan ser propositivos, comunicarse en público y trabajar en conjunto; así como propender por la empleabilidad, pero basados en el desarrollo emprendedor, negociador y jefes de sí mismos; y, finalmente, que tengan una visión más amplia del mundo.

Según Gerstein (2014), la evolución que han tenido las presentaciones y usos del video en la enseñanza en particular, han pasado de la Educación 1.0 donde el medio de comunicación es unidireccional, del profesor hacia los estudiantes, en un formato didáctico; de la Educación 2.0 donde los estudiantes son quienes tienen que interactuar con el material y colaborar, añadiendo notas, haciendo preguntas y aportando informaciones adicionales en foros online; a la Educación 3.0 donde son los estudiantes quienes utilizan las presentaciones y videos como ‘’materia prima’, crean su propios videos y presentaciones y los comparten con comunidades online.

Lo anterior, lleva al planteamiento sobre el destacado papel que juegan actualmente las ayudas visuales en la enseñanza de la entomología, si tenemos en cuenta que hay insectos pequeños, algunos muy móviles, otros con morfologías complejas, etc.

Para Hernández (2010), resulta fundamental sentar las bases teóricas que permitan, en el futuro, aprovechar todo el potencial de la imagen científica, más aún cuando nos encontramos ahora en

pleno proceso de transformación de los métodos de representación, gracias a la introducción de la informática en el mundo de la imagen.

De acuerdo con Torrado-León y Serrano (2012), la entomología es una de las áreas de la ciencia que se ha potencializado con el uso de las imágenes digitales, especialmente por el diminuto tamaño del objeto de estudio, que exige en la mayoría de los casos una magnificación con ópticas para entender a estos organismos y dejar un registro para ulteriores análisis. Esto ha llevado a la adopción de creativas adaptaciones de las nuevas tecnologías en los oculares de los microscopios-estereoscopios, tales como videocámaras, cámaras fotográficas, tabletas digitales y teléfonos celulares, hasta la adquisición de tecnologías extremadamente complejas y costosas como son los microscopios electrónicos, microscopios-estereoscopios motorizados, endoscopios y la micro-tomografía computada, entre otras.

Actualmente, la enseñanza de la entomología se nutre de una gran variedad de ayudas visuales, que han dado paso al enriquecimiento de los diferentes cursos.

A pesar de los grandes avances en la tecnología digital de uso común como los celulares, tabletas, cámaras de fotografía y video, el alcance que se tiene de estas para pequeños organismos es aún muy limitado. En el caso de imágenes fijas como las fotografías, con la ayuda de un estereoscopio y la ubicación de la cámara de cualquier dispositivo móvil es relativamente fácil tener una imagen aceptable para mostrar algunas estructuras que no requieren detalle. No obstante, en la medida que queremos llegar a algunos microestructuras, es evidente, que estos dispositivos se hacen totalmente inservibles y debemos pasar a la tecnologías más robusta.

Así mismo, cuando se requieren grabar en video conductas básicas como desplazamientos y estructuras morfológicas básicas, entre otros, los dispositivos móviles y videocámara caseras tiene una gran utilidad y son ampliamente deseados en las prácticas académicas. Donde el uso del video se hace complejo es para comportamientos que requieren detalles sofisticados tales como reproducción (cortejos, vigilancias precopulatorias, cópulas, postcopulas y oviposición), la alimentación, así como aquellos relacionados con las estrategias antidepredadoras diferentes a las que manifiestan a los ojos del camarógrafo. Para registrar algunos repertorios comportamentales especializados, se requiere el diseño de escenarios de grabación con el uso de luces especializadas, especialmente frías, y lentes de gran alcance macro o micro, pero que no disturben las conductas normales de los insectos u otros artrópodos.

Por otro lado, además de los escenarios y videocámaras especializadas se requieren conocimientos de las conductas que permitan predecir lo que pronto va a suceder, es decir, entender en profundidad el comportamiento de los ejemplares en estudio. Finalmente, se necesitan conocimientos básicos de edición de video, además de producir el material audiovisual acorde con el guión programado.

Las ayudas visuales en la entomología son una herramienta poderosa en cualquiera de sus áreas y deben ser aprovechadas todas las tecnologías disponibles, teniendo en cuenta algunas de las limitaciones de los dispositivos moviles. Permitir que los estudiantes que generen sus propias imágenes con el apoyo de los dispositivos móviles, es una importante estrategia que debe ser aplicada a los cursos que tienen estos alcances. Estos procesos de experimentación en el aprendizaje, inmortalizan una información en su mente que le servirá útil para su futuro como profesional. Así mismo, cuando el docente transmite este tipo de información utilizando los recursos mencionados, el poder de recordación en el colectivo imaginario de los estudiantes es mucho mayor.

Finalmente, atendiendo a tendencia actual en docencia que es la Educación 3.0 y que ya están entrando a las universidad las primeras cohortes los denominados estudiantes nativos digitales -jóvenes que durante toda su vida han tenido contacto con las tecnologías digitales y dependen culturalmente de estas-, se hará cada vez más necesario que los profesores de entomología y otras áreas de la ciencia, tengamos los conocimientos necesarios para permitirles disfrutar esta maravillosa experiencia.

Sin lugar a dudas, es importante destacar que con el empleo de las nuevas tecnologías, para lograr una apropiada transmisión de la información, la apropiación y uso del conocimiento, se deben apoyar en las herramientas de divulgación de la ciencia que permiten llegar al público con mensajes más claros, contextualizados e impactantes.

REFERENCIAS

Gerstein, Jackie. 2014. SAMR as a Framework for Moving Towards Education 3.0 http://elearninginfographics.com/moving-towards-education-3-0-infographic/ (Página visitada el 20 de junio de 2015).

Hernández, O. 2010. La dimensión comunicativa de la imagen científica: representación gráfica de conceptos en las ciencias de la vida. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes. Departamento de Dibujo II (Diseño e Imagen). España. 437 p.

Keats, D., Schmidt, J.P. 2007. The genesis and emergence of Education 3.0 in higher education and its potential for Africa. First Monday 12 (3).

Palacio, D. 2015. El reto docente: Educación 3.0. Marketing News 55(10): 50-51.

Santamaría, Fernando. 2008. Otra tabla de la Educación 1.0 a la Educación 3.0 en un entorno de Educación Superior http://fernandosantamaria.com/blog/2008/04/otra-tabla-de-la-educacion-10-a-la-educacion-30-en-un-entorno-de-educacion-superior/ (Página visitada el 20 de junio de 2015).

Torrado-León, E. y X. Serrano. 2012. Las imágenes entomológicas como herramienta de comunicación científica en la era digital. Memorias XXXIX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Julio 11-13 de 2012.

VALORACIÓN DE LOS SABERES PREVIOS DE LOS ESTUDIANTES: ¿QUÉ ENSEÑAN ELLOS ACERCA DE LOS INSECTOS?

Eraldo Medeiros Costa Neto

Ph.D. en Ecología y Recursos Naturales. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina, s/n Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana – Bahia, Brasil. - eraldont@hotmail.com

APPRECIATING STUDENTS' PREVIOUS KNOWLEDGE: WHAT DO THEY TEACH ABOUT INSECTS?

TÍTULO BREVE: INSECTOS COMO CONTENIDO EDUCATIVO

Resumen. Es frecuente en la enseñanza de la ciencia la extrema preocupación de los profesores con la transmisión de información científica, divorciada de la cultura estudiantil de la relación entre el hombre y la naturaleza. Con respecto a la selección de contenidos en la enseñanza de las Ciencias Naturales y Biología, los insectos pueden ser el grupo de animales que mejor permite al profesor ofrecer a sus estudiantes oportunidades para construir conceptos concretos, es decir, conceptos que tienen significados prácticos en la vida cotidiana de los estudiantes. De este modo, se pretende que este artículo sirva como apoyo a los maestros de ciencias y biología para reflexionar sobre sus prácticas de enseñanza dirigidas al abordaje de los insectos en la educación y, en consecuencia, por una redefinición de las mismas.

Palabras claves: Educación. Currículo. Entomología.

Abstract. In the teaching of science is common the extreme concern of teachers with the transmission of scientific information, divorced from apprentice culture related to the relationship between man and nature. Regarding the selection of content in the teaching of natural sciences and biology, insects can be the group of animals that best allows the teacher to give their students some opportunities to build concrete concepts, i.e., concepts that have practical meaning in the daily life of students. Thus, this article is intended to serve as a support for science and biology teachers to reflect on their teaching practices aimed at addressing insects in education and, consequently, by redefining them.

***Key words*:** Education. Curricula. Entomology.

INTRODUCCIÓN

Desde las últimas dos décadas, las discusiones sobre la educación científica enfatizan la importancia y la necesidad de transformación del conocimiento científico en objetos educativos para que haya un aprendizaje significativo (Pozo y Carretero, 1987; Moreira, 1999; Bizzo, 2000).

Esta necesidad surge de la insatisfacción con un modelo idealizado de la educación, que aún continúa en la historia de la educación brasileña, que se centra en un proceso pasivo de la transmisión del conocimiento científico. En este modelo, la memorización y la repetición de los contenidos transmitidos por los profesores se han convertido en el aprendizaje científico de sinónimos.

Según Baptista (2002), aun es frecuente en la enseñanza de la ciencia la extrema preocupación de los profesores con la transmisión de información científica, divorciada de la cultura estudiantil de la relación entre el hombre y la naturaleza. Comúnmente se observa que la asimilación por imposición es el principio educativo fundamental en la educación científica (Tozoni-Reis, 2002).

Los objetos de enseñanza, según Nunes (2003), constituyen los planes de estudio que pueden ser aprendidos por los estudiantes. La transformación de los conocimientos científicos en objetos de enseñanza se da el nombre de *transposición didáctica* o, como prefieren otros, *recontextualización de la enseñanza* (Lopes, 1999). Sin embargo, para que el conocimiento científico pueda transformarse en objetos de enseñanza, hay que tener en cuenta el universo social y cultural de los estudiantes. Esto se debe a que no se puede negar que los estudiantes ya traen al ambiente escolar, para los momentos que implican la enseñanza y el aprendizaje, un conjunto de información fuertemente influenciada por la sociedad y la cultura en la que se insertan. En este sentido, la Ley de Directrices y Bases de la Educación de Brasil (Ley N° 9.394/96) apunta a la importancia de una educación básica más humanizado que se considera a la escuela como un espacio multicultural cuando dice en su artículo 1er: *"Educación cubre los procesos formativos que tienen lugar en la vida de la familia en la vida cotidiana, en el trabajo, en las instituciones educativas y de investigación, organizaciones y movimientos de la sociedad y eventos culturales sociales".*

A su vez, para que los maestros puedan enseñar teniendo en cuenta el universo social y cultural de sus estudiantes es necesario para ellos, además de presentar un sólido dominio de los conceptos científicos y de investigación de lo que los estudiantes entienden por la naturaleza, seleccionar el contenido que está en conformidad con las diferentes realidades presentes en las aulas.

Con respecto a la selección de contenidos en la enseñanza de las Ciencias Naturales y Biología, los insectos pueden ser el grupo de animales que mejor permite al profesor ofrecer a sus estudiantes oportunidades para construir conceptos concretos, es decir, conceptos que tienen significados prácticos en la vida cotidiana de los estudiantes. Esto porque estos animales son extremadamente abundantes y diversos, y se pueden encontrar en diversas regiones del planeta (Borror y DeLong, 1993).

La influencia cultural de los insectos se puede sentir en muchas áreas de la vida humana, como la literatura (oral y escrita), el lenguaje, la música, las artes plásticas y gráficas, la cocina, la medicina, la historia representativa, la religión y la recreación (Lenko y Papavero, 1996; Costa

Neto, 2002). Con base en esta perspectiva, creemos que los estudiantes, al entrar en la escuela, ya tienen conocimiento y experiencia en los aspectos de la biología y ecología de estos organismos. De este modo, se pretende que este artículo sirva como apoyo a los maestros de ciencias y biología para reflexionar sobre sus prácticas de enseñanza dirigidas al abordaje de los insectos en la educación y, en consecuencia, por una redefinición de las mismas.

Los insectos como contenido educativo

Matthews *et al*. (1997) preguntan por qué los insectos no están más activamente presentes en las aulas, ya que muchos conceptos básicos se les pueden enseñar a los estudiantes a través de la observación de insectos. Muchos de los procesos que se producen en la mayoría de los animales pueden ser observados al principio en los insectos, con la ventaja de que su estudio impone menos restricciones que el estudio de los vertebrados (Macêdo *et al*. 2001). Algunas especies poseen ciclos de vida relativamente cortos y tienen enormes cambios físicos durante su desarrollo (por ejemplo, orugas → pupas → mariposas), lo que hace de estos animales excelentes modelos para su uso en demostraciones y experimentos en las aulas de ciencias y biología (Matthews *et al*., 1997; Macêdo *et al*., 2001; Rocha *et al*., 2002).

A menudo, sin embargo, la enseñanza de los insectos no se realiza correctamente debido a las actitudes, las creencias y las experiencias de los profesores y los estudiantes. En el mundo natural, los insectos (y otros artrópodos en general) que se notan más son justamente aquellos que hemos asociado con molestias y peligro. Dicha actitud es a menudo transmitida por los medios, que enseñan que estos organismos son peligrosos, sucios, causante de la enfermedad y perjudiciales para los cultivos (Costa Neto, 2002). Macêdo *et al*. (2001) señalan, por lo tanto, que uno debe aprovechar la oportunidad del uso de insectos como recursos educativos para plantear preguntas sobre actitudes y valores bioéticos en relación a esos organismos. Por otro lado, Lopes y Reis (2003) afirman que los profesores son quienes transmiten información, explican los procesos y consolidan definiciones. Así que el maestro es considerado como el multiplicador perfecto para desarrollar en la sociedad una visión más amplia de los insectos.

Recientemente, los investigadores asociados con el área de la biología de la conservación concluyeron que los factores emocionales son esenciales en cualquier acción exitosa de conservación. La transición de un dominio de acción a otro es una transición emocional, dice Maturana (2001). Al cambiar la emoción, la forma en que se perciben los objetos (en este caso, insectos) se transforma. Se sabe que, en la mayoría de los casos, el miedo casi psicótico de insectos y otros animales se acompaña de una total falta de información sobre los organismos implicados. Por lo tanto, un proceso de aprendizaje basado en estímulos sensoriales adecuados podría dar lugar a cambios en las actitudes de las personas en relación a los insectos, haciéndolos más tolerable para ponerse en contacto con estos organismos. Conocer los animales más tolerados por la población podría dar lugar a decisiones de manejo de plagas que son consistentes con las necesidades reales de la sociedad (Hahn y Ascerno, 1991).

¿Qué se puede enseñar y aprender de los insectos?

Se puede trabajar la presencia de insectos en diferentes áreas –el arte, la literatura, la escritura, el teatro, la música, las matemáticas, el medio ambiente, la danza y la historia (educación holística). Es importante hablar de la relación de los insectos con el medio ambiente, ya que todavía es un tema poco explorado en la educación primaria y secundaria, que a menudo siguen siendo las nociones de útiles y perjudiciales y porque existe la preocupación de que las interacciones se establecen con otras disciplinas, como la Geografía, la Historia, la Química, la Matemática etc. (Conte, 2004).

¿Cuál es la mejor manera de enseñar a los niños y adultos sobre el mundo natural en el que vivimos y nuestra responsabilidad de cuidar de él? Durante miles de años, las personas de todo el mundo vieron las historias como la mejor manera de capturar la imaginación del oyente e inspirar empatía y compasión por las criaturas y lugares descritos en su historia. Además, las historias sirven como un medio crucial para compartir nuestro conocimiento y preocupación por la naturaleza, no importando si las contamos a través de la tradición oral, un manual de ecología, una novela, un poema, una obra de teatro, una serie de fotografías o una película.

Los profesores que deseen utilizar insectos como contenidos educativos deben reflexionar sobre las siguientes cuestiones: ¿Por qué debemos utilizar insectos en el aula?, ¿Qué se puede enseñar y aprender de ellos?, ¿Cuáles insectos se debe utilizar y cómo?, ¿Qué se debe buscar?, ¿Cómo iniciar el proceso?

Linsingen y Leyser (2005) defienden "la idea de que los libros para-ficción dirigidos a los niños también pueden contribuir a la formación cognitiva en el contenido de la biología, es decir, en relación con la adquisición de esos conocimientos y la realidad de las percepciones y el próximo con esta adquisición".

Tanto los profesores como los estudiantes y el público en general sólo reaccionarán de manera más positiva con respecto a los insectos se prestan atención a la multitud de formas, colores y hábitos que estos animales tienen. En la escuela, las incursiones con fines didácticos en el jardín y en los alrededores de la escuela, pueden disfrutar de diferentes tipos de insectos y su modo de vida. En las granjas, bosques, parques zoológicos, etc., en el que se desarrollan las actividades de observación (ver, oír, tocar), búsqueda activa (el área de hábitats), el reconocimiento y la comparación. Otras formas de adquisición de conocimientos acerca de los insectos son las siguientes: exposición de dibujos; plastilina; la creación de algunos tipos de insectos en terrarios; elegir el mes del insecto, semanas o días; colección didáctica; elaboración de guías de los insectos más comunes en la opinión de los estudiantes; olimpiadas, competencia, juego.

Consideraciones finales

En general, la enseñanza de la zoología tiene un acentuado enfoque basado en los gustos y/ o disgustos de los maestros dirigidos a los elementos de la fauna, ya que el énfasis dado en clase

acostumbra a ser exagerado y distorsionado con relación a los animales denominados “nocivos”. Por esta razón, los alumnos tienden a concluir que la naturaleza es un lugar extremamente hostil, habitado por criaturas horripilantes y peligrosas (Costa, 2005). Sería interesante pues que la gente pudiera percibir los insectos por los beneficios que les brindan. Sin embargo, esto es un proceso gradual, que envuelve aprendizaje. Entendemos por aprendizaje el proceso por el cual una nueva información se basa en conocimientos preexistentes en la estructura cognitiva de un individuo (Moreira, 1999). Dicho aprendizaje puede y debe comenzar desde la niñez, una vez que los niños demuestran interés por estos animales (Silva, 2001; Serra y Fonseca, 2001). La educación escolar puede proporcionar a los niños los momentos para que reflejen sobre la importancia de los insectos y, de manera más amplia, para que establezcan diálogos entre los saberes (Mizukami, 1986), es decir, para que consigan asociar los contenidos científicos que son trabajados en las salas de clase a sus conocimientos y percepciones sobre esos animales.

Según Pacca y Villani (2000), para que haya el diálogo entre saberes en la sala de clase es preciso que el profesor tenga la capacidad de establecer y conducir una interacción personal con sus alumnos, llevándolos a un desenvolvimiento en el proceso de aprendizaje y a una posición personal y autónoma frente al conocimiento científico. En el caso específico de la enseñanza sobre los insectos, es preciso que el profesor procure discutir la importancia de estos con relación a aspectos como el equilibrio ecológico y para la manutención de las diversas formas de vida en la Tierra.

REFERENCIAS

Baptista, G. C. S. 2002. A etnobiologia como subsídio metodológico para o ensino ea aprendizagem significativa em ciências biológicas. Revista FAEEBA 11 (17): 179-185.

Bizzo, N. 2000. Ciências: fácil ou difícil? 2ª ed. Ática. São Paulo. Brasil. 244 p.

Borror, D. J.; Delong, D. M. 1993. Introdução ao estudo dos insetos. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. Brasil. 345 p.

Conte, H. 2004. Insetos e meio ambiente: biodiversidade que precisa ser mais estudada. En: Amazônia: múltiplos saberes e sócio-biodiversidade. Publicação especial da 7ª Reunião Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Belém. Pará. Brasil.

Costa, F. A. P. L. 2005. Zoofobia. Disponible en: http://www.lainsignia.org/2005/octubre /cyt_002.htm. [Fecha revisión: 09 octubre 2005].

Costa-Neto, E. M. 2002. Manual de etnoentomología. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza. España. 104 p.

Costa Neto, E. M. 2004. Os insetos pelos moradores da Serra da Jibóia, Bahia. UEFS Editora. Feira de Santana. Brasil. 101 p.

Hahn, J. D.; Ascerno, M. E. 1991. Public attitudes toward urban arthropods in Minnesota. American Entomologist, 37 (3): 179-1841.

Lenko, K.; Papavero, N. 1996. Insetos no folclore. Plêiade/FAPESP. São Paulo. Brasil.

Linsingen, L.; Leyser, V. 2005. Feios, nojentos e perigosos: os animais e o ensino de Biologia através da literatura infantil ficcional. En: NARDI, R.; BORGES, O. Atas do V ENPEC. Bauru. São Paulo. Brasil.

Lopes, A. R. C. 1999. Pluralismo cultural em políticas de currículo nacional. pp. 59-80. En: Moreira, A. F. B. (Org.). Currículo: políticas e práticas. Papirus. Campinas. Brasil.

Lopes, P. P.; Reis, V. P. G. S. 2003. Insetos na escola: o que dizem os professores de Ciências e Biologia. En: Anais do I Encontro Regional de Ensino de Biologia. Feira de Santana. Bahia. Brasil.

Macêdo, M. V.; Gruzman, E.; Flinte, V. 2001. O uso dos insetos na educação básica. p. 156-159. En: Anais do I Encontro Regional de Ensino de Biologia. Niterói. Rio de Janeiro. Brasil.

Matthews, R. W.; Flage, L. R.; Matthews, J. R. 1997. Insects as teaching tools in primary and secondary education. Annual Review of Entomology 42: 269-289.

Maturana, H. 2001. Cognição, ciência e vida cotidiana. Ed. UFMG. Belo Horizonte. Brasil.

Moreira, M. A. 1999. Aprendizagem significativa. Ed. da UnB. Brasília. Brasil.

Mizukami, M. G. 1986. Ensino: as abordagens do processo. EPU. São Paulo. Brasil.

Nunes, C. 2003. Memórias e práticas na construção docente. p. 11-27. En: Selles, S. E. et al. (ed.). Formação docente em ciências: memórias e práticas. Eduff. Niterói. Brasil.

Pacca, J. L. A.; Villani, A. 2000. La competencia dialógica del profesor de ciencias en Brasil. Enseñanza de las Ciencias 18 (1): 95-104.

Pozo, J. I.; Carretero, M. 1987. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? Infancia y Aprendizaje 38: 35-52.

Rocha, L.; Jahnke, S. M.; Jesus, C. R. 2002. Percepção ambiental e noções de ecologia utilizando insrtos como material didático nas séries iniciais. p. 665. En: resumos do 24º Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí. Santa Catarina. Brasil.

Serra, M. J.; Fonseca, R. C. M. 2001. O que ensinam os insetos. AMAE Educando 304: 6-8.

Silva, A. R. R. 2001. Borboletas sem segredos. AMAE Educando 304: 9-11.

Tozoni-Reis, M. F. C. 2002. Formação dos educadores ambientais e paradigmas em transição. Ciências & Educação 8 (1): 83-96.

ÍNDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS

Pág.

A. ampeloprasum 31
A. ascalonicum 31
A. cajennense 242
A. caucasica 291
A. cepa 31
A. cephalotes 356
A. cincta 62
A. interandinum 242
A. m. carnica 291
A. m. scutellata 291
A. mellifera 291
A. mixton 242
A. pygidialis 63
A. sativum 31
A. sculptum 242
A. tauschii 39
A. tonelliae 242
A. tosichella 31
A. tripterus 355
A. tubercularis 360
A. undulata 63
Abgrallaspis cyanophylli 58, 61
Abies sp. 118
Acacia 354
Acacia mangium 345, 349
Acacia mearnsii 308
Acacia podalyriaefolia 354, 366
Acacia sp. 29
Acacia, Bambusa 32
Acalitus 30
Acalleomyia 316
Acallyntrum 316
Acalytus gossypii 25
Acanthoclina sp. near *hystrix* 113
Acanthoclina sp. 113
Acarus 15, 30
Acarus siro 15
Acca sellowiana 53
Aceria 30
Aceria guerreronis 25, 26, 41
Aceria hibisci 25, 27, 29, 44
Aceria litchii 27
Aceria tosichella 27, 36, 40, 41, 43
Aceria tulipae 34
Achatina fulica 308
Acridotheres tristis 310
Acromyrmex 114, 355

Acromyrmex spp 363
Actinidia deliciosa 32
Aculops 30
Aculops lycopersici 25
Aculus 30
Adelphe sp. 113
Ae. aegypti 290, 296, 297, 311, 312
Ae. albopictus 290, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300
Aedes aegypti 24, 290, 300, 301, 302, 304, 306, 311, 312, 313, 319, 361
Aedes albopictus 283, 284, 285, 286, 293, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 309, 313
Aedes polynesiensis 313
Aedinus 316, 318
Aenasius pos. *bolowi* 105
Afroculex 316
Abgrallaspis cyanophylli 59
Agraulis vanillae 161
Ahasverus advena 102
Akermes colombiensis 58
Albizia 354
Albizia carbonaria 355
Aleurodes erytreae 201
Allimanta 316
Allium 31
Allium sativum 34
Alnus acuminata 348
Alternaria alternata 339
Alternaria sp. 196
Amaranthus 373
Amblyomma 241
Amblyomma boeroi 242
Amblyomma cajennense 242, 245, 246
Amblyomma hadani 242
Amblyomma interandinum 242
Amblyomma patinoi 242
Amblyomma tonelliae 242
Amblyomma yucomensi 242
Amblyseius hibisci 373, 385
Amblyseius swirskii 373, 386
Ambrosia 373
Amitermes 213
Amylostereum areolatum 119
An. (Nys.) oswaldoi 334
An. albimanus 327, 329, 330
An. albitarsis 328, 330
An. apicimacula 331
An. arabiensis 293
An. calderoni 330
An. darlingi 329, 330
An. gambiae 292, 298
An. malefactor 331
An. neivai 330

An. nuneztovari 328, 329, 330
An. oswaldoi 328
An. ralgeli 328
An. rangeli 328
An. strodei 328
An. triannulatus 329, 330
Anaphes nitens 124
Anaplasma marginale 221, 242, 244
Ancistrotermes 211
Anocentor 242
Anoedioporpa 316, 318
Anomala undulata 62
Anona 354
Anopheles 323, 324, 328, 332
Anopheles (Ano.) punctimacula 323
Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis 323
Anopheles (Ker.) lepidotus 323
Anopheles (*Ker.*) *neiva* 324
Anopheles (Kertezsia) neivai 323
Anopheles (*Nys*) *benarrochi* 328
Anopheles (*Nys.*) *aquasalis* 328
Anopheles (Nys.) benarrochi 323
Anopheles (Nys.) darlingi 323
Anopheles (Nys.) nuneztovari 323
Anopheles (Nys.) oswaldoi 323
Anopheles (Nys.) rangeli 323
Anopheles (Nys.) strodei 328
Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus 323
Anopheles (Nyssorhynchus) rangeli 334
Anopheles albimanus 332, 333
Anopheles apicimacula 328
Anopheles calderoni 324, 327
Anopheles gambiae 292, 301, 303, 305, 306, 307
Anopheles halophylus 335
Anopheles malefactor 327
Anopheles mattogrossensis 328
Anopheles neomaculipalpus 327
Anopheles nuneztovari 332
Anopheles peryassui 328
Anopheles punctimacula 327
Anopheles quadrimaculatus 285, 309
Anopheles triannulatus 324, 333, 334
Anoplolepis gracilipes 285, 309
Anoplophora glabripennis 285, 309
Anoplotermes 213
Anovia punica 364
Antiteuchus pallescens 355
Antiteuchus tripterus 354, 355, 366
Antricola 241
Apanteles sp. 68
Aphanomyces astaci 308

Aphis spiraecola 196
Aphytus sp 106
Apis mellifera scutellata 291
Aramanday guasu 86
Ardisia elliptica 309
Argas 241
Arilus sp 106
Arundo donax 308
Asclepias fascicularis 32
Aspidiotus destructor 360
Astaena aff *pygidialis* 62
Astaena aff. pygidialis 62
Asterias amurensis 308
Astraptes fulgerator 160
Atta 114, 355
Atta cephalotes 114, 351, 354, 356, 366, 367
Atta columbica 356
Atta sexdens 131
Atta sexdens rubropilosa 125
Atta spp 84, 363
Attamyces bromatificus 356
auberti 199
Aulacaspis tubercularis 357, 360, 365
Australopithecus africanus 86
Austrophyto 260
Avena sativa 31
Azadirachta indica 29
Azteca 404, 416, 418
Azteca alfari 420
Azya *orbigera* 105, 106
B. bassiana 66, 113, 248, 249
B. phoenicis 22, 23
B. pilosa 56
B. thuringiensis 110, 111, 230
Babesia bigemina 242
Babesia bovis 242
Baccharis sp 380
Bacillus antracis 219
Bacillus popilliae 63
Bacillus sphaericus 319
Bacillus thuringiensis 68, 112, 184, 186, 230, 237, 319
Bactris gasipaes 30
Bahamiola 260, 261
Barraudius 316
Batrachochytrium dendrobatidis 308
Bauhinia sp 351
Beauveria bassiana 24, 54, 56, 63, 64, 111, 112, 116, 184, 186, 243, 244, 245, 246, 247, 254
Beauveria spp. 192
Beddingia siricidicola 125
Beilschmiedia spp 67
Belkinomyia 316

Bemisia tabaci 23, 285, 309, 385
Bergera koenigii, ... 199
Bidens 373
Bidens pilosa 55
Billaea (Paratheresia 184
Bixa orellana 32
Blaesoxipha 258
Blattella germanica 351, 367
Blissus 177, 181
Bohemeria caudata 379
Boiga irregularis 309
Bombacoccus aguacatae 58, 59
Boophilus anulatus 254
Boophilus microplus 254, 255
Brachiacantha bistripustulata 105
Bracon hebetor 372
Brevipalpus 16, 18, 20, 22, 30, 35, 38, 39, 196
Brevipalpus chilensis 32
Brevipalpus phoenicis 16, 18, 20, 22, 35, 39, 196
Brevipalpus yothersi 22
Bufo marinus 309
Bunaeopsis licharbas 162
Bunyavirus 294
Burkholderia glumae 27, 36, 42
C. *Cathartus quadricollis* 104
C. dictyospermi 59
C. lusitanica 108, 109, 111, 112
C. multicicatrices 358
C. sinensis 29
Cacopsylla 199
Cajanus 354
Calyptratae 263
Camellia sp. 53
Candidatus 198, 205
Candidatus Liberibacter americanus 209
Candidatus Liberibacter *asiaticus* 208, 352
Candidatus Liberibacter caribbeanus 206, 207
Candidatus Liberibacter spp. 206
Canthon 277
Capnodium sp. 343
Capra hircus 309
Capsicum 373
Capsicum spp. 23
Carcinops pomilio 237
Carcinops pumilio 226
Carcinops sp. 226
Carcinus maenas 308
Cargolia arana 109, 379
Carica papaya 24, 44, 360
Carrollia 316
Cassia 354

Cassia fistula 355
Cassia siamea 355
Cathartus quadricollis 102
Caulerpa taxifolia 308
Cecropia 404, 405, 406, 416, 417, 418, 419, 420
Cecropia peltata 308
Cecropia purpurascens 419
Ceraeochrysa sp. 118, 387
Ceratonia siliqua 32
Cercopagis pengoi 308
Ceroplastes rubens 58, 59, 60
Ceroplastes. 59
Ceroys quadrispinosus 113
Cervus elaphus 309
Chenopodium 373
Chenopodium album 32
Chilomastix mesnili 219
Chlorocardium rodei 67
Chromolaena odorata 309
Chrysagria 262
Chrysomima semilutearia 109, 129
Chrysomphalus dictyospermi 58, 59
Chrysomya albiceps 135, 136
Chrysomya megacephala 134, 136, 138, 139
Chrysomya putoria 134, 139
Chrysoperla plorabunda 373, 385
Chrysoperla sp. 118
Chrysoporthe 107
Chrysoporthe cubensis 126, 130
Chrysoporthella hodgesiana 107
Cinara cupressi 285, 308
Cinchona pubescens 308
citricola 199
Citrus 189, 199
Citrus aurantiifolia 29
Citrus grandis 199
Citrus latifolia 28, 29
Citrus leprosis 38, 39, 196
Citrus limon 29, 32
Citrus medica 199
Citrus reticulata 29, 200
Citrus sinensis 28, 43, 197, 206
Citrus sp. 29, 203
Citrus spp 22, 23, 351, 352, 360
Citrus tristeza 196
Clarias batrachus 309
Cleruchoides noackae 122
Clidemia hirta 308
Clonostachys sp. 103
Closterocerus coffeellae 103, 104
Closterocerus lividus 104

Clusia sp 53
Coccus hesperidum 58
Coccus viridis 106
Cochliomyia hominivorax 220
Cocos nucifera 26, 29
Coffea 354
Coffea arabica 53, 56, 76, 102, 115
Compsus sp. 196
Conocephalus sp 183
Coprophanaeus lancifer 140
Coptotermes 212
Coptotermes formosanus 210, 285
Coptotermes formosanus shiraki 309
Copturomimus perseae 64
Copturus aguacatae 70
Cordyceps sp. 111
Cornitermes 211, 213
Corylus 373
Cotesia flavipes 186
Cotesia sp. 110
Cratichneumon sp., ... 111, 112, 379
Crematogaster sp. 103, 104
Crotalaria 373
Cryphonectria parasitica 308
Crypticerya multicicatrices 357, 362, 365
Cryptocanthon 276, 278
Cryptolaemus montrouzieri 106
Cryptotermes brevis 210
Crysopa 186
Crysoperla sp. 106
Cucumis 373
Cucumis melo 24
Cucurbita pepo 360
Culex 25, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322
Culex pipiens 320, 321
Culex quinquefasciatus 318, 319, 321
Culicini 319
Culiciomyia 316
Culiseta 319
Cupressus 108
Cx. quinquefasciatus 317
Cycloneda sanguinea 105
Cyclorrhapha 261
Cyprinus carpio 309
D. *ahasverus advena* 104
D. auberti 201
D. citri 189, 192, 197, 201, 205, 206, 207
D. communis 201
D. indicus 83
D. murrayi 201
D. punctulata 201

D. saccharalis 182
D. tomentosus 83
D. zebrana 201
D.citri 188, 189
Dactylopius coccus 83
Decacrema 417
Deladenus (*beddingia*) *siricidicola* 119
Deltochilum 277
Dendroctonus frontalis 337
Dendroctonus valens 348
Dermacentor 241, 242
Dermacentor nitens 242
Desmodium 373
Dexosarcophaga 256, 263
Diaphorina 199
Diaphorina citri 188, 194, 195, 196, 202, 206, 207, 208, 209, 352, 354, 362, 364, 366
Diatraea 180
Diatraea saccharalis 185
Diatraea sp 186
Diatraea spp 184
Dichotomius 184, 276, 277, 278, 280
Dieffenbachia sp 22
Diospyros kaki 32
Diospyros virginiana 32
Dipteryx 354
Dircenna 144, 162
Dothistroma 131
Dreissena polymorpha 308
Dryocetes autographus 338
Dysmicoccus brevipes 360
Dysmicoccus texensis 102
E. camaldulensis 116, 120
E. cinerea 120
E. citriodora 108
E. dunnii 123
E. elata 123
E. fastigata 123
E. fraxinoides 123
E. globulus 108, 120, 123
E. grandis 109, 111, 112, 114, 115, 116, 120, 123
E. muscae 227
E. nitens 120, 123
E. parallelus 341, 342
E. pellita 116
E. saligna 120, 123
E. smithii 123
E. tereticornis 116, 120
E. urograndis 109, 116, 122
E. urophylla 116
E. viminalis 108, 123
Eichhornia crassipes 308

Elachertus sp 111
Elaeis guineensis 100, 363
Eleutherodactylus coqui 309
Entamoeba histolytica 219
Enterolobium 354
Entomophthora muscae 227, 239
Ephestia kuehniella 383
Eriocheir sinensis 308
Eriophyes 30
Eriophyes hibisci 29, 44
Eriophyes litchi 42
Erythrina sp. 360
Escherichia coli 219
Eucalyptus 107, 108, 120
Eucalyptus macarthurii 123
Eucalyptus spp. 107, 113, 124
Euetheola 182
Euetheola bidentata 186
Eugenia uniflora 353
Euglandina rosea 308
Eumelanomyia 316
Euodia meliifolia, ... 199
Euphorbia esula 309
Euplatypus paralellus 336, 341, 343, 345
Euplatypus segnis 339
Euplatypus sp. 346, 349
Eurysternus 276, 279
Euschistus 178, 179
Euseius fustis 373, 383
Euseius hibisci 373
Euseius stipulans 373
Euseius tularensis 373
Euterpe oleracea 30
Eutetranychus 30
F. benjamina 353
F. gardeniae 55
F. microcarpa 353
Fallopia japonica 308
Fannia 227
Fannia canicularis 219
Fannia scalaris 219
Fannia spp. 229
Fannia trimaculata 140
Felis catus 309
Ferrisia sp. 58
Ferrisia spp., ... 360
Ficus andicola 359, 362, 367, 368
Ficus benjamina 351, 353
Ficus carica 199
Ficus microcarpa 353
Ficus soatensis 359

Ficus spp 353
Flavivirus 294
Fletcherimyia 258
Frankiniella gardeniae 54, 55
Frankliniella occidentalis 54
Fusarium oxysporum 339
Fusarium solani, ... 339
Fuscu ropoda vegetans 226
G. balteatus 123
G. bisulca 110
G. *Horismenus* sp. 104
G. pallens 374
G. platensis 123
G. pulverulentus 123
G. punctipes 374
G. scutellatus 123
Galinsoga parviflora 379
Gambusia affinis 309
Geocoris bullatus 373, 374
Geocoris pallens 373, 386
Geocoris punctipes 373, 384, 385
Giardía lamblia 219
Glena bisulca 109, 110, 126, 131, 379
Glycaspis brimblecombei 115, 116, 127, 129, 131
Glycine max 24
Glycyphagus domesticus 15
Gonipterus 123
Gonipterus sp. 123
Gossypium hirsutum 24
H. lauri 65, 66
H. similis 183
Habronema 221
Haemagogus 319
Haemaphysalis 241
Haematobia irritans 219, 221, 227
Hambletonia sp. 105
Harmonia axyridis 105
Hedychium gardnerianum 308
Heilipus lauri (..... 65
Heliconius 154, 158
Helicophagella 262
Heliothis 373
Heliothis virescens 383
Heliothrips haemorrhoidalis 54, 71
Hemilucilia segmentaria 136
Hermetia illucens 136, 138, 227
Herpestes javanicus 310
Heteronemia striatus 113
Heterorhabditis 63, 65
Heterotermes 211, 212, 213
Heterotermes convexinotatus 213

Heterotermes tenuis 213
Hexamermis sp. 184
Hibiscus 22
Hibiscus erineum 44
Hibiscus rosa-sinensis 25, 29, 44, 358
Hibiscus sp. 22
Hippelates 219
Hiptage benghalensis 308
Hirsutella 192, 194
Hordeum vulgare 31
Hyalenna 144, 162
Hydrellia 178, 179, 181
Hylastes ater 338
Hylurgops palliatus 348
Hypothenemus hampei 102, 104
Ibalia leucospoides 119
Icerya sp. 351
Icerya purchasi 350
Inga 354
Iphiseiodes zuluagai 16
Ips grandicollis 338
Ischnaspis longirostris 357, 360
Ixodes 241
Jacaranda caucana 351
Kitzmilleria 316
L. *asiaticus* 202
L. eximia 268
L. eximia, (*P.*) *pexata* 268
L. graminivora 379
L. huidobrensis 379
L. inusitata 113
L. sabaziae 379
L. *spinicollis* 113
Ladenbergia magnifolia 53
Lafoensia acuminata 53
Lagerstroemia indica 353, 366, 367
Lagerstroemia spp 352, 353
Lantana camara 309
Larix sp. 118
Lasiodiplodia theobromae 339
Lasiosiphon 316
Lates niloticus 309
Lauran-thus kiassinus 200
Laurencella colombiana 58
Laurus nobilis 53
Lecanicillium 194
Lecanicillium lecanii 106
Lecanicillium longisporum 192
Lecanicillium sp. 359
Lecanicillium spp. 192
Lepidoglyphus destructor 15

Leptinotarsa 373
Leptochelonus sp. 66
Leptocybe invasa 118, 120, 124, 126, 127
Leucaena leucocephala 308
Leucauge sp 183
Leucoagaricus gongylophorus 114
Leucoptera coffeellum 102, 104
Leuronota 200
Liberibacter africanus 198
Liberibacter americanus 198
Liberibacter asiaticus 198
Liberibacter spp 188
Libethra sp 113
Libethra strigiventrus 113
Libethroidea inusitata 112
Licania tomentosa 351
Ligustrum robustum 309
Linepithema humile 285
Liometopum spp 84
Lipoptilocnema 260
Liriomyza huidobrensis 378
Lissorhoptrus 179
Litchi chinensis 31
Litosermyle ocanae 113
Litosermyle sp. near *ocanae* 113
Litsea laurifolia; 200
Lophoceraomyia 316
loranthae 200
Loranthus zeyheri 200
Lorryia turrialbensis 16
Lucilia eximia 266, 271
Lutzia 322
Lymantria dispar 285
Lythrum salicaria 309
M. anisopliae 248, 249
M. domestica 229
M. hirsutus 358
M. raptor 228
M. tanajoa 18
M. velezangeli 53, 115, 116
Macaca fascicularis 310
Macaranga 417
Maconellicoccus hirsutus 357, 358, 363, 365, 366
Macrocentrus croceipes 372
Macrocheles 226
Macrocheles muscadomesticae 226, 237
Macropygium reticulare 355
Maillotia 316
Malephora 373
Manduca 373
Mangifera 354

Mangifera indica 53, 351, 360
Mansonia 319
Mastotermes darwiniensis 211
Matisia cordata 25
Mauritia flexuosa 30
Mechanitis 144, 147, 153, 162
Mechanitis mazaeus 160
Mechanitis menapis doryssus 159
Mecistorhinus tripterus 366
Mecynocorpus 260
Megarhyssa nortoni 119
Megaselia scalaris 137
Melaleuca quinquenervia 308
Melanoconion 316, 322
Melanolophia commotaria 379
Melia azedarach 29
Mesohomotoma 200
Mesohomotoma lutheri 201
Metagonistilum 183
Metagonistilum minense 184, 186
Metarhizium anisopliae 24, 63, 64, 66, 184, 186, 243, 244, 245, 246, 247, 253, 254
Miconia calvescens 309
Miconia sp 380
Micraedes 316
Microcerella 137, 260, 262
Microcerella halli 137
Microcerotermes 212
Microcerotermes cf *arboreus* 213
Microplitis croceipes: 386
Micropterus salmoides 309
Microtermes obesi 211
Mikania micrantha 308
Milviscutulus mangiferae 359
Mimosa pigra 308
Mnemiopsis leidyi 308
Mocis 179, 184, 186
Mocis latipes 184
Monalonion 71
Monalonion spp 126
Monalonion velezangeli 53, 68, 70, 74, 75, 77, 78, 79, 102, 106, 115, 127
Mononychellus progresivus 40
Mononychellus spp. 16, 26
Mononychellus tanajoa 18, 45
Morpho 158
Mullerian bodies 404
Murraya 352
Murraya exotica 200
Murraya paniculata, ... 189, 197, 199, 206, 351, 352
Mus musculus 310
Musca domestica 219, 220, 221, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 234, 236, 237, 239
Muscidifurax 226, 227, 228

Muscidifurax raptor 228, 229
Muscidifurax zaraptor 229, 239
Mustela erminea 309
Mycobacterium tuberculosis 219
Mycosphaerella tassiana 196
Myocastor coypus 309
Myrica faya 308
Mytilus galloprovincialis 308
N. cucumeris 33
N. ribis 116
Nasonia spp. 227
Nasutitermes 211, 212
Necrobia rufipes 141
Neochavesia caldasiae 102
Neoculex 316
Neofusicoccum ribis 115
Neoseiulus californicus 18, 33
Neoseiulus paraibensis 28
Neotermes castaneus 73
Neozygites 34
Nephochaetopteryx 256, 261
Nipaecoccus nipae 360
Nomuraea rileyi 184
Notochaeta 258
Nuttaliella namaqua 241
Nycaromyia 316
Nyssorhynchus 335
O. albidipennis 383
O. laevigatus 386
O. trychiata 109, 110
O. yothersi 56
Oculeomyia 316
Oebalus 178, 179
Oleriina 159
Oligonychus 30, 32, 73, 76, 77, 102
Oligonychus perseae 34
Oligonychus yothersi 56, 105
Oncorhynchus mykiss 309
Ontherus 276, 280
Ooencyrtus nezarae 372
Ooencyrtus nezarae 386
Ophiostoma ulmi 308
Ophyra aenescens 266, 272
Ophyra spp. 227
Opuntia stricta 308
Orbivirus 294
Oreochromis mossambicus 309
Orius albidipennis 373, 386
Orius insidiosus 374, 383, 384, 385
Orius laevigatus 383
Orius minutus 373

Orius tristicolor 373, 386
Ornidia obesa 136
Ornithodoros 241
Oryctolagus cuniculus 309
Otobius 241
Oxydia platypterata 128
Oxydia trychiata 109, 125
Oxysarcodexia 256, 258, 261, 262
Oxysternon conspicillatum 280
Oxyvinia 256
Ozaroa spaerocarpa 200
Ozoroa reticulata 200
P. barberi 103
P. boerneri 117, 118, 387
P. caballeroramosae 359
P. canariensis 118
P. caribaea 117
P. cortex 113
P. elliottii 117, 118
P. falciparum 30, 326, 327, 330
P. guajava 342, 343
P. latus 23, 24
P. malariae 327
P. maximinoi 108, 109, 110, 111, 112, 117, 387
P. menetriesi 62, 63
P. obsoleta 63
P. oleivora 25
P. oocarpa 117, 387
P. ovale 327
P. pallidus 24
P. patula 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 387
P. persimilis 18, 19
P. phalaenoides 354, 355
P. pinaster 118
P. pinea 118
P. ponderosa 108
P. quercifex 361
P. radiata 108, 117, 118, 119
P. rigida 108
P. septenatum 341
P. sylvestris 117
P. taeda 117, 118
P. tecunumanii 108, 109, 110, 111, 112, 117, 387
P. vivax 326, 327, 330
P.(*P.*) *pexata* 269
Pacatuba 261
Paecilomyces spp. 192
Palustra tenuis 379
Panava 260, 263
Panonychus citri 196
Pantherodes pardalaria 379

Parachartergus sp., ... 111
Parateresia claripalpis 186
Parthenolecanium quercifex 361
Peckia 256, 260, 262
Peckia (*P.*) *pexata* 268, 273
Peckia (Peckia) chrysostoma 140
Peckia (*Peckia*) *pexata* 270, 272
Perichares 153
Persea 67
Persea americana 32, 47, 68, 69, 70, 71, 73, 76, 77, 78, 115
Phaseolus vulgaris 24, 95
Pheidole megacephala 285
Phenacomyia 316
Philaethria 158
Phleboviru 294
Phyllocnistis citrella 196
Phyllocoptes 30
Phyllocoptes bougainvilleae 25
Phyllocoptes fructiphilus 35
Phyllocoptruta oleivora 16, 196
Phyllophaga 182
Phyllophaga bicolor 75
Phyllophaga menetriesi 62
Phyllophaga obsoleta 62
Phylocoptruta oleivora 25
Phytonemus pallidus 23, 24, 37
Phytophthora cinnamomi 52, 213, 308
Phytophthora citrophthora 196
Phytophthora infestans 92
Phytophthora spp 69
Phytoptus matisiae 25
Phytoseiulus persimilis 18, 33
Phytotelmatomyia 316
Picea sp 118
Pimpla sp. 112
Pineus 387
Pineus boerneri 115, 117, 127, 387
Pineus pini 117
Pinus 107, 108, 111
Pinus kesiya 117, 387
Pinus mugo 117
Pinus patula 118
Pinus pinaster 309
Pinus sp. 349
Pinus spp. 114, 124
Pithecellobium dulce 355
Pithecellobium saman 351, 355
Pithecelobium 354
Planococcus citri 106
Planudes cortex 112
Plasmodium 323, 324, 330

Plasmodium relictum 308
Plasmodium spp 323, 326, 327, 334
Plasmodium spp. 309, 323
Pnigalio sarasolai 104
Podisus maculiventris 373, 386
Podisus sp 111, 112
Poecilochirus monospinosis 226
Poekilloptera phalaenoides 354
Polistes erythrocephalus 111
Polistes sp 111, 112
Polybia spp 84
Polyommatus 150
Polyommatus celina 159
Polyommatus icarus 159
Polyphagotarsonemus latus 18, 23, 37, 194, 196, 385
Pomacea canaliculata 308
Potamocorbula amurensis 308
Praelongorthezia praelonga 192, 196, 360
Prioria copaifera 345
Propylea sp 105
Prosopis glandulosa 309
Protocalliphora 162
Protopulvinaria pyriformis 58, 59, 60, 357, 359
Protortonia ecuadorensis 357, 358
Prunus 32, 354
Pseudacysta perseae 76
Pseudobombax septenatum 340
Pseudococcus calceolariae 357, 358, 359, 367, 368
Pseudococcus jackbeardsleyi 102
Pseudococcus longispinus 360
Pseudococcus viburni 73
Pseudoparlatoria parlatorioides 58, 59
Pseudotsuga menziesii 118
Psidium 354
Psidium cattleianum 308
Psidium guajava 25, 53, 113, 115, 336, 341
Psidium littorale 53
Psidium littorale cv. *Cattleianum* 53
Psylla 199, 200
Psylla citricola 201
Psylla citrisuga 201
Psylla murrayi 201
Psyllaephagus bliteus 117
Psyllobora confluens 105
Pueraria montana var. lobata 309
Pulvinaria caballeroramosae 357, 359
Pulvinaria psidii 58, 59, 60, 359
Punica granatum 353
Puto barberi 102, 105
Pycnonotus cafer 310
Quadrastichus mendeli 121

Quercus 373
Quercus humboldtii 367
R. dominica 182
R. indica 29, 30
Railletina casticillas 219
Rana catesbeiana 309
Raoiella 22
Raoiella indica 27, 29, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44
Rattus 297
Rattus norvergicus 136
Rattus rattus 310
Ravinia 256, 258, 261
Repipta sp. 106
Retracrus elaeis 25
Retrocitomyia 260
Rhipicephalus 241, 242
Rhipicephalus (Boophilus) microplus 18, 242
Rhipicephalus (Boophilus) 18, 242
Rhipicephalus microplus 24, 243, 244, 245, 246, 247, 253
Rhus 32
Rhynchophorus palmarum 86
Rhynchotermes 213
Rhyssa persuasoria 119
Richardia 373
Ricinus 373
Rodolia cardinalis 351
Rogas sp. 111
Rosa multiflora 30
Rosellinia bunodes 196
Roystonea regia 351
Rubus ellipticus 310
Rubus glaucus 53
Rupela 183
Ryzoglyphus 30
S. calcitrans 221
S. cameroni 229
S. catenifer 67, 68
S. coffeae 360
S. endius 228
S. eridania 182
S. frugiperda 182
S. furcatus 28
S. hindustanicus 28
S. kahawaluokalani 352, 353
S. malaccense 342
S. nigra 221
S. noctilio 119
S. oleae 360
S. paezi 28
S. simplex 353
S. sitiens 221

S. spinki. 27,178
Sabethini 319
Sabulodes glaucularia, ... 379
Saissetia coffeae 59, 60
Saissetia miranda 357
Saissetia neglecta 58, 359
Saissetia oleae 71
Salbia 178, 179
Salbia sp. 176, 184, 186
Salix 32
Salix humboldtiana 358
Salmo trutta 309
Salmonella typhi 219
Sarcodexia 260
Sarcofahrtiopsis 260, 261
Sarcophaga 256, 258, 260
Sarcophaga (Liopygia) ruficornis 137
Sarcoptes scabie 15
Sarocladium oryzae 27
Sarucallis kahawaluokalani 352, 354, 364, 365
Schinus terebinthifolius 308
Schizotetranychus 30
Schizotetranychus hindustanicus 27, 28, 40, 42, 196
Schizotetranychus oryzae 28
Sciurus carolinensis 309
Sclerocarya caffra 200
Scybalocanthon 276, 281
Scymnus af. *hamatus* 105
Secale cereale 31
Selenaspidius articulatus 106
Selenaspidus articulatus 196
Selenothrips rubrocinctus 54
siendo *Trichogramma spp.,* 184
Singhiella simplex 353, 354, 364, 365, 368
Sinopiella 258
Siphoniomyia melaena 111
Sirex noctilio 118, 127
Sirivanakarnius 316
Sitophilus oryzae 182
Sitotroga cerealella 68
Sogata orizicola 27
Solanum lycopersicum, ... 23
Solanum melongena 23
Solanum quitoensis 23
Solenopsis invicta 285
Solidago 373
Sonchus 32
Sorghum sp 31
Sorghum vulgare 29
Spalangia 226, 227, 228
Spalangia cameroni 229, 238

Spalangia endius 228, 229, 237, 239
Spanioza erythreae 201
Spanioza merwei 201
Spartina anglica 308
Spathodea campanulata 309, 351
Sphagneticola trilobata 309
Spissipes 322
Spodoptera 176, 177, 178, 179, 181, 183, 184, 186, 373
Spodoptera frugiperda 181, 184, 186
Spodoptera, sogata 186
Steinernema 63, 65
Steneotarsonemus 30
Steneotarsonemus furcatus 27
Steneotarsonemus pallidus 35, 44
Steneotarsonemus spinki 23, 27, 34, 35, 37, 39, 42, 43, 44, 181
Stenoma catenifer 66
Stenorrhynca 196
Stethorus sp. 105
Stethorus tridens 57
Stomoxys 219, 220, 221, 222, 228, 229
Stomoxys calcitrans 219, 220, 221, 222, 228, 229
Strychnos innocua 199
Sturnus vulgaris 310
Sus scrofa 137, 139, 266, 268, 309
Swinglea glutinosa 22, 29, 39, 197, 351, 352
Syzygium malaccensis 336, 351
Syzygium oleosum 53
T. alsophilae 111, 112
T. cinnabarinus 21
T. peregrinus 121
T. urticae 18, 19, 21, 33, 89, 90, 95, 97, 99
Tabebuia chrysantha 351
Tachinaephagus sp. 227
Tagosodes orizicolus 27, 187
Talipaariti elatus 29
Talipariti elatum 29
Tamarix ramosissima 309
Tamarixia radiata 362
Tapacura 260
Tarsonemus 30
Telenomus 183
Telenomus alsophilae 110
Telenomus remus 184, 186
Tenuipalpus 30
Terminalia catappa 351
Tetradium glabrifolium 199
Tetranychus 18, 21, 26, 30, 35, 36, 38, 87, 88, 93, 100
Tetranychus cinnabarinus 18, 35
Tetranychus evansi 26
Tetranychus spp. 90
Tetranychus urticae 18, 21, 35, 38, 87, 88, 100

Thaumastocoris 125
Thaumastocoris australicus 129
Thaumastocoris peregrinus 121, 129, 131
Theobroma 354
Theobroma cacao 115
Thioptera 179
Thrips palmi 54
Thrips sp 55
Thydllansia usneoides 341
Thyphlodromalus peregrinus 384
Tibouchina lepidota 53, 113
Tibraca 178
Tinocallis kahawaluokalani 352, 364, 367
Tinolestes 318
Titanogrypa 258, 260
Toddalia asiatica, ... 199
Tomicus minos 338
Tomicus piniperda 338, 348
Toumeyella sp 60
Toumeyella sp. 59
Toxoptera aurantii 196
Toxorhynchites brevipalpis 311
Toxorhynchitini 319
Trachemys scripta 309
Treponema pertenue 219
Tricharaea 261, 262
Trichogramma 183
Trichogramma exigum 184, 185
Trichogramma pretiosum 184
Trichogramma pusillun 68
Trichogramma sp., ... 186
Trichosurus vulpecula 310
Trioza 200
Trioza citri 201
Trioza citroimpura 201
Trioza eastopi 201
Trioza erytreae 201
Trioza litseae 201
Trioza merwei 201
Tripogandra cumanensis 53
Trisetacus 30
Tritimovirus 31
Trogoderma granarium 285, 309
Trypodendron domesticum 348
Tulaeopoda 260
Tulipa sp. 31
Typha 373
Typhlodromalus limonicus 18
Typhlodromalus peregrinus 385
Typhlodromalus regrinus 373
Typhlodromips sinensis 16

Tyrophagus 30
Tyrophagus putrescentiae 15
U. gigas gigas 119
Udamopyga 262
Udamostigma lutheri 201
Ulex europaeus 309
Undaria pinnatifida 308
Urena lobata, hibiscus 200
Uroxys 277
Vanilla 200
Verticillium sp 52
Vespula vulgaris 285, 308
Vibrio comma 219
Vitis 32
Vitis spp 24
Vitis vinifera 32
Vulpes vulpes 310
Wasmannia auropunctata 285, 309
Wuchereria bancrofti 318
Wulpisca 260
X. cheopis 291
Xanthoepalpus sp. 110
Xenopsylla cheopis 291
Xyleborus affinis 349
Xyleborus sp. 346
Xylocoris galactinus 227
Xylocoris galctius 237
Y. pestis 292
Yersinia pestis 291
Zagrammosoma multilineatum 104
Zanthoxylum (=*Fagara*) *rugosa* 200
Zanthoxylum beecheyanum, ... 199
Zanthoxylum cuspidata 199
Zea mays 31
Zelus vespiformis 106

©
Sociedad Colombiana de Entomología
SOCOLEN
42° Congreso
Medellín, Colombia.
2015