

# MEMORIAS

43° CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE  
ENTOMOLOGÍA - SOCOLEN

SOCOLEN

2016



Sociedad  
Colombiana de Entomología

**SOCOLEN**

MANIZALES 27, 28 y 29 DE JULIO DE 2016

RECINTO DEL PENSAMIENTO JAIME RESTREPO MEJIA,  
HOTELES ESTELAR

### **Edición General y Diagramación**

Carmenza Gongora  
Ana María Castro Triana  
Luis Miguel Constantino  
Laura Laitón

---

### **Diseño**

Ana María Castro Triana

### **Fotografía de portada**

Juan Carlos Ortíz  
Luis Miguel Constantino

---

© Copyright Sociedad Colombiana de Entomología <http://www.socolen.org.co>  
Julio 2016  
ISSN: 2389-7694 (en línea)

27, 28 y 29 de julio de 2016. Sociedad Colombiana de Entomología - Socolen. Manizales, Caldas, Colombia. 293 p.

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA**  
**Junta Directiva 2015 – 2016**

**Presidente**

*Efraín H. Becerra Contreras*  
*Dow AgroSciences de Colombia S.A*

**Vicepresidente**

*Rodrigo Vergara Ruíz*  
*Universidad Nacional de Colombia*

**Secretario**

*Daniel Castillo V.*  
*Universidad El Bosque*

**Tesorero**

*Amanda Varela Ramírez*  
*Pontificia Universidad Javeriana*

**Vocal Principal**

*Alex Bustillo Pardey*  
*CENIPALMA*

**Vocal Principal**

*Pablo Benavides*  
*CENICAFÉ*

**Vocal Principal**

*Juan Humberto Guarín*  
*CORPOICA C.I. La Selva*

**Vocal Suplente**

*Zulma Nancy Gil*  
*CENICAFÉ*

**Vocal Suplente**

*Diana Rueda Ramírez*  
*ESALQ- Universidad de Sao Paulo*

**43° CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA**

**COMITÉ ORGANIZADOR**

**Presidente**

*Pablo Benavides Machado*

**Secretario**

*Zulma Nancy Gil*

**Tesorero**

*Zulma Nancy Gil – Socolen Bogotá*

**Comisión Académica**

*Carmenza Góngora  
Luis Miguel Constantino  
Luis F. García  
Ana María Castro Triana  
Laura Laitón*

**Comisión Financiera**

*Patricia Marín  
Aníbal Arcila  
Diana Soraya Rodríguez*

**Comisión Publicidad y Prensa**

*Juan Carlos Ortíz*

**Comisión Eventos Sociales**

*Catalina Grisales*

**Comisión Recursos Físicos**

*Claudia Martínez Díaz  
Johana Tapias  
Shirley Palacios  
Beatriz Elena García*

## **ORGANIZADORES**

*SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA SOCOLEN*

*CENICAFÉ – CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ*

*LABORATORIO CONTROL DE BIOINSUMOS*

*UNISARC*

*UNIVERSIDAD DE CALDAS*

*JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS*

## **PATROCINADORES**

DOW AGROSCIENCES

ADAMA

AGROPRODUCTIVA

LAM INTERNACIONAL

BAYER CROPSCIENCE

BIOPROTECCIÓN

SOLUCIONES MICROBIANAS DEL TROPICO

ORIUS BIOTECH

BLANECOLOR

SEMILLAS VALLE

SYNGENTA

COMITÉ DE CAFETEROS DE CALDAS

ASOCIACIÓN DE BIÓLOGOS EGRESADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CALDAS

GUIGO

CAFÉ EXPEDITION

CAFÉ ÁGUILA ROJA

LICORERA DE CALDAS

**MUESTRA COMERCIAL**

ADVANCED INSTRUMENTS LTDA.

BIOPROTECCIÓN

SANITAS LAB TECHNOLOGY

PAF – PURIFICACION Y ANÁLISIS DE FLUIDOS

MISIFOLIA

BIOLOGIKA GROUP

INNOVAK GLOBAL

SAFER AGROBIOLOGICOS

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>IX</b>
<b>CONFERENCIAS MAGISTRALES</b>	<b>1</b>
<b>CONTRIBUYENDO AL CAMBIO TÉCNICO: BIOCONTROL, UNA GRAN OPORTUNIDAD.</b>	<b>1</b>
<b>DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS FRENTE A LA RESPONSABILIDAD AMBIENTAL.</b>	<b>3</b>
<b>AGROECOLOGIA. LA ENTOMOLOGÍA FRENTE A LOS DESAFÍOS AGRÍCOLAS GLOBALES.</b>	<b>3</b>
<b>NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE MOSQUITOS.</b>	<b>3</b>
<b>SIMPOSIO 1. LA ENTOMOLOGÍA Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>4</b>
<b>Efectos del cambio climático en el planeta y las acciones de cooperación de IICA en Perú para contribuir en la mitigación y adaptación al cambio climático en el país.</b>	<b>4</b>
<b>Os efeitos das mudanças climáticas nas interações planta-herbívoros - inimigos naturais</b>	<b>12</b>
<b>Mudanças geográficas, mudanças climáticas, mudanças ultraestruturais: possível controlar ou reverter?</b>	<b>25</b>
<b>SIMPOSIO 2. CONTROL BIOLÓGICO</b>	<b>32</b>
<b>Estatus del control biológico en México.</b>	<b>32</b>
<b>Retos para la citricultura colombiana. Caso <i>Diaphorina citri</i>.</b>	<b>54</b>
<b>Uso de <i>Beauveria bassiana</i> y extractos botánicos para el control de la broca del café</b>	<b>66</b>
<b>Innovación Sostenible en Control Biológico en Sistemas de Manejo Integrado de Plagas</b>	<b>71</b>
<b>SIMPOSIO 3. ENTOMOLOGÍA MÉDICA: ZIKA, CHIKUNGUNYA Y DENGUE</b>	<b>83</b>
<b><i>Aedes spp.</i> un reto para la Salud Pública en las Américas</b>	<b>83</b>
<b>VECTOS, Sistema integrado de análisis para la toma de decisiones en el control de vectores</b>	<b>95</b>
<b>Ecosalud un enfoque para el estudio de Dengue, Chikungunya y Zika</b>	<b>96</b>

<b>SIMPOSIO 4. AGROECOLOGIA.</b>	<b>98</b>
Bases agroecológicas del manejo de plagas.	98
El rol ecológico de la biodiversidad en el manejo de plagas.	102
Agroecología y Café	106
<b>SIMPOSIO 5. AMPLIACIÓN DE LA FRONTERA AGRICOLA EN COLOMBIA.</b>	<b>115</b>
Patrones de riqueza de mariposas en paisajes modificados de la región andina colombiana: una revisión preliminar	115
Diversidad en paisajes modificados por el hombre	132
Ampliación de la frontera agropecuaria y servicios ecosistémicos	143
Oferta Ambiental y ocupación del territorio en Colombia. Una mirada de larga Duración	158
<b>SIMPOSIO 6. SISTEMÁTICA Y NUEVAS ESPECIES EN COLOMBIA.</b>	<b>160</b>
Descripción de nuevas especies en Colombia: sus alcances en Coleoptera.	160
Los insectos descritos de Colombia, con énfasis en insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha)	163
Herramientas para la delimitación y estudio de especies en hormigas (Hymenoptera: Formicidae).	188
Análisis morfológicos, moleculares y biogeográficos en la validación de nuevas especies y resolución de problemas taxonómicos en lepidoptera	208
<b>SIMPOSIO 7. NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL CONTROL DE INSECTOS</b>	<b>232</b>
Diseño de nuevas tecnologías útiles en el control de insectos de interés médico y urbano.	232
Nuevas Estrategias para el control de la broca del café.	233
Innovación en extractos vegetales como una tecnología sostenible para el manejo de insectos	235
<b>SIMPOSIO 8. INSECTOS URBANOS: EXPLORANDO SU DIVERSIDAD Y FUNCIÓN ECOLÓGICA EN LAS CIUDADES</b>	<b>237</b>
Importancia y retos en la investigación de los insectos urbanos asociados a especies vegetales presentes en el jardín botánico, el distrito capital y sus alrededores	237
Rompiendo paradigmas: ciudades verdes e insectos anhelados	238



<b>Hormigas urbanas: diversidad, especies invasoras e intradomiciliarias.</b>	<b>249</b>
<b>Mariposas y escarabajos copro-necrófagos en áreas urbanas</b>	<b>253</b>
<b>Climate change in the forest: effects of urban and global warming on trees and their pests</b>	<b>256</b>
<b>FORO SOBRE <i>DIAPHORINA CITRI</i> VECTOR DE HLB EN LA CITRICULTURA</b>	<b>259</b>
<b>Control de <i>Diaphorina citri</i>, vector del HLB, en Centroamérica y México</b>	<b>259</b>
<b>Modelo de intervención de un caso de HLB de los cítricos en el Departamento de la Guajira.</b>	<b>262</b>

## PRESENTACIÓN

La ciudad de Manizales nuevamente y orgullosamente es la sede del 43° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN 2016. En la organización de este congreso participaron los Entomólogos del Centro Nacional de Investigaciones del Café - **Cenicafé**, la Universidad de Caldas, La Universidad de Santa Rosa de Cabal - **UNISARC** y Biocontrol.

Este año escogimos como lema del congreso: **Adaptación al Cambio y Responsabilidad Ambiental**. Nuestro país está enfrentando nuevos retos y oportunidades, los temas más relevantes de la ciencia y la entomología serán tratados en las conferencias Magistrales y los Simposios Propuestos. Nos hemos esforzado en invitar conferencistas con reconocida calidad científica que presentarán 8 Simposios, que reúnen a más de treinta especialistas nacionales e internacionales. Además, de 4 conferencias magistrales. Toda la información aparecerá recopilada en las memorias del congreso.

Se profundizará en temas relacionados con la **Agricultura Colombiana y la Entomología frente a los desafíos agrícolas globales**. Se discutirán tópicos como: La ampliación de la frontera agrícola, la Entomología y adaptación al cambio climático, Agroecología y Control Biológico y se realizará un foro sobre *Diaphorina citri* vector de HLB, un nuevo problema de la citricultura del país.

En el área de la Entomología Médica, en el 2016, ha habido un especial interés por las enfermedades transmitidas por mosquitos como el Dengue, Zika y Chikungunya y contaremos con un simposio exclusivamente en este tema. Adicionalmente, la importancia de La Biodiversidad Colombiana será discutida a profundidad en el simposio de Sistemática y Nuevas especies en Colombia.

Además, la innovación y tecnología son un propósito del país y por esto se profundizará tanto en conferencia Magistral como en el simposio de Nuevas tecnologías para el control de insectos. Finalmente, el tema de los Insectos y las ciudades será tratado en el simposio de Entomología Urbana organizado por el Jardín Botánico José Celestino Mutis de Bogotá.

Esta amplia y fructífera programación académica nos permitirá reunir a todos los entomólogos con el fin de intercambiar conocimientos, afianzar alianzas profesionales y

amistades y mostrar los avances de las investigaciones entomológicas en Colombia y Latinoamérica.

Finalmente, queremos agradecer a los autores que respondieron a la convocatoria para el envío de trabajos tanto en forma de ponencias orales como póster. Recibimos un total de **261 trabajos en donde el 62% corresponden a Ponencias orales** y no quedan dudas acerca de la importancia de **los pósteres que corresponden al 38%** del congreso. Se destaca este año la gran diversidad y la alta calidad científica de los temas, los cuales la comisión académica agrupó en 7 categorías: 1. Biodiversidad, ecología y conservación, 2. Taxonomía, morfología, sistemática y evolución, 3. Control biológico, 4. Entomología Médica, Forense y Veterinaria, 5. Manejo de plagas agrícolas, 6. Genética, biología y etología 7. Biología molecular

La mayor cantidad de trabajos están ubicados en la categoría de **Biodiversidad, Ecología y Conservación** con 67 trabajos, que corresponden al 25% de las presentaciones, corroborándose en esta forma la mega diversidad de nuestro país, el gran número de investigadores especialistas en estos temas y alto interés en esta área. Les sigue en número los temas de **Manejo de Plagas** con 54 trabajos (20%), **Control Biológico** y **Taxonomía, morfología, sistemática y evolución** con (44 trabajos cada uno) 17% de los trabajos en cada una de estas dos áreas. Este año además se evidencia un mayor número de estudios en **Entomología Médica, Forense y Veterinaria** con la presentación de 31 trabajos (12%). Los temas de **Genética, Biología, y Biología Molecular** correspondieron a 21 trabajos. En esta programación los resúmenes están codificados con una sigla y un número que indica la categoría a la que pertenece. Se anexa el programa detallado. Se hicieron ajustes menores en la edición de algunos textos por claridad y estilo.

Agradecemos los aportes recibidos de las empresas patrocinadoras.

Les deseamos una reunión muy provechosa a nivel científico, cultural y social. Será todo un placer el verlos este año.

Carmenza Esther Góngora  
Luis Miguel Constantino  
Comisión Académica 43° Congreso Socolen

## **CONFERENCIAS MAGISTRALES**

### **CONTRIBUYENDO AL CAMBIO TÉCNICO: BIOCONTROL, UNA GRAN OPORTUNIDAD.**

Dr. Juan Lucas Restrepo. Gerente de CORPOICA

Una alternativa al manejo con agroquímicos es el uso de biocontroladores que hasta hace poco estaba limitado a algunos nichos de mercados como la agricultura orgánica, especialmente en cultivos hortícolas. Ultimamente, el uso de biocontroladores se relaciona con programas de Manejo Integrado de Plagas en combinación con productos químicos para reducir la utilización de estos últimos, y ganar productividad, calidad y flexibilidad en tiempos de cosecha. Además, su aplicación se está ampliando en cultivos de gran extensión como maíz, arroz, algodón o cultivos de semillas oleaginosas.

Es por esto que las nuevas tendencias del mercado, guiadas por una mayor conciencia y sensibilidad del consumidor frente a estos aspectos, así como las restricciones internacionales respecto al uso de agroquímicos de síntesis obligan a los agricultores a buscar nuevas alternativas tecnológicas que cumplan con estas exigencias. Sin embargo, la baja productividad debido a las plagas y enfermedades y los efectos de las condiciones ambientales en los cultivos han generado que los productores utilicen una mayor cantidad de plaguicidas para lograr mejorar los rendimientos, incrementando los costos de producción, disminuyendo la rentabilidad y causando graves problemas de contaminación del medio ambiente, lo que ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas tecnológicas para el cultivo.

La firma de los nuevos tratados de libre comercio entre Colombia y países como Estados Unidos, Canadá, etc., abre una nueva oportunidad de expansión del mercado del frutas exóticas y hortalizas para nuestro país, pero obliga a los agricultores a cumplir con exigencias fitosanitarias bastantes estrictas. Estas normas incluyen la detección de plaguicidas químicos por debajo de los Límites Máximos Residuales (LMR) permitidos y la ausencia completa de daño ocasionado por algunas plagas, esta situación motiva al desarrollo de métodos limpios de control que permitan el ingreso a nuevos mercados.

Por otra parte, a nivel global la Industria de Biocontrol está creciendo gradualmente en un 12 a 17% especialmente en productos como bioplaguicidas, bioestimulantes y biofertilizantes. Se espera que el crecimiento para el año 2020 sea del 12.3% lo que representa un mercado de 4.6 billones de dólares y para el 2025 será de 7 billones de dólares (ABIM, 2015)

Sin embargo hay que trabajar conjuntamente ya que el éxito de los biocontroladores se basa en su eficacia, estabilidad, facilidad de uso, demostración de la rentabilidad sobre la inversión para los usuarios finales y costos de producción. La nueva generación de estos desarrollos se basará en la combinación de moléculas, la explotación de metabolitos secundarios y otros coadyuvantes y la capacidad de mantener estos bioproductos estables sin refrigeración y por largos periodos de tiempo. Por otra parte el mercado de industria ha declarado que la nueva estrategia de negocios de esta industria está ligada a la búsqueda de nuevos mercados (cultivos de grandes extensiones), a dominar el proceso de producción, y al uso de nuevos productos innovadores.

Corpoica cuenta con una experiencia de más de 20 años en investigación y desarrollo de biocontroladores, especialmente con hongos y virus entomopatógenos. En ese sentido hemos desarrollado trabajos con el hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* para el control de una de las plagas de mayor importancia como es la mosca blanca *Bemisia tabaci* en cultivos de algodón, berenjena y soya y *Trialeurodes vaporariorum* en tomate. También contamos con un grupo especializado en la búsqueda, caracterización, y evaluación de virus entomopatógenos que nos han permitido desarrollar las primeras investigaciones a nivel nacional con baculovirus para el control de plagas como *Spodoptera frugiperda* en maíz, *Tecia solanivora* en papa, gusano cachón del caucho *Erinnyis ello* y *Tuta absoluta* en tomate.

Adicionalmente, contamos con investigaciones que se están realizando actualmente con el uso de parasitoides para la regulación de poblaciones del picudo de los cítricos *Compsus* spp. y para el complejo de barrenadores *Diatraea* spp., en caña para la industria panelera. Así mismo, se evaluará la eficacia de atracción de feromonas comerciales para el seguimiento de poblaciones de *Stenomoma catenifer* plaga cuarentenaria del aguacate, del complejo de barrenadores de caña de azúcar, picudos del plátano *Methamasius hemipterus* y *Cosmopolites sordidus*. También se trabaja en el desarrollo de un atraccida para control de la polilla guatemalteca, como alternativa para pequeños productores.

Por otra parte, contamos con un departamento de bioproductos, que propende por el diseño, desarrollo, cambio de escala y registro de los mejores prototipos para lograr posteriormente su vinculación al sector agropecuario. De igual forma es importante ver la compatibilidad de estas estrategias dentro de programas de manejo integrado de plagas, por tal razón en la agenda de investigación Corporativa a través de los proyectos de las redes, evaluamos todos nuestros biocontroladores en parcelas demostrativas con otras herramientas ya sean químicas o culturales que se utilicen comúnmente en el manejo del cultivo en estudio.

La comprensión de las necesidades de nuestros agricultores es un factor clave en el desarrollo de un biocontrolador con éxito comercial. Su uso y aplicación debe encajar dentro del manejo convencional y debe ser compatible con la maquinaria comúnmente utilizada. La aceptación del mercado será lenta si se requiere equipo especializado y costoso.

**DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS FRENTE A LA  
RESPONSABILIDAD AMBIENTAL.**

Dr. Efraín Becerra. Dow AgroScience.

**AGROECOLOGIA. LA ENTOMOLOGÍA FRENTE A LOS DESAFÍOS AGRÍCOLAS  
GLOBALES.**

Dr. Miguel Altieri. Universidad de California, Berkeley, USA.

**NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE MOSQUITOS.**

Dr. Iván Darío Vélez. Director del PECET, Universidad de Antioquia, Colombia.

## **Simposio 1. La Entomología y la adaptación al cambio climático**

### **Efectos del cambio climático en el planeta y las acciones de cooperación de IICA en Perú para contribuir en la mitigación y adaptación al cambio climático en el país.**

Javier García González.

*PhD. Ciencias, área de énfasis Entomología. Representante del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA- en Perú. (Lima- Perú). javier.garcia@iica.int*

#### **1. Introducción**

Los conceptos de variabilidad climática, cambio climático, fenómeno el niño y fenómeno de la niña, se han introducido poco a poco en el lenguaje de la sociedad y son tema de las decisiones políticas de los países en su conjunto. Dentro de los compromisos globales por cumplir en los próximos 15 años, 12 de los 17 objetivos de desarrollo sostenibles adoptados por los países adscritos a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), tienen relación directa con el cambio climático (ONU, 2016). En la misma dirección, el acuerdo de París aprobado por la 21 conferencia de las partes (COP 21) firmado en Abril de 2016 por las 196 partes de la convención, pretende establecer una vía para avanzar hacia la limitación del aumento de la temperatura a menos de 2 °C, quizá incluso a 1,5 °C y contempla mecanismos para incrementar el grado de ambición de las aspiraciones al respecto (ONU 2016).

Dichos acuerdos colocan un rumbo claro al compromiso global de reducir los efectos del cambio climático en el mundo con la apuesta por medidas de mitigación y adaptación de los factores en los que la humanidad ha contribuido para acelerar a dicho cambio.

En términos generales, el cambio climático genera alteraciones profundas en la tasa y escala de los ecosistemas del planeta con una fuerte influencia en su estructura y funcionamiento. La respuesta de los ecosistemas a la variabilidad en fuerzas externas es un componente clave de resiliencia. La teoría indica que los sistemas con menor resiliencia (aquellos con alta probabilidad de cruzar el umbral a un estado alternativo) son más sensibles a perturbaciones ambientales (Seddon *et al.* 2016).

En materia científica, se conoce que la biosfera terrestre puede absorber o liberar los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (NO<sub>2</sub>), teniendo un rol importante en la regulación de la composición atmosférica y del clima. Las acciones

antropogénicas como el cambio en el uso de la tierra, la agricultura y el manejo de desechos, han alterado los flujos biogénicos de gases invernadero contribuyendo al cambio climático. Desde el inicio de la era industrial la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico se ha incrementado en cerca del 40%, mientras que los gases CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> han incrementado en cerca del 150% y 20% respectivamente (Tian *et al.* 2016).

Es por ello que toda medida de mitigación que aporte a la reducción de gases efecto invernadero tomada en los sectores productivos de la agricultura, ambiente y energía, entre otros, reducirá el incremento acelerado de la temperatura en el planeta.

Países de la región Andina vulnerables a los fenómenos climáticos como el caso de Perú, han venido trabajando en el desarrollo de acciones de mitigación y adaptación a través de la generación de políticas e iniciativas nacionales de carácter preventivo que han mostrado resultados positivos en su acción y ejecución. El Perú ha sido reconocido internacionalmente en el desarrollo de medidas de mitigación y adaptación frente a los fenómenos del niño y la niña, aportando en la construcción de una economía sólida en el hemisferio Latino Americano.

El presente escrito pretende aportar al conocimiento sobre los efectos globales del incremento en la temperatura del planeta, así como en la revisión general de las medidas de mitigación desarrolladas por el gobierno de Perú y las acciones técnicas desarrolladas por el Instituto Inter Americano de Cooperación para la Agricultura IICA y su representación en Perú.

## **2. Algunos efectos del cambio climático en el planeta**

### **2.1. Efectos en la Agricultura**

Entre 1880 y 2012, la temperatura media mundial aumentó 0,85 grados centígrados. Esto quiere decir que por cada grado que aumenta la temperatura, la producción de cereales se reduce en 5% aproximadamente. Se ha producido una reducción significativa en la producción de maíz, trigo y otros cultivos importantes, de 40 megatoneladas anuales a nivel mundial entre 1981 y 2002 debido a un clima más cálido (ONU 2016).

Uno de los componentes fundamentales de la producción agrícola es el suelo, el cual al ser parte de los ecosistemas terrestres posee un potencial importante para mitigar la emisión de gases efecto invernadero. Aunque existen prácticas probadas que aportan a reducir la mitigación en la emisión de gases efecto invernadero, su desarrollo así como la medición confiable de dichas prácticas en la reducción de emisiones se encuentran en estados iniciales (Paustian *et al.* 2016).



Toda práctica que intervenga lo menos posible en el sustrato suelo tendrá efecto sustancial en la emisión de gases efecto invernadero. Se citan como ejemplos la siembra directa, el uso de plantas acompañantes que secuestren gases efecto invernadero y el uso de abonos orgánicos, entre otros.

En insectos, los estudios del efecto de incremento de la temperatura por acción del cambio climático, comienzan a mostrar información relevante. Un estudio de tres años llevado a cabo para determinar el efecto en una comunidad de insectos relacionada con una pradera de pasturas, determinó que el incremento de temperatura alteró la relación positiva entre insectos y riqueza de plantas, con una reducción en la abundancia de la comunidad de insectos, particularmente en los insectos fitófagos ocasionando una reducción de la riqueza de especies de insectos depredadores (Zhu *et al.* 2015).

La disminución en la población de insectos polinizadores atribuida a enfermedades y uso irracional de insecticidas químicos, ahora se magnifica con el cambio climático. La producción del planeta que depende de los polinizadores se estima en US \$ 577 billones anuales. Si la disminución de este importante grupo de insectos continua, los alimentos que dependen de ellos especialmente alimentos de alta calidad nutricional como semillas y frutos se verán afectados (Gilbert 2016).

## 2.2. Efectos en la salud humana

No es tan claro el rol que cumple el incremento de la temperatura y el patrón modificado de las lluvias en la diseminación de enfermedades transmitidas por mosquitos vectores tipo Zika; pero como lo menciona la Organización Mundial de la Salud OMS, la emergencia de salud declarada por el nacimiento de niños con malformaciones, representa un paisaje redibujado tanto para vectores como para enfermedades originadas por el agua y las alteraciones de las lluvias (Milman 2016).

Como también lo menciona la OMS, el incremento de 2-3 °C incrementará entre 3% a 5% la cantidad de personas en riesgo de contraer malaria, significando en varios cientos de millones de infectados. Asimismo, en áreas endémicas de malaria la duración estacional de la enfermedad es probable que se prolongue. *Aedes aegypti*, el vector del virus Zika y otras enfermedades se espera que se dispare ante las cálidas condiciones (OMS 2015).

Unido al incremento de las enfermedades infecciosas, se teme por la escasez de vacunas en el mundo ante la re-emergencia o aparición de epidemias en áreas urbanas con carácter infeccioso mortal, la cual podría desbordar el stock de vacunas. Por ejemplo, el virus de la fiebre amarilla causó un quiebre devastador en ciudades en el pasado, pero por los años 1970 su mosquito vector en áreas urbanas *Aedes aegypti*, ha sido borrado de grandes áreas del globo. Los programas de vacunación ayudaron a confinar el virus a las zonas selváticas. Pero con las

alteraciones de la temperatura y de los períodos de lluvia, la fiebre amarilla que es endémica en algunas regiones de Sur América y África, que causa al menos 60,000 muertes/año se incrementará en los próximos años (Buttler 2016).

### 2.3. Efectos sobre el medio ambiente

Las proyecciones del nivel del mar son inciertas, pero es innegable que el aumento en las emisiones conducirá a su incremento en varios metros en el curso de pocos siglos con el deshielo que ha venido ocurriendo en Groenlandia y el Antártico (Simon 2016).

Los océanos se han calentado, la cantidad de nieve y de hielo ha disminuido y ha subido el nivel del mar. Entre 1901 y 2010, el nivel medio del mar aumentó 19 cm, pues los océanos se expandieron debido al calentamiento y al deshielo. La extensión del hielo marino del Ártico se ha reducido desde 1979, con una pérdida de hielo de 1,07 millones de km<sup>2</sup> cada decenio (ONU 2016).

Dada la actual concentración y las continuas emisiones de gases de efecto invernadero, es probable que a finales de siglo el incremento de la temperatura mundial supere los 1,5 grados centígrados en comparación con el período comprendido entre 1850 y 1900. Los océanos del mundo seguirán calentándose y continuará el deshielo. Se prevé una elevación media del nivel del mar de entre 24 y 30 cm para 2065 y entre 40 y 63 cm para 2100 (ONU 2016).

El cambio climático ha amplificado los eventos cíclicos naturales del planeta. Es así como el calentamiento del agua de los océanos por efecto del fenómeno del niño, ha causado el blanqueamiento de los corales expeliendo las algas coloridas que se alimentan de ellos. Dicho evento inició en 2014 en Guam y se ha diseminado a los océanos Atlántico e Indico, previéndose que cerca del 60% de los corales del mundo se verán afectados por dicho fenómeno en los próximos años (Tollefson 2016).

### **3. Los fenómenos climáticos en Perú y las acciones gubernamentales implementadas por el país y en cooperación con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.**

El Perú se caracteriza por ser un país con ecosistemas particularmente vulnerables al cambio climático pues presenta siete características de las nueve reconocidas internacionalmente por la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC): (i) zonas costeras bajas, (ii) Zonas áridas y semiáridas, (iii) zonas expuestas a inundaciones, sequías y desertificación, (iv) ecosistemas montañosos frágiles, (v) zonas propensas a desastres, (vi) Zonas con alta contaminación atmosférica urbana, (vii) Economías dependientes en gran medida de los ingresos generados por la producción de combustibles fósiles (MINAM 2015).

Ante tal vulnerabilidad, factores climáticos recientes como el fenómeno del niño 2015 y la probable ocurrencia del fenómeno de la niña en el segundo semestre de 2016, se han convertido en política del gobierno actual, direccionando acciones de prevención y la asignación de recursos económicos de gran envergadura para mitigar los efectos de dichos fenómenos.

En Perú, el trabajo para prevenir y mitigar el efecto del fenómeno del niño se condujo desde el ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), empleando como estrategia la intervención de medidas de prevención en 14 regiones del país previamente identificadas como vulnerables al fenómeno climático. Según cifras de MINAGRI, se ejecutaron 603 acciones de prevención con una inversión superior a los USD\$ 190 millones de dólares y se ha asegurado al sector agrícola y sus campañas para los periodos 2016 y 2017 mediante un seguro agrícola catastrófico aplicado desde 2014 protegiendo más de 550.000 Ha (El Comercio 2016).

Con la creación de la estrategia nacional frente al cambio climático, el Perú se ha propuesto contribuir al esfuerzo global de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). A pesar de la baja participación del país en la emisión de GEI mundial (0,4%), se han identificado los sectores de mayor aporte nacional a dicha emisión, siendo las categorías agricultura, energía, transporte y desechos humanos las que han incrementado su participación respecto al total de emisiones GEI (MINAM 2015).

En cuanto a institucionalidad y políticas del país relacionadas con el cambio climático, se resalta la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC), la cual considera que el principal reto asociado al CC en Perú es la reducción de los riesgos y sus impactos previsibles, mediante acciones de gestión integrada de los sectores y regiones para aumentar la capacidad de respuesta y reducir la vulnerabilidad, el aprovechamiento de las oportunidades y el fortalecimiento de las capacidades para enfrentarlo.

Como elemento fundamental y diferenciador de la estrategia, *“se reconoce el potencial nacional para la captura, la conservación de reservas de carbono y la mejora de la gestión de emisiones de GEI, sentando las bases para un desarrollo bajo de carbono”* (MINAM 2015).

El Instituto Inter Americano de Cooperación para la Agricultura IICA y su representación en Perú al ser la entidad perteneciente a la Organización de los Estados Americanos (OEA) encargada de desarrollar acciones de cooperación técnica internacional en sus 34 países miembros para el sector agricultura, viene desarrollando contribuyendo a las acciones de mitigación del cambio climático.

Desde el año 2011, trabajos desarrollados por la representación de IICA Perú en colaboración con el Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia (MAEF), han generado conocimiento de mitigación y adaptación al cambio climático para los países de la Región Andina.

Los resultados obtenidos a partir de 24 iniciativas en torno a manejo forestal sostenible (IICA, MAEF 2015), han buscado contribuir a los mecanismos de retribución por servicios ambientales para mitigación de cambio climático, mecanismos de retribución por servicios ambientales para agua y restauración, valor agregado de productos forestales sostenibles y manejo forestal comunitario y gestión sostenible. Como logros alcanzados de las innovaciones se citan:

La restauración de 267Ha degradadas a partir de la reforestación de productores rurales integrados bajo la modalidad de proyecto agrupado ante el estándar verificado de carbono en Colombia.

La generación de un aplicativo para el monitoreo de carbono de bosques usado por comunidades y pobladores de la región Andina.

En Perú, la mitigación de 16.255 tCO<sub>2</sub> a 30 años por el agrupamiento de productores para la forestación/ reforestación en la generación de bonos de reducción de emisiones verificadas (VCU) para actividades agroforestales y su potencial escalamiento en miles de hectáreas en la Amazonía.

Potencial de 30'781.862 tCO<sub>2</sub> eq mitigadas en 30 años en una reserva comunal en Colombia.

Diseño del fondo de agua Quiroz en Perú para captar, administrar y canalizar recursos para el desarrollo de actividades económicas como mecanismo de retribución por servicios ambientales de las poblaciones rurales que habitan el entorno de los municipios de Ayabaca y Picaipampa.

Acuerdos recíprocos ambientales como mecanismo innovador que reconoce las funciones ambientales del bosque y su conservación por poblaciones locales en Bolivia. Se ha generado un incremento de 5% en los ingresos de los habitantes rurales y se espera evitar 450.000 tCO<sub>2</sub> eq acumuladas en 10 años.

Producción de Azul natural de exportación a partir de la Jagua o Huito en Colombia, para generar alternativas económicas a comunidades indígenas. Se generó un contrato de compra por 12000 Kg de fruta con ingresos proyectados de USD\$ 17.000, para 66 miembros de la comunidad intervenida.

Producción de Guayusa, sus hojas para la elaboración de infusiones y bebidas energéticas, para mejorar condiciones de vida de pequeños productores en la Amazonía de Ecuador. Las ventas anuales estimadas son de US\$ 130.629, incrementando el 40% de los ingresos anuales de los productores.

#### **4. Consideraciones Finales**

El planeta se enfrenta a una crisis ambiental generada por la industrialización, uso de energías no renovables, producción rural con alteración de los sistemas naturales y manejo inadecuado de los recursos naturales que han acelerado el incremento de la temperatura del planeta y han exacerbado los fenómenos climáticos cíclicos tipo fenómenos del niño y la niña. Ante ello, se hace necesario repensar toda actividad antropocéntrica que vaya en contra del ambiente, en donde los sectores agrícola y ambiental toman un rol fundamental para la mitigación y adaptación a los factores climáticos alterados.

Los negocios verdes ligados con la conservación de los recursos naturales, la bioeconomía que involucre toda actividad agrícola sostenible, la producción forestal y agroforestal, así como las energías renovables que reduzcan la emisión de gases efecto invernadero, son y seguirán siendo los nuevos escenarios en los que se centrarán los esfuerzos técnicos de cooperación técnica e investigación en aquellos países con disponibilidad de recursos naturales. Asimismo los recursos de financiación para las acciones de cooperación, buscarán cumplir con los compromisos globales para generar innovaciones de mitigación y adaptación al cambio climático, plasmados en los objetivos estratégicos de desarrollo y los acuerdos globales establecidos en los años recientes.

#### **5. Bibliografía**

BUTTNER D. 2016. Fears rise over yellow fever's next move. Nature, News in focus 532: 155-156.

EL COMERCIO. 2016. Sector agrícola y pecuario crecerían 3,1% y 2,8% tras el niño. Capítulo Economía, 17 de mayo de 2016. Elcomercio.pe . Fecha ultimo acceso :[02-07-16].

GILBERT, N. 2016. Global biodiversity reports warns pollinators are under threat. Nature, News. doi:10.1038/nature.2016.19456 Fecha último acceso:[26-06-16].

INSTITUTO INTER AMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA IICA; MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES DE FINLANDIA MAEF. 2015. Catálogo de innovaciones del programa Manejo Forestal Sostenible en la Región Andina. 58 pp.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MINAM. (2015). Estrategia nacional ante el cambio climático. 85 pp.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS. 2015. Cambio Climático y salud. Nota descriptiva 266. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/> Fecha último acceso: [25-06-16].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS ONU. 2016. Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Fecha último acceso: [18-06-16].

PAUSTIAN, K.; LEHMANN, J.; OGLE, S.; REAY, D.; ROBERTSON, P.; SMITH, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature, perspective* 532: 49-55.

SEDDON, A.W.R.; MACIAS-FAURIA, M.; LONG, P.R.; BENZ, D.; WILLIS, K.J. 2016. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature, letter* 531: 229-244.

SIMON L. 2016. The Paris Agreement has solved a troubling problem. *Nature* 532: 283.

TIAN, H.; LU, CH.; CIAIS, P.; MICHALAK, A.; CANADELL, J.; SAIKAWA, E.; HUNTZINGER, D.; GURNEY, K.; SITCH, S.; ZHANG, B.; YANG, J.; BOUSQUET, P.; BRUHWILER, L.; CHEN, G.; DLUGOKENCKY, E.; FIREDLINGSTEIN, P.; MELILLO, J.; PAN, S.; POULTER, B.; PRINN R.; SUNOIS, M.; SCHWALM CH.; WOFYSY, S. 2016. The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere. *Nature, Letter research* 531: 225-228.

MILMAN, O. 2016. Climate change may have helped spread Zika virus, according to WHO scientists. <https://www.theguardian.com/world/2016/feb/11/climate-change-zika-virus-south-central-america-mosquitos>. Fecha ultimo acceso [10-07-16].

TOLLEFSON J. 2016. Race to collect data as el Niño wanes. *Nature, climate* 531: 20.

ZHU, H.; ZOU, X.; WANG, D.; WAN, S.; WANG, L.; GUO, J. 2015. Responses of community-level plant-insect interactions to climate warming in a meadow steppe. *Nature, Scientific reports* 5:18654 DOI: 10.1038/srep18654.

## Os efeitos das mudanças climáticas nas interações planta-herbívoros - inimigos naturais

Marisol Giraldo Jaramillo L

(c) PhD laboratório de Biologia de Insetos. Departamento de Entomologia e Acarologia. ESALQ-USP. Piracicaba, São Paulo, Brasil

### Introdução

As mudanças climáticas sempre se apresentaram durante a evolução do planeta (Begon *et al.*, 2007), se tem evidência por exemplo que durante os últimos 20 mil anos posteriores ao pico da última glaciação, a temperatura do globo se elevou em torno de 8°C, apresentando-se mudança na vegetação a qual foi constatada pelo exame dos registros polínicos.

De acordo com diferentes autores neste momento nos encontramos num período interglacial, o qual de acordo com as evidências são caracterizados por os incrementos de temperatura, mas está mudança climática que se está apresentando nesta época tem o componente adicional das atividades humanas (Begon *et al.*, 2007).

Outro impacto das mudanças climáticas são os aumentos da frequência de eventos extremos de temperatura e precipitação os quais variaram a nível sazonal e regional (Battisti & Naylor 2009), sendo um grande desafio para a sobrevivência e fecundidade das diferentes espécies que habitam o planeta (Hoffmann *et al.* 2003.; Stillman, 2003). A heterogeneidade espacial e temporal, vão a gerar novos climas, com diferentes padrões por regiões geográficas de temperatura e precipitação que na atualidade não existem (Kingsolver *et al.*, 2011).

O aparecimento destes novos cenários climáticos representa um desafio para os cientistas que tentam prever e compreender as respostas evolutivas dos organismos ante as mudanças climáticas.

O Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas o IPCC, prevê que as melhores estimativas globais para as temperaturas médias, em todos cenários, será entre 1,8°C para 4°C até o final do XXI século. As temperaturas globais aumentaram uma média de 0,74°C (0,56 °C para 0,92°C) nos últimos 100 anos (1906-2005), e este aumento parece ter acelerado desde a década de 1970 (IPCC, 2007), com o incremento do desmatamento, e adição de gases a atmosfera como CO<sub>2</sub> (O efeito estufa) e a diminuição das concentrações de O<sub>3</sub>.

Consequentemente, tais eventos terão impactos negativos sobre a disponibilidade de recursos hídricos, segurança alimentar e agrícola, saúde humana e para a biodiversidade. Estas alterações no clima também influenciam a dinâmica populacional e o status das pragas agrícolas (Porter *et al.*, 1991; bale *et al.*, 2002)

Ao longo dos últimos 30 anos, as mudanças climáticas e o aquecimento global, em particular, têm já produzido inúmeros deslocamentos na distribuição e abundância das espécies (Parmesan & Yohe, 2003; Root *et al.*, 2003). Alterações climáticas e as espécies invasoras são consideradas como duas das questões ecológicas mais importantes que o mundo enfrenta hoje (Ward & Masters, 2007).

Nos ecossistemas, as interações tri tróficas entre plantas, insetos herbívoros, e seus inimigos naturais (predadores, parasitoides e patógenos) resultam de um longo processo de coo evolução específico para um determinado ambiente em condições relativamente estáveis de clima (Hance *et al.*, 2007).

Essas interações tri-tróficas são afetadas pelas mudanças climáticas de diversas maneiras. As alterações na temperatura podem influenciar a biologia de cada espécie de uma teia alimentar provocando uma desestabilização em sua dinâmica população que pode conduzir à extinção de uma parte do sistema (Van der Putten *et al.*, 2004). Um parasitismo bem-sucedido depende da capacidade do adulto de localizar, avaliar seu hospedeiro e a capacidade de sua descendência de para evadir ou superar a resposta imune do hospedeiro, isto pode ser modificado em cenários de mudança das ambientais (Hance *et al.*, 2007).

Entre as condições necessárias para a obtenção de um sistema estável hospedeiro-parasitoide, são de que a duração desenvolvimento do parasitoide deve ser de 0,5 a 1,5 vezes a duração do desenvolvimento de seu hospedeiro e desenvolvimento no estado imaturo de ambos (o hospedeiro e os parasitoides) deve ser mais longo do que a duração do adulto (Godfray, 1994 *apud* Hance *et al.*, 2007). Uma alteração nestas relações afetara a dinâmica das interações hospedeiro-parasitoide (Hance *et al.*, 2007).

Além disso, o efeito do clima sobre os herbívoros irá resultar tanto em efeitos diretos entre a planta e o herbívoro e os inimigos, onde está complexidade pode ser parcialmente responsável das respostas altamente variáveis dos herbívoros para os diferentes cenários de mudança ambiental (Tylianakis *et al.*, 2008).

Compreender as consequências das alterações climáticas variabilidade no terceiro nível trófico é de importância fundamental e aplicada, especialmente ao prever os surtos ou "outbreaks" de pragas e o uso dos inimigos naturais parasitoides em programas de controle biológico.



## **O clima e os insetos**

O clima e o tempo são comumente aceitos por entomologistas como influências dominantes no comportamento, abundância e distribuição dos insetos (Messenger, 1959).

A temperatura é o fator físico mais importante, pois afeta aspectos biológicos do inseto como a reprodução, a fecundidade, a duração do período de desenvolvimento, a taxa de emergência e a longevidade dos insetos (Stern; Bowen, 1963; Buttlerer Junior; Lopez, 1980; Harrison; King; Ouzts, 1985; Noldus, 1989; Fletcher, 1989).

## **Os efeitos no incremento na temperatura nas interações plantas-herbívoros-inimigos naturais**

Outro dos efeitos que se apresenta neste cenário de mudança climática são os incrementos de temperatura, os quais podem afetar a eficácia dos inimigos naturais, já que a temperatura influencia diretamente a sobrevivência, desenvolvimento, reprodução e dispersão e potencial biótico dos insetos-praga (Chidawanyika, Mudavanhu & Nyamukondiwa, 2012), e temperaturas extremas podem reduzir a sobrevivência e fecundidade dos insetos, o qual pode impactar de forma negativa o desenvolvimento dos inimigos naturais (Hance *et al.*, 2007).

Os impactos das mudanças climáticas sobre as populações dos organismos vão depender tanto da magnitude e padrões de alterações climáticas e da sensibilidade térmica dos organismos em questão (Deutsch *et al.* 2008).

Em 1967 (Janzen apud Deutsch *et al.* 2008) relata que os organismos ecto-térmicos tropicais podem ser denominados como especialistas térmicos quando comparados com aqueles organismos de maiores latitudes, porque estes primeiros não tiveram que evoluir em condições de ambientes sazonais. Essa previsão tem sido apoiada para animais ecto-térmicos em vários táxons (Ghalambor *et al.* 2006; Domingo *et al.* 2011 apud Kingsolver *et al.*, 2011).

As Adaptações morfológicas permitiram aos parasitoides sobreviver em temperaturas extremas, por exemplo, a cor desempenha um papel importante na regulação térmica; indivíduos claros refletem o calor enquanto cores escuras contribuem com a absorção mais eficiente do calor. Muitas espécies de parasitoides apresentam uma grande variabilidade em seus padrões de cores, o que representa respostas adaptativas às condições ambientais (Hance *et al.*, 2007). Por exemplo, os parasitoides de afídeos *Trioxys utilis* (Hymenoptera: Braconidae) apresenta casulos de cor branca durante condições de tempo quente e casulos escuros a castanhos durante condições de clima frio (Schlinger & Hall, 1960 apud Hance *et al.*, 2007).

Vários estudos recentes têm explorado as consequências desta diferença, através da combinação de diferentes cenários de mudanças climáticas com dados sobre sensibilidade térmica para prever as consequências (Deutsch *et al* 2008).

Por exemplo, Deutsch *et al.* (2008) fez modelos para 38 espécies de insetos através de uma variedade de latitudes para prever as consequências no *fitness*, utilizando como variável de resposta a taxa intrínseca de crescimento da população (*r*) e essas análises sugerem que o incremento na temperatura no próximo século aumentará aptidão dessas espécies nas regiões temperadas e latitudes mais elevadas, mas diminuirá o *fitness* das espécies nas regiões tropicais e de baixa latitude.

Isso tem relação com o relatado por Janzen em 1967 apud Deutsch *et al.* 2008, quem menciona que as espécies tropicais têm tolerâncias térmicas mais estreitas, e, portanto, são mais sensíveis às alterações de temperatura além disso muitas dessas espécies tropicais habitam em regiões onde as temperaturas são próximas a sua faixa ótima.

Porém, no tropico as variações entre as temperaturas máximas e mínimas são pouco amplas, por enquanto as espécies de altas latitudes estão vivendo em condições de temperaturas que em algumas épocas do ano são extremas, por isso Deutsch *et al.*, (2008) sugere que estas mudanças podem melhorar seu desempenho.

O sucesso dos inimigos naturais com os incrementos de temperatura previstos nos diferentes cenários de mudança climática, dependerá da resistência relativa às temperaturas extremas (Wanderley *et al*, 2007 apud Thomson, Macfadyen & Hoffmann, 2010), embora poucos estudos foram concluídos em respostas limites térmicos superiores (Hance *et al.*, 2007). Já que a exposição a temperaturas extremas, tanto letais ou sub-letais, é um fator importante no desenvolvimento dos insetos. Muitos relatos se têm sobre os efeitos das temperaturas letais inferiores, mas pouco conhecimento se tem sobre as letais superiores.

Existem informações como algumas espécies de *Trichogramma*, onde a procura de hospedeiros cai acentuadamente com temperaturas superiores a 35°C (Thomson *et al.*, 2001), enquanto reduções de 50% na fecundidade são relatados neste gênero em temperaturas superiores de 30°C com as espécies *T. carverae* (Scott *et al.*, 1997), *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Naranjo, 1993). Mesmo pequenas mudanças nas condições térmicas podem influenciar a eficácia de parasitoides no controle das espécies pragas.

Temperaturas mais elevadas podem também permitir um aumento no número de gerações por ano em espécies multivoltinas, uma pesquisa desenvolvida na Califórnia-USA, com 13 pragas de importância, encontraram um incremento no número de gerações, esse incremento no

voltinismo, tem efeito nas estratégias de controle dessas pragas e os efeitos dessas mudanças nas pragas não é claro sobre os inimigos naturais (Ziter, Robinson & Newman, 2012).

Se os insetos herbívoros alteram o voltinismo pelas mudanças climáticas, os parasitoides ou predadores terão de evoluir para responder com mudanças adaptativas para re-sincronizar seu desenvolvimento com a sua presa ou seu hospedeiro, mas neste momento não se tem conhecimento de estudos nessa área de evolução para os inimigos naturais (Samara *et al.*, 2008 *apud* Thomson, Macfadyen & Hoffmann, 2010).

Os Parasitoides também pode usar mecanismos comportamentais para evitar condições letais de temperatura, esta opção é usado principalmente por parasitoides coinibiontes que alteram o comportamento do hospedeiro para a direcioná-lo para locais onde a sobrevivência seja mais provável, como exemplo se tem pulgões parasitados pelo Braconidae *Aphidius ervi* onde eles se localizam na região superior da planta e na parte posterior das folhas onde as temperaturas mais altas aceleram o desenvolvimento de parasitoide (Lagos *et al.*, 2001).

### **A Constante térmica de desenvolvimiento**

A temperatura é um dos fatores ecológicos mais importantes, influenciando diretamente o desenvolvimento e o comportamento dos insetos. Cada espécie apresenta exigências térmicas próprias, determinando a maior ou menor adequação do ambiente para o seu crescimento populacional (Salvadori; Parra, 1990).

Diversos trabalhos apresentam resultados aceitáveis na aplicação do conceito da unidade térmica graus-dia para estimativa da duração do ciclo de desenvolvimento dos insetos (Pezzopane *et al.*, 1997). Os estudos de exigências térmicas em condições de laboratório fornecem informação importante para o desenvolvimento de modelos de graus-dia muito utilizados em ecologia e manejo de pragas, sendo importantes para a previsão de ocorrência de pragas e inimigos naturais (Obrycki; Tauber, 1981; Braman *et al.*, 1992; Bernal; Gonzalez, 1993) e para o zoneamento ecológico de pragas (Milanez; Parra, 2000). No Brasil, foram desenvolvidos vários estudos com graus-dia, como, para o bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* Guerin-Méneville (Parra, 1985), para a mosca-branca em feijoeiro, *Bemisia tabaci* (Carvalho; Hohmann, 1989) entre outros (Haddad; Parra; Moraes, 1999).

Hoje existem vários modelos para determinar o limiar térmico superior, os quais são relatados por Logan *et al.*, (1976) e Lactin *et al.*, (1995) entre outros; bem como trabalhos de validação dos dados de laboratório em condições de campo (Nava *et al.*, 2007; Avila; Milanez, 2002) analisados no Brasil.

## O zoneamento ecológico

A previsão da distribuição potencial de pragas representa um instrumento importante para se determinar os efeitos da variação climática na agro ecossistemas.

Potencialmente as mudanças climáticas podem afetar vários aspectos do ciclo e ecologia dos insetos, especialmente aqueles diretamente controlados por variáveis de disponibilidade de energia como graus-dia. Por conseguinte, possíveis respostas incluem mudanças nos padrões fenológicos, mudanças na seleção de hábitat e expansão geográfica da área de ocorrência dos insetos (Hughes, 2000; Menendez, 2007).

É interessante ressaltar que isoladamente o desenvolvimento da praga não é suficiente para se obter a previsão de sua ocorrência, pois se excluem muitas outras interações; com os inimigos naturais, os simbiossiontes, a planta, o solo que deverão ser levados em consideração numa análise mais global (Hance *et al.*, 2007). Portanto, trata-se de uma análise isolada das pragas, porém de fundamental importância para a realização de estudos futuros que envolvem os outros aspectos mencionados.

Os modelos para prever a ocorrência de insetos são desenvolvidos a partir das exigências térmicas que o inseto requer para completar o seu desenvolvimento. Na maioria dos estudos de zoneamento, a temperatura é o principal fator envolvido (Parra, 1985; Hamada *et al.*, 2007). Sistemas de modelagem são aplicados em programas de manejo de pragas para dar informação sobre as épocas adequadas de amostragem e implementação de estratégias de controle, baseando-se na compreensão da dinâmica dos insetos pragas e inimigos naturais (Parra, 1985; Davis; Brenes; Allee, 1996; Hamada *et al.*, 2007).

Jaramillo *et al.*, (2009), fizeram com auxílio das exigências térmicas e limiar térmico inferior (Tb) o desenvolvimento de um modelo de previsão para prever o impacto de *Hypothenemus hampei* em regiões produtoras de café na África (países como Tanzânia, Quênia e Etiópia) e na América do Sul (Colômbia, município de Chinchiná, Estado de Caldas), em diferentes cenários de mudanças climáticas.

Parra (1985), fez o zoneamento ecológico de *Perileucoptera coffeella* para o Estado de São Paulo e Ghini *et al.*, (2008) fizeram uma análise de risco para determinar o impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial de bicho-mineiro no Brasil.

## Considerações finais

Níveis tróficos superiores são muitas vezes desproporcionalmente afetados pelas mudanças,

tais como as alterações climáticas, a concorrência de espécies invasoras, e a modificação do habitat (Voigt *et al.* 2007), embora os efeitos do aquecimento sobre predadores e parasitoides são variáveis, a perda de consumidores em níveis tróficos superiores poderiam beneficiar aos herbívoros, mas este efeito é altamente dependente do tipo de especialização do predador ou parasitoide envolvidos, de acordo com Rand & Tscharrntke (2007) os especialistas pode ser mais severamente afetadas do que os generalistas.

O efeito das mudanças climáticas sobre o controle de pragas vai se tornar complexo, em especial quando as culturas migrem para áreas novas, com a conseguinte deslocação das pragas e as doenças, trazendo temporariamente um efeito de "fuga" destas pragas dos seus inimigos naturais. Além disso, ainda não se tem informação suficiente sobre a interação da mudança climática nos diferentes componentes das redes de redes tri-tróficas (planta-herbívoro-inimigo natural).

Muitas tentativas atuais para entender e prever novas distribuições de insetos-praga estão baseadas em cenários de mudanças climáticas, usando condições de distribuição atual, mas para entender isto, deve –se presente as interações entre os diferentes organismos.

Isto deve ser estudado e estabelecido para as pragas-chave e seus inimigos naturais em diferentes locais a nível temporal e espacial.

Os experimentos em ambientes controlados podem informar prováveis efeitos de temperatura e / ou CO<sub>2</sub> para plantas e insetos.

Para poder obter respostas sobre as mudanças ecológicas em resposta ao clima, é necessário monitorar em longo prazo os insetos-praga e seus inimigos naturais associados, assim como a elaboração de modelos geográficos mais detalhados onde se estudem essas mudanças do clima a nível local o qual auxiliaria esta análise (Stireman *et al.*, 2005).

## **Bibliografia**

Ainsworth, E.A.; Rogers, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to elevated [CO<sub>2</sub>]: mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell and Environment*, 30: 258–270. 2007.

Avila, C.J.; Milanez, J.M.; Parra, J.R.P. Previsão da ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus-dia de laboratório. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 427-432, 2002.

Awmack, C.S.; Harrington, R.; Lindroth, R. Aphid individual performance may not predict population responses to elevated CO<sub>2</sub> or O<sub>3</sub>. *Global Change Biology*. 10:1414–1423. (2004).

Bale ,J.; Masters, G.J.; Hodkinson, I.D.; Awmack, C.; et al. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8: 1–16. 2002.

Battisti DS, Naylor RL. Historical warnings of future food security with unprecedented seasonal heat. *Science*. 323:240–4. 2009.

Begon, M.; Townsend, C.; Harper, J. Condições IN: \_\_\_\_\_. *Ecologia: De indivíduos a Ecosistemas*. 4ª Ed. São Paulo: Artmed. Pp 30-57. Cap. 2.

Bernal, J.; Gonzales, D. Experimental assessment of a degree-day model for predicting the development of parasites in the field. *Journal of Applied Entomology, Hamburg*, v. 116, p. 459-466, 1993.

Braman, S.K.; Pendley, A.F.; Sparks, B.; Hudson, W.G. Thermal requirements for development population trends, and parasitism of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Journal of Applied Entomology, Hamburg*, v. 85, p. 870-877, 1992.

Buttler Junior, G.D.; Lopez, J.D. *Trichogramma pretiosum*: Development in two hosts in relation to constant and fluctuating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America, Columbus*, v. 73, p. 671-673, 1980

Calatayud, P.A.; Polania, M.A.; Seligmann, C.D.; Bellotti, A.C.. Influence of water-stressed cassava on *Phenacoccus herreni* and three associated parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 102, 163–175. 2002.

Carvalho, S.M.; Hohmann, C.L. Pragas e seu controle. Inf: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. O feijão no Paraná. Londrina, 1989. P. 217-246. (IAPAR, Circular, 63).

Chidawanyika, F.; Mudavanhu, P.; Nyamukondiwa, C. Biologically Based Methods for Pest Management in Agriculture under Changing Climates: Challenges and Future Directions. *Insects*. 3: 1171-1189. 2012

Couture, J.; Lindroth R. Atmospheric change alters performance of an invasive forest insect  
*Global Change Biology* . 18: 3543–3557. 2012.

Deutsche, C.A.; Tewksbury, J.J. Huey, R.B.; et al. Impacts of climate warming on terrestrial  
ectotherms across latitude. *Proc. Natl Acad Sci.* 105:66-72. 2008.

Fletcher, B.S. Temperature-development rate relationships of the immature stages and adults of  
Tephritid fruit flies. In: Robison, A.S.; Hooper, G. (Ed.). *Fruit flies: their biology natural enemies  
and control.* New York: Elsevier Science Publ., 1989, p. 209-232

Gao, F.; Zhu, S.-R.; Du, L.; Parajulee; et al. Interactive effects of elevated CO<sub>2</sub> and cotton  
cultivar on tri-trophic interaction of *Gossypium hirsutum*, *Aphis gossypii*, and *Propylaea  
japonica*. *Environmental Entomology* 37, 29–37. 2008.

Gregory, P.; Johnson, S.N.; Newton, A.C.; Ingram, J.S. Integrating pests and pathogens into the  
climate change/ food security. *Journal of Experimental Botany.* 60 (10): 2827–2838, 2009.

Haddad, M.L.; Parra, J.R.P.; Moraes, R.C.B. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e  
superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba: FEALQ, 1999. 29 p.

Hance, T., van Baaren, J., Vernon, P., Boivin, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids  
in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology* 52, 107–126. 2007.

Harrison, W.W.; King, E.G.; Ouzts, J.D. Development of *Trichogramma exiguum* and *T.  
pretiosum* at five temperature regimes. *Environmental Entomology*, College Park, v. 14, p. 118-  
121, 1985.

Hoffmann, A.A.; Sorensen, J.G.; Loeschcke, V. Adaptation of *Drosophila* to temperature  
extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. *Journal Thermal Biology.*  
28:175–216. 2009.

Hoover, J.K.; Newman, J.A. Tritrophic interactions in the context of climate change: a model of  
grasses, cereal Aphids and their parasitoids. *Global Change Biology.* 10: 1197–1208. 2004.

Hughes, L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in  
ecology and evolution*, Cambridge, v. 15, p. 56-61, 2000.

IPCC. Summary for policymakers: a pre-report of working group I of the IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Switzerland. 2001.

IPCC. Summary for policymakers. In *Climate Change 2007*, published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. 18 p. 2007.

Kingsolver, J.G.; Woods, H.A.; Buckley, L.B.; et al. Complex Life Cycles and the Responses of Insects to Climate Change. *Integrative and Comparative Biology*. 51(5): 719–732, 2011.

Lactin, D.; Holliday, N.J.; Johnson, D.L.; Craigen, R. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environmental Entomology*, College Park, v. 24, n. 1, p. 68-75, 1995.

Lagos, N.A.; Fuentes-Contreras, E.; Bozinovic, F; Niemeyer, H.M. Behavioural thermoregulation in *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae): the effect of parasitism by *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Therm. Biol.* 26:133–37. 2001.

Logan, J.A.; Wollkind, D.J.; Hoyt, S.C.; Tanigoshi, L.K. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environmental Entomology*, College Park, v. 5, n.6, p. 1133-1140, 1976.

Menendez, R. How are insects responding to global warming?. *Tijdschrift voor entomologie*, Gravenhage, v. 150, p. 355-365, 2007.

Messenger, P.S. Bioclimatic studies with insects. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v. 4, p. 183-206, 1959.

Milanez, J.M.; Parra, J.R.P. Biologia e exigências térmicas de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Londrina, v. 29, n.1, p. 23-29, 2000.

Mondor, E.; Tremblay, M.; Awmack, C.; Lindroth, R. Divergent pheromone-mediated insect behavior under global atmospheric change. *Global Change Biology*. 10: 1820–1824.2004.

Nava, D.E. *et al.* Biology, thermal requirements, and estimation of the number of generations of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) for the main fig producing regions of Brazil. *Florida Entomologist*, Florida, v. 90, n. 3, p. 495-501, 2007.



Naranjo, S.E. The life-history of *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) an egg parasitoid of pink-bollworm (Lepidoptera, Gelechiidae) with emphasis on performance at high temperatures. *Environmental Entomology*. 22: 1051–1059. 1993.

Noldus, L.P.J.J. Semiochemicals, foraging behavior and quality of entomophagus insects for biological control. *Journal of Applied Entomology*, College Park, v. 108, p. 425-451, 1989.

Obrycki, J.J.; Tauber, M.J. Phenology of three coccinellid species: thermal requirements for development. *Annals of the Entomological Society of America*, Columbus, v. 74, p. 31-36, 1981.

Parra, J.R.P. Biología comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guerin-Méneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) visando seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo, revista Brasileira de Entomologia, Curitiba, v. 29. P. 45-76, 1985.

Parmesan, C.; Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42. 2003.

Percy, K.E.; Awmack, C.S.; Lindroth, R.L. *et al.* Altered performance of forest pests under atmospheres enriched by CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>. *Nature*, 420, 403–407. 2002.

Pezzopane, J.E.M.; Pratissoli, D.; Esposti, M.D.D.; Bertazp, C.L.; Costaonga Jr., M. Zoneamento climático do número de gerações de *Trichogramma pretiosum* em traças do tomateiro, no estado do Espírito Santo, Brasil. *Revista da faculdade de Agronomia, Porto Alegre*, v. 17, n. 1, p. 145;146, 1997.

Porter, J.H.; Parry, M.L.; Carter, T.R. The potential effects of climate change on agricultural insect pests. *Agricultural for Meteorology*. 57: 221–240. 1991.

Rand, T.A.; Tschardtke, T. Contrasting effects of natural habitat loss on generalist and specialist aphid natural enemies. *Oikos*, 116, 1353–1362. 2007.

Root T.L. *et al.* Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 412: 57–60. 2003.

Salvadori, J.R.; Parra, J.R.P. Efeito da temperatura na biología e exigências térmicas de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae), em dieta artificial. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1693-1700, 1990

Scott, M.; Berrigan, D.; Hoffmann, A.A. Costs and benefits of acclimation to elevated temperature in *Trichogramma carverae*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 85: 211–219. 1997.

Stern, V.M.; Bowen, W. Ecological studies of *Trichogramma semifumatum* with notes on *Apanteles medicaginis*, and their suppression of *Colias eurytheme* in Southern California. Annals of the Entomological Society of America, Columbus, v. 56, p. 358-372, 1963.

Stiling, P.; Rossi, A.M.; Hungate, B.; *et al.* Decreased leafminer abundance in elevated CO<sub>2</sub>: reduced leaf quality and increased parasitoid attack. Ecological Applications, 9, 240–244. 1999.

Stillman, J.H. Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. Science 301:65–6. 2003.

Stireman, J.O.; Dyer, L.A.; Janzen, D.H.; *et al.* Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: implications of global warming. Proceedings of the National Academy of Science. 102: 17384–17387. 2005.

Thomson, L.J.; Robinson, M.; Hoffmann, A.A. Field and laboratory evidence for acclimation without costs in an egg parasitoid. Functional Ecology 15, 217–221. 2001.

Thomson, L.; Macfadyen, S.; Hoffmann, A. Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. Biological Control. 52: 296–306. 2010.

Tylianakis, J.; Didham, R.; Bascompte, J.; Wardle, D. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems, Ecology Letters. 11: 1351–1363. 2008.

van der Putten W.H.; de Ruiter, P.C.; Bezemer, T.M.; Harvey, J.A.; Wassen, M.; Wolters, V. Trophic interactions in a changing world. *Basic Appl. Ecol.* 5:487–94. 2004.

Voigt, W.; Perner, J.; Jones, T.H. Using functional groups to investigate community response to environmental changes: two grassland case studies. Global Change Biol. 13: 1710–1721. 2007.

Vuorinen, T.; Nerg, .AM.; Ibrahim, M.A.; Reddy, G.V.P.; Holopainen, J.K. Emission of *Plutella xylostella*-induced compounds from cabbages grown at elevated CO<sub>2</sub> and orientation behavior of the natural enemies. *Plant Physiology*. 135: 1984–1992. 2004.

Wang, X.-Y., Yang, Z.Q., Wub, H., Gould, J.R. Effects of host size on the sex ratio, clutch size, and size of adult *Spathius agrili*, an ectoparasitoid of emerald ash borer. *Biological Control*. 44: 7–12. 2007.

Ward, N.L.; Masters, G.J. Linking climate change and species invasion: an illustration using insect herbivores. *Global Change Biology*. 13: 1605–1615. 2007.

Zavala, J.A.; Casteel, C.L.; DeLucia, E.H.; Berenbaum MR. Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105:5129–5133. 2008.

Ziska L.H.; Emche, S.D.; Johnson, E.L.; George, K.; Reed, D.R.; Sicher, R. Alterations in the production and concentration of selected alkaloids as a function of rising atmospheric carbon dioxide and air temperature: implications for ethno-pharmacology. *Global Change Biology*. 11: 1798–1807. 2008a.

Ziska, J.H.; Panicker, S.; Wojno, H.L. Recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide and the potential impacts on growth and alkaloid production in wild poppy (*Papaver setigerum* DC.). *Climatic Change*. 91: 395-403. 2008b.

Ziter, C.; Robinson, E.; Newman, J. Climate change and voltinism in Californian insect pest species: sensitivity to location, scenario and climate model choice. *Global Change Biology*. 18: 2771–2780. 2012.

## **Mudanças geográficas, mudanças climáticas, mudanças ultraestruturais: possível controlar ou reverter?**

Francisco André Ossamu Tanaka

*Prof. Dr. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo Departamento de Fitopatologia e Nematologia Avenida Pádua Dias, 11; CEP13418-900 Bairro Agronomia Piracicaba-SP.  
fatanaka@usp.br*

O planeta terra, ao longo de sua existência, tem sofrido ações e interferências provenientes de todas as direções possíveis e imagináveis, oriundos de nós seres humanos e também da ação natural 'das forças do universo.

Retrocedendo alguns milhões de anos, sabemos que o globo era habitado por seres muito maiores, de corpos gigantescos e cabeça muito pequena em relação ao corpo e plantas também muito maiores em relação às que temos atualmente compondo a nossa flora. Falamos dos dinossauros, tão estudados e explorados nos dias de hoje, com base em muitas especulações, por não termos as informações concretas reunidas em um local ou em locais pré-determinados.

Através de estudos de paleontólogos e cientistas de áreas afins, sabe-se na atualidade que a extinção desses gigantescos animais reptiliformes em sua maioria, ocorreu devido a uma era de glaciação ocorrida no planeta. Esse evento fez com que modificasse totalmente, de maneira drástica, a fauna e flora deste planeta.

O ser humano, ou pelo menos os nossos ancestrais, através dos longos milhares de anos, dominaram o planeta até os dias atuais do ponto de vista evolutivo, criando a tecnologia, desenvolvendo a ciência e a vida atual, desde a descoberta do fogo, principalmente. Desde o seu surgimento, ou melhor, durante a evolução, pelo menos ao que se tem conhecimento, não mais houve alterações climáticas tão drásticas que pusessem fim a uma era ou a um período evolutivo. No entanto, com a capacidade de pensar muito mais aguçada que o resto dos animais habitantes desse nosso planeta, sendo considerados os seres racionais, se diferenciou dos demais e, de um hábito nômade no início do surgimento, passou a ter hábito de vida fixo, ou seja, não mais um ser que apenas fosse à procura dos alimentos e locais seguros quando tais condições se tornassem escassos onde estariam. O ser humano passou a caminhar cada vez menos à procura do alimento e de segurança, procurando produzir o que fosse necessário naquele local, trazendo para perto de si o que fosse do seu desejo.

Tal modificação fez com que o ser humano, não fosse mais à procura de local que tivesse disponibilidade de alimento e não mais precisasse se adaptarem às condições oferecidas no momento e sim, buscando condições e fazendo com que tais condições, sejam suficientes e ideais, como alimentos, moradia ou até o clima, se adaptassem a ele, onde estivessem. E ainda, além de trazerem para perto de si tudo que quisessem, passou a modifica-los forçadamente, ao seu favor, o que fosse possível e, nos dias atuais, até os que eram considerados impossíveis há poucos anos. Tudo isso está se tornando realidade, devido o advento da tecnologia.

O fato de ter se fixado a um local e, iniciado o processo de trazer tudo para perto de si modificando-os e adaptando-os de acordo com o seu desejo, sem se preocupar, ou pelo menos, sem tentar fazer projeções para avaliar as consequências futuras de forma muito mais ampla, provavelmente a grosso modo, de forma muito simplificada, é a causa da mudança climática nos dias atuais à qual estamos passando.

Quando do início de trazer plantas e animais para perto e não ir à busca, fazendo com que se adaptassem ao clima, solo, regime hídrico de um local diferente de onde tivessem já adaptados desde o início do seu processo de evolução, para tal espécie, o que ocorreu foi uma submissão à mudança climática drástica, pois foi submetido às condições que o ser humano desejou e não por que sua semente ou uma muda foi parar em outro local, necessitando de uma adaptação natural utilizando apenas as suas forças e capacidades, já que quando do início da nova era evolutiva, tudo estava adaptado à forma e local de onde iniciaram seu desenvolvimento. Até os dias atuais, é muito comum levarmos ou trazermos plantas ou animais de um local para outro, principalmente o que são considerados domésticos ou que nos fornecem alimento.

Desta forma, a interferência humana em busca da comodidade, fartura e desejo de domínio sobre os seres que servem de alimentos ou fontes de substâncias de interesse

farmacológico ou outro, causou modificações profundas em muitos desses animais ou plantas que em muitos casos até já se perderam as características originais.

Para podermos compreender um pouco mais do que queremos discutir nesse evento, as 'mudanças climáticas globais', pelas evidências que temos observado, é provavelmente, resultante principalmente de todas as ações do ser humano em tentar, de forma rápida e objetiva, de adaptar tudo ao seu redor a seu favor, sem ou pouco se preocupando com as consequências a que estaríamos submetidos a longo prazo.

As doenças, pragas e mutações a que nossas culturas estão sujeitas ou que "surgem" repentinamente em várias culturas, através dessa forma de raciocínio, com o equilíbrio do ecossistema alterado, tornam-se muito mais drásticos e, com a modificação do clima, todos os envolvidos se alteram profundamente, visível inclusive em organelas celulares.

O estudo de algumas doenças causadas por agentes bióticos e outras causadas até por agentes abióticos como uma 'simples' desordem nutricional tem evidenciado fatos que nos ajudam a entender o por que da alteração climática global ter sido iniciado pela ação humana, ou pelo menos acelerada, pois segundo estudos, a mudança climática no planeta vem ocorrendo ao longo dos períodos, porém numa velocidade muito menor a que estamos passando atualmente.

Atentarmos para algumas ações como: desmatamento para ampliar área de cultivo ou extração de madeiras, represar água de rio para geração de eletricidade ou irrigação, extração de minérios, além das modificações das plantas e animais para fins alimentícios, é muito importante. No entanto, todas essas ações fazem parte de um conjunto que o ser humano foi capaz ao longo desses últimos 200 a 300 anos, sem muito se preocupar com as consequências que superaram a velocidade e efeito da mudança natural a que passaríamos, provavelmente, nos próximos 2000 a 3000 anos.

Algumas doenças em culturas de importância fundamental para o homem, sejam elas perenes ou não, animais ou vegetais, passaram por modificações cujas consequências negativas foram graves, e por algumas vezes, foram capazes de causar falta de alimento e, pior, transmitirem doenças incuráveis ao homem ou produzirem toxinas, como exemplo a presença do fungo *Aspergillus flavus* que produz a aflatoxina no amendoim e a doença da 'vaca louca', causado por príons, há alguns anos atrás.

Outras, embora não muito drásticas, são exemplos atuais desse ciclo de modificações, as causadas pelo homem versus causadas pela mudança climática global, como a 'tristeza dos citros', HLB ou 'ex-greening' que envolvem vetores causando doenças em laranjeiras; desordem nutricional causada pela presença ou ausência de alguns nutrientes minerais em cana-de-açúcar', além de muitas outras que com o passar do tempo, doenças ou pragas que não eram sequer considerados, se tornaram problemas.

As mudanças climáticas no planeta, analisando-as do ponto de vista fisiopatológico das plantas por exemplo, provavelmente modificará o comportamento metabólico destas que acarretará na alteração de vários fatores, por exemplo, da emissão dos voláteis, estrutura da parede celular, cor, morfologia dos tricomas etc, já que estas plantas haviam passado por um processo de 'domesticação' e até de melhoramento do ponto de vista da produção e resistência a pragas e doenças para serem adequadas para produção em certas regiões produtivas.

Alguns exemplos podem ser analisados, como a citricultura no Brasil, que no século passado, após o ataque do vírus da tristeza dos citros (Citrus Tristeza Virus-CTV) [BITANCOURT, 1940], transmitido pelo pulgão preto, juntamente com a incompatibilidade do enxerto causado pela combinação porta-enxerto/copa causado pelo vírus praticamente dizimou a cultura no eixo Brasil-Argentina (Figura 1). Na década de 1970, uma bactéria (*Xanthomonas axonopodis* pv. Citri – atual *Xanthomonas citri*) (Figura 4), causadora do cancro cítrico [BITANCOURT, 1957]

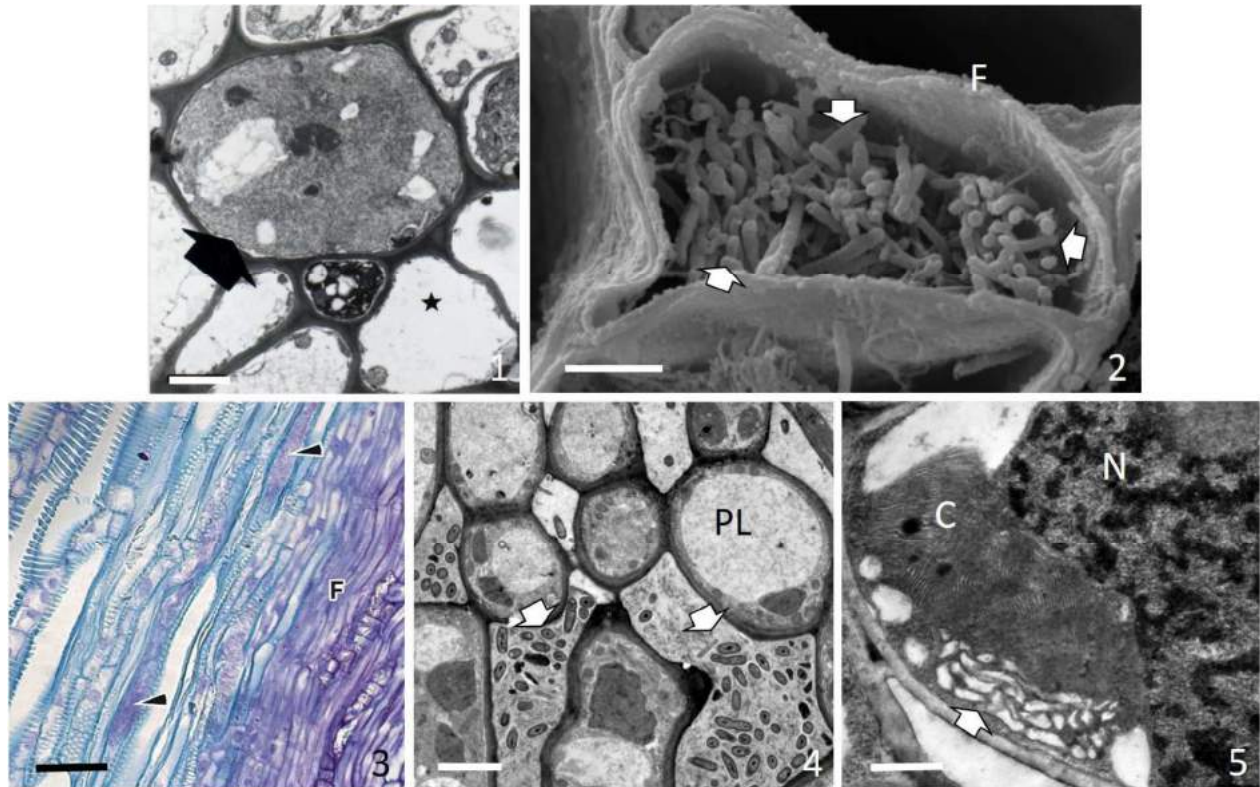
tirou o sono dos citricultores inviabilizando o cultivo e a produção de cítricos, principalmente no Estado de São Paulo. Posteriormente, já na década de 1990, o ataque da *Xylella fastidiosa* (Figura 3) transmitido por várias espécies de cigarrinha, causando a clorose variegada dos citros (CVC) ou o amarelinho [De Negri, 1990], foi contornado principalmente por diferentes formas de manejo.

Já no final dos anos 90 e início dos anos 2000, a citricultura passou por outro grave problema, em que as plantas morriam após algumas semanas ao mostrarem os sintomas, sendo o problema denominado ‘morte súbita dos citros’ (Citrus Sudden Death – CSD) [ROMÁN et al., 2004], detectado inicialmente no norte do Estado de São Paulo, mas que atingiu praticamente todo centro produtor de cítricos; até os dias atuais somente se especula a causa deste problema que foi contornado principalmente pela substituição do porta-enxerto. Nem bem recuperados do baque da CSD, foi detectada a bactéria causadora do ‘ex-greening’ ou Huanglongbing no Brasil (Figura 2), bactéria esta transmitida por um psílideo (*Diaphorina citri*) [TEIXEIRA et al., 2005].

As plantas cítricas têm origem nas regiões subtropicais e tropicais da Ásia [MATTOS JR et al., 2005] de onde foram trazidas e aclimatadas para produzirem em nossos continentes. Desta forma, já nesse processo, sofreram mudanças climáticas com relação ao centro de origem. Pensando-se apenas no contexto Brasil, de forma muito sucinta, tais plantas foram no início da sua produção em grande escala, cultivadas nas regiões mais frias do estado de São Paulo, clima propício para vida dos pulgões pretos transmissores do CTV, onde o problema foi mais grave. Após esse problema, iniciou-se o processo de migração da citricultura para o interior de São Paulo, regiões com temperaturas mais altas e regime hídrico distinto, com período de seca mais prolongado. O porta-enxerto encontrado foi o limão cravo que se adaptou muito bem ao clima e solo além de ser resistente ao ataque da tristeza. Ainda nos dias atuais, o CTV é controlado por uma premunização [MÜLLER & COSTA, 1981] utilizando estirpes fracas do mesmo CTV, proposto por um cientista brasileiro na década de 1950-1960.

Outra cultura e importância relevante, com grandes áreas de cultivo no Estado de São Paulo é a cana-de-açúcar. Atualmente, as mudanças climáticas causando chuvas irregulares e temperaturas mais altas que a média geral tem provocado aparecimento de problemas tanto nutricionais como fitossanitários. Tais mudanças no clima, têm provocado, além das alterações biológicas, modificações no solo, com acidificação, solubilizando compostos químicos que se absorvidos pelas plantas, em alguns casos, podem provocar distúrbios acarretando a queda na produtividade. Estudos com toxidez por manganês [FERNANDO & LINCH, 2015], em variedades comerciais de cana, tem mostrado alterações relevantes no núcleo das células e na estrutura da parede celular (Dra. Geisa Lima Mesquita Zambrosi-dados não publicados) (Figura 5). Este estudo é suportado pela necessidade de variedades tolerantes a esse metal que é muito frequente nos solos acidificados. Além disso, pelas respostas citológicas a esse metal, pode-se especular possíveis interações positivas desse metal com as variedades mais suscetíveis à ferrugem alaranjada da cana, induzindo maior resistência à doença. Podendo-se ter comprovações acerca desses resultados, manejos diferenciados dentro das práticas de

fornecimento de nutrientes poderão ser sugeridos e, conseqüentemente, reduzir o uso de químicos para controle dessas doenças.



1:Micrografia eletrônica de transmissão de célula companheira (estrelas) do floema, em folha de laranja doce, com vírus da tristeza dos citros (seta); Barra=3,6 $\mu$ m. 2:Micrografia eletrônica de varredura do elemento de tubo crivado (F), de folhas de *Catharanthus roseus* com *Candidatus Liberibacter* sp. (entre setas); Barra=1 $\mu$ m. 3:Micrografia de luz do feixe vascular, de folhas de *Hibiscus* sp., com xilema contendo *Xylella fastidiosa* (pontas de seta); Barra=50 $\mu$ m. 4:Micrografia eletrônica de transmissão do parênquima lacunoso (PL), de folhas de limoeiro com cancro cítrico, com *Xanthomonas citri* (setas); Barra=2 $\mu$ m.[Foto: MSc. Flávia C. F. Vieira] 5:Micrografia eletrônica de transmissão do parênquima clorofiliano de folhas de cana-de-açúcar, revelando alterações (seta) no cloroplasto (C) e aumento do tamanho do núcleo (N) causados por toxidez por excesso de manganês; Barra=0,5 $\mu$ m. [Foto: Dra. Geisa L. M. Zambrosi]

Conforme o exposto, é possível correlacionar os prováveis fatores causadores das mudanças climáticas drásticas a que estamos sendo submetidos atualmente. No entanto, devido ao avanço dos processos indutores, retroceder para que diminua o ritmo das mudanças climáticas poderá ser tarde, pois as alterações orgânicas provocadas nos seres vivos em geral estão



sendo muito drásticas e rápidas. Por outro lado, se não retrocedermos em alguns fatores, pelo menos de imediato, poderemos sofrer consequências muito piores, como por exemplo, a falta de alimentos por degeneração clonal induzido por um agente climático ou ataque de pragas novas em grande massa ou ainda, por doenças associadas às mudanças climáticas como chuva e temperatura.

Será necessário reunir uma força tarefa de pesquisadores e técnicos para pensar em alguma alternativa urgente, no entanto, sem pensar muito no “lucro imediato” ou, no “lucro financeiro” como estão acostumadas as grandes empresas. Neste momento, é necessário que todos nós tenhamos consciência de que sem o ‘planeta estar bem de saúde’, por mais que alguns setores comerciais ou econômicos fiquem bem ou se aproveitem disso, será por muito pouco tempo. O padecer do planeta terra, é sem dúvida, o padecer de todo resto, principalmente do ser humano, que apesar de toda inteligência e astúcia, não sabe ainda ou não quer enxergar que vivemos numa eterna dependência de todos os fatores climáticos e que não é com dinheiro ou qualquer outro material que iremos conseguir comprar a nossa saúde ou reverter o estrago já feito.

## **Bibliografía**

Bitancourt, A. A. A podridão da radícula dos citros na província de Corrientes, Argentina O Biológico 6(10):285-288. 1940a; 1940b.

Bitancourt, A. A. O cancro cítrico. Biológico **23**:101-111, 1957.

De Negri, J.D. Clorose variegada dos Citros: uma nova anomalia afetando pomares em S.Paulo e Minas Gerais. Comunicado Técnico nº 82. Extensão Rural, Coord. Ass. Téc. Integral (CATI), Campinas, 6p,1990.

Fernando, D. R.; Lynch, J. P. Manganese phytotoxicity: new light on an old problem Annals of Botany **116**: 313–319, 2015.

Hasse, C.H. *Pseudomonas citri*. The cause of citrus-canker. A preliminary report. Journal of Agricultural Research **4**:97-100, 1915.

Mattos Jr, D.; De Negri, J. D.; Figueiredo, J. O.; Pompeu Jr, J. CITROS: principais informações e recomendações de cultivo Instituto Agrônomo de Campinas, ‘web site’. [http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/43.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/43.pdf); último acesso: 28/6/2016.

Müller, G. W. & Costa, A. S. O uso da premunização com estirpes fracas do vírus da tristeza reergue a produção comercial de laranja pera no Estado de São Paulo Fitopatologia Brasileira **6**:301-302, 1981.

Román, M. P. et al. Sudden Death of citrus in Brazil: A graft-transmissible bud union disease.. Plant Disease **88**(5):453-467, 2004.

Teixeira, D. C.; Ayres, J.; Kitajima, E. W.; Tanaka, F. A. O.; Danet, L.; Jagoueix-Eveillard, S.; Saillard, C.; Bove, J. M.. First report of a Huanglongbing-Like disease of Citrus in São Paulo State, Brazil and Association of a New Liberibacter Species, "Candidatus Liberibacter Americanus" with the Disease. Plant Disease **89**(1):107-107, 2005.

## Simposio 2. Control Biológico

### Estatus del control biológico en México.

Hugo César Arredondo Bernal

*PhD. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Dirección General de Sanidad Vegetal, Km 1.5 Carretera Tecomán-Estación, Apdo. Postal 67, C.P. 28120 Tecomán, Colima. MEXICO. hugo.arredondo@senasica.gob.mx Mexico.*

#### Introducción

En México, diversos son los programas de control biológico clásico y por aumento que han sido implementados, muchos de ellos por el Gobierno de México. Tomando en cuenta las importaciones realizadas desde principios del siglo pasado se detectan tres periodos de mayor actividad en control biológico, una en la década de 1950, otro en la década de 1990 y lo que va del siglo XXI. Durante las primeras cuatro décadas se importaron solo seis especies de enemigos naturales para controlar plagas en cítricos y caña de azúcar. En las décadas de 1940 y 1950 el número de agentes de control biológico importados ascendió a 59, siendo en su mayoría especies de hábitos parasíticos; estos años representan una de las etapas más importantes del control biológico en México y asimismo el reconocimiento mundial del éxito en el control de mosca prieta de los cítricos. Después de la década de 1950, hubo un decremento de las actividades de control biológico por importación, situación que prevaleció durante los 30 años siguientes; en este período las actividades se enfocaron a la construcción de los Centros Reproductores y a la producción masiva de especies de *Trichogramma*.

No obstante a que esta tecnología de control de plagas es una práctica centenaria que ha mostrado sus ventajas en múltiples ocasiones y que la labor e inversión del Gobierno de México ha sido constante, el control biológico entra en la etapa de expansión hasta la década de 1990, donde la actividad no sólo se refleja por los niveles de producción de los Centros de Reproducción de Organismos Benéficos (Arredondo-Bernal 2015), sino por las especies benéficas solicitadas para importación, la mayoría para ser comercializadas; factores como costos elevados de los insecticidas sintéticos, resistencia de los insectos plaga a los productos químicos, residualidad en los productos agrícolas de exportación, ideas conservacionistas del medio ambiente y profesionales especializados en esta tecnología han influido en este cambio. Lo anterior deja manifiesto el interés y la tendencia actual del control biológico en México.

En este capítulo, se hace un análisis retrospectivo y se enmarca la situación actual del uso de enemigos naturales como agentes de control biológico de plagas.

### **Laboratorios abastecedores de Agentes de control biológico**

Como consecuencia del problema de resistencia a insecticidas del gusano bellotero en la Comarca Lagunera y de la importación y liberación exitosa de *Trichogramma* spp. en Sonora y Baja California, el Gobierno Federal Mexicano financió en 1962 la construcción del primer Centro Reprodutor de Insectos Benéficos en Torreón, Coahuila; las actividades prioritarias fueron la cría masiva y liberación de una especie de *Trichogramma*, procedente de California, E.U.A., para el control de *H. virescens* (F.). Durante ese período se realizó la importación de *Trichogramma brasiliensis* (Ashmead) para efectuar pruebas contra el gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* Saunders.

Con la fundación del Centro Reprodutor de Organismos Benéficos en Torreón, Coahuila, se inicia la construcción paulatina de otros 20 Centros Regionales de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos (CREROB) distribuidos en distintas regiones agrícolas del país. Actualmente 20 de estos Centros Reproductores, sostenidos por el Gobierno Federal hasta 1991, son administrados por organizaciones de productores; es importante indicar que en la actualidad sólo el 50% de los CREROB se encuentran operando. Por otra parte, el Gobierno de México financia la operación del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) en Tecomán, Colima, además de los Laboratorios Oficiales de Reproducción de *Anagyrus kamali* ubicado en Bahía de Banderas, Nayarit, de *Tamarixia radiata* ubicado en Mérida, Yucatán, y el programa de control biológico de moscas de la fruta en Metapa de Domínguez, Chiapas. En la actualidad México cuenta con 53 Laboratorios Reproductores y Comercializadores de Agentes de Control Biológico (Arredondo-Bernal 2015), incluidos los Laboratorios Oficiales antes mencionados.

A partir de 1990, México tiene un crecimiento exponencial en cuanto al interés por utilizar organismos benéficos para control biológico por aumento; en 1991 solo cuatro especies eran criadas por los Centros Reproductores existentes, para el 2016 esta cantidad incrementa a 44 especies (información proporcionada por los Laboratorios Privados), de los cuales el 20% son depredadores, el 34% son parasitoides, el 20% son microorganismos entomopatógenos, 16% son fitófagos y fitopatógenos como agentes de control biológico de maleza y 10% antagonistas (Tabla 1); esta información no incluye a las empresas dedicadas a la importación de estos insumos. Cabe destacar que el 40% de los Laboratorios de Reproducción ofertan alguna especie de *Trichogramma* (Arredondo-Bernal 2015), siendo la especie benéfica utilizada por más de 53 años.

Respecto a la situación de los laboratorios en Norteamérica, en 1997 el número de empresas dedicadas a la reproducción, distribución y comercialización de 130 especies de parasitoides, depredadores y nematodos ascendía a 142 (Hunter 1997). Del total de la infraestructura

presente en Norteamérica, el 32.71% son empresas mexicanas. Se conoce que en México existen más empresas dedicadas a producir y ofertar organismos benéficos como agentes de control biológico, no obstante, no han dado a conocer sus datos de identidad.

Plagas importantes que cuentan con programas de control biológico aumentativo son la cochinilla rosada del hibiscus *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Santiago-Islas *et al.* 2008), la paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulc., la broca del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. (Barrera *et al.* 2008), la langosta *Schistocerca piceifrons* Walker (Hernández y Arredondo-Bernal 2003), pulgón café de los cítricos *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Arredondo-Bernal *et al.* 2002), mosca pinta (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) (Alatorre y Hernández 2015) y psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Sánchez-González *et al.* 2015).

La mayoría de las especies criadas en estos laboratorios son reproducidas con dieta natural; las especies de insectos, ácaros y nematodos reportados por Hunter (1997) se utilizan para controlar mosca blanca, huevos y larvas de lepidópteros, pulgones, escamas, trips, hormigas, piojos harinosos, ácaros fitófagos y maleza; a la lista publicada por Hunter (1997) hay que agregar las siguientes especies producidas en México: *Anagyrus kamali* Moursi, *Habrobracon* sp., *Dirhinus giffardii* Silvestri, *Cyrtobagous salviniae* Calder & Sands, *Neochetina eichhorniae* Warner y *Neochetina bruchi* Hustache, *Tetramesa romana* Walker, *Rhizaspidiotus donacis* Leonardi, *Tamarixia radiata* (Waterston) (Santiago-Islas *et al.* 2008, Martínez-Jiménez 2010, Arredondo-Bernal y Sánchez-González 2010), asimismo los patógenos indicados en el Tabla 1. Si consideramos únicamente los insectos entomófagos y ácaros depredadores comercializados en Norteamérica (90 especies), México ofrece actualmente 29 especies de parasitoides, depredadores y fitófagos de maleza, es decir el 27.7% de la oferta del mercado de América del Norte.

Entre los usuarios de los agentes de control biológico en México, están productores de hortalizas, papayo, nogal, cítricos, mango, guanábano, caña de azúcar, yaca, maíz, teca, café, uva de mesa y plantas forestales, así como instituciones gubernamentales y estatales, entre otros.

Otros depredadores, parasitoides y fitopatógenos para el control de maleza, se listan en el Tabla 2 y se indica la institución donde se encuentran ubicadas las colonias; estas especies son mantenidas con fines de experimentación y desarrollo de tecnología. Destacan por su importancia como enemigos naturales del vector del Huanglongbing de los cítricos *Diaphorina citri*, el neuróptero *Chrysoperla externa* (Hagen) y el coccinélido *Exochomus marginipennis* (LeConte) (Palomares *et al.* 2015), los cuales se encuentran bajo investigación para conocer su biología y comportamiento contra *D. citri*, así como su reproducción masiva para utilizarlos en el corto plazo como factor de control y regulación de las poblaciones de dicho psílido.

Tabla 1. Agentes de control biológico reportados por los Laboratorios de Reproducción de Agentes de Control Biológico en México.

<b>Depredadores</b>	
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens) (Neu.: Chrysopidae)	Mosquita blanca y pulgones
<i>C. comanche</i> (Banks) (Neu.: Chrysopidae)	Psílido asiático de los cítricos
<i>C. rufilabris</i> (Neu.: Chrysopidae)	Plagas de cítricos
<i>Ceraeochrysa valida</i> (Banks) (Neu.: Chrysopidae)	Psílido asiático de los cítricos
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> (Muls.) (Col.: Coccinellidae)	Cochinilla rosada del hibisco
<i>Geocoris punctipes</i> (Say) (Hem.: Geocoridae)	Araña roja, paratíroza
<i>Orius insidiosus</i> Say (Hemiptera: Anthocoridae)	Mosca blanca, Trips
<i>Hippodamia convergens</i> Guérin-Ménéville (Col.: Cocc.)	Pulgones
<i>Cycloneda sanguinea</i> L. (Col.: Coccinellidae)	Pulgones
<b>Parasitoides</b>	
<i>Aceratoneuromyia indica</i> (Silv.) (Hym.: Eulophidae)	Moscas de la fruta
<i>Anagyrus kamali</i> Moursi (Hym.: Encyrtidae)	Cochinilla rosada del hibisco
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Ash.) (Hym.: Bracon.)	Mosca de la fruta
<i>Diachasmimorpha tryoni</i> (Hym.: Braconidae)	Moscas doméstica y de los establos
<i>Dirhinus giffardii</i> Silvestri (Hym.: Chalcididae)	Moscas de la fruta
<i>Eretmocerus eremicus</i> Rose and Zolnerowich (Aphe.)	Mosca blanca
<i>Habrobracon</i> sp. (Hym.: Braconidae)	Plagas de granos almacenados
<i>Lixophaga diatraeae</i> (Townsend)	Barrenadores de caña
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Hym.: Braconidae)	Pulgones
<i>Spalangia endius</i> Walter (Hym.: Pteromalidae)	Moscas domésticas y de los establos
<i>Tamarixia radiata</i> (Waterston) (Hym.: Eulophidae)	Psílido asiático de los cítricos
<i>T. trioze</i> (Burks) (Hym.: Eulophidae)	Paratíroza
<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hym.: Trichogram.)	Barrenadores de caña, lepidópteros,
<i>T. exiguum</i> Pinto & Plat. (Hym.: Trichogrammatidae)	Barrenadores de caña
<b>Agentes de Control Biológico de Maleza</b>	
<b>Fitófagos</b>	
<i>Cyrtobagous salviniae</i> Mitchel (Col.: Curculionidae)	<i>Salvinia molesta</i> Mitchell
<i>Neochetina eichhorniae</i> Warner (Col.: Curculionidae)	Lirio acuático
<i>N. bruchi</i> Hustache (Col.: Curculionidae)	Lirio acuático
<i>Tetramesa romana</i> Walker (Hym.: Eurytomidae)	<i>Arundo donax</i> L. (carrizo gigante)
<i>Rhizaspidiotus donacis</i> (Leonardi) (Hem.: Disapididae)	<i>A. donax</i> (carrizo gigante)
<b>Fitopatógenos</b>	
<i>Cercospora piaropi</i> Tharp.	Lirio acuático
<i>Acremonium zonatum</i> (Sawada)	Lirio acuático
<b>Entomopatógenos</b>	
<b>Bacterias</b>	
<i>Bacillus thuringensis</i> Berliner	Lepidópteros
<b>Hongos</b>	
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill.	Picudo del chile, broca del cafeto)
<i>Isaria fumosorosea</i> Wize	Pulgón café de los cítricos, mosca blanca

<i>Isaria javanica</i> (Bally) Samson & Hywel-Jones	Psílido asiático de los cítricos
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimmerman)	Pulgones ( <i>Aphis</i> , <i>Toxoptera</i> )
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metchnikoff) Sorokin	Mosca pinta ( <i>Aneolamia</i> , <i>Prosapia</i> )
<i>M. acridum</i> Driver and Milner	Langosta, chapulines
<i>Hirsutella thompsoni</i> Fisher	Ácaros
<i>Pachonia chlamydospora</i>	Nematodos
<b>Nematodos</b>	
<i>Heterorabdithis bacteriophora</i>	Plagas del suelo
<b>Antagonistas</b>	
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Phytophthora</i> , <i>Rhizoctonia</i>
<i>Trichoderma asperellum</i>	<i>Rizoctonia</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Phytium</i>
<i>T. harzianum</i> Rifai	<i>Rizoctonia</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Phytium</i>
<i>T. viride</i> (Pers.)	<i>Rizoctonia</i> , <i>Alternaria</i> y <i>Phytium</i>

Tabla 2. Especies reproducidas y mantenidas en colonias con fines de experimentación, DGSV= Sirección General de Sanidad Vegetal; IMTA= Instituto Mexicano de Tecnología del Agua..

Agente de Control Biológico	Plaga	Institución
<b>Depredadores</b>		
<i>Exochomus marginipennis</i> (LeCon) (Col.: Coccinellidae)	<i>Diaphorina citri</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (Neu.: Chrysopidae)	<i>D. citri</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Cereochrysa valida</i> (Banks) (Neu.: Chrysopidae)	<i>D. citri</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Cereochrysa cincta o areoles?</i> (Neu.: Chrysopidae)	<i>Raoiella indica</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Cereochrysa claveri</i> (Navás) (Neu.: Chrysopidae)	<i>R. indica</i>	CNRCB (DGSV)
<b>Parasitoides</b>		
<i>Aganaspis pelleranoi</i> (Brèthes) (Hym.: Figitidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Coptera haywardi</i> Loia. (Hym.: Diapriidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Diachasmimorpha tryoni</i> (Ash.) (Hym.: Braconidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Doryctobracon crawfordi</i> (Viereck) (Hym.: Braconidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Eurytoma sivinskii</i> Gates & Grissell (Hym.: Eurytomidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Fopius arisanus</i> (Sonan) (Hym.: Braconidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Odontosema anastrephae</i> Borgmeier (Hym.: Figitidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Opius hirsutus</i> Tobias (Hym.: Braconidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Utetes anastrephae</i> (Viereck) (Hym.: Braconidae)	Mosca de la fruta	Moscafrut (DGSV)
<i>Pachycrepoideus vindemmiae</i> (Ron) (Hym.: Pteromalidae)	<i>Drosophila suzukii</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Leptopilina bouvardi</i> Förster (Hymenoptera: Figitidae)	<i>Drosophila suzukii</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Spalangia simplex</i> Perkins (Hymenoptera: Pteromalidae)	<i>Drosophila suzukii</i>	CNRCB (DGSV)
<i>Trichopria drosophilae</i> (Hymenoptera: Diapriidae)	<i>Drosophila suzukii</i>	CNRCB (DGSV)
<b>Agentes de Control Biológico de Maleza</b>		
<b>Fitopatógenos</b>		
<i>Alternaria eichhorniae</i> Nag Raj & Ponnappa	Lirio acuático	IMTA

En el Tabla 3 se listan 58 especies de insectos entomófagos y ácaros depredadores que cuentan con autorización para su importación a México (RSPM 26, 2014), previa solicitud a la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria).

### Programas de control biológico de plagas exóticas

En el Tabla 4 se ubican las plagas exóticas en las que se ha implementado o se está implementando algún programa de control biológico; de estas, el 62.5% está representado por hemípteros de las familias Aleyrodidae, Aphididae, Coccidae, Diaspididae, Eriosomatidae, Margarodidae, Pseudococcidae y Psyllidae, lo que marca una tendencia clara en el sentido de que la mayor problemática en cuanto a insectos plaga exóticos, se ha tenido con insectos chupadores. Le siguen los lepidópteros con el 12.5%, mientras los coleópteros y dípteros representan el 6.25% y los ácaros y maleza con el 3.5 y 9% respectivamente; todos ellos cuentan con enemigos naturales exóticos que han sido introducidos desde otras partes del mundo. Algunas de estas plagas que también son controladas por agentes de control biológico nativos que son liberados o aplicados inundativamente son el caso de *Aphis gossypii* (Lomelí *et al.* 2008), *Hypothenemus hampei* (Barrera *et al.* 2008), *Bemisia tabaci* (Martínez-Carrillo *et al.* 2015). Un programa que destaca es el lirio acuático *Eichhornia crassipes*, cuyo programa de control biológico es uno de los casos únicos en maleza y exitosos en esta área para el país (Martínez-Jiménez 2008).

Tabla 3. Especies de agentes de control biológico autorizados para importación a México (RSPM 26, 2014).

<b>Especies</b>	
<p><b>Parasitoides</b>  <i>Anaphes iole</i> Girault (Hym.: Mymaridae)  <i>Anagyrus kamali</i> Moursi (Hym.: Encyrtidae)  <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard)                      (Hym.: Pteromalidae)  <i>Aphelinus abdominalis</i> (Dalman)                      (Hym.: Aphelinidae)  <i>Aphidius colemani</i> Viereck (Hym.: Aphidiidae)  <i>Aphidius ervi</i> Haliday (Hym.: Aphidiidae)  <i>Aphidius matricariae</i> Haliday (Hym.: Braconidae)  <i>Aphytis lingnanensis</i> Compere (Hym.: Aphelinidae)  <i>Aphytis melinus</i> DeBach (Hym.: Aphelinidae)  <i>Habrobracon hebetor</i> Say (Hym.: Braconidae)  <i>Coccidoxenoides perminutus</i> Girault                      (Hym.: Encyrtidae)  <i>Cotesia flavipes</i> Cameron (Hym.: Braconidae)  <i>Cotesia vestalis</i> (Haliday) (= <i>C. plutellae</i>) (Hym.: Braconidae)</p>	<p><i>Trichogramma platneri</i> Nagarkatti (Hym.: Trichogrammatidae)  <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hym.: Trichogrammatidae) <i>Trichogrammatoidea bactrae</i> Nagaraja (Hym.: Trichogrammatidae)</p> <p><b>Insectos Depredadores</b>  <i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani) (Dip.: Cecidomyiidae)  <i>Atheta coriaria</i> Kraatz (Col.: Staphylinidae)  <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens) (Neu.: Chrysopidae)  <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Burmeister) (Neu.: Chrysopidae) <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant (Col.: Coccinellidae) <i>Cybocephalus nipponicus</i> Endrödy-Younga (Col.: Cybocephalidae)  <i>Delphastus pusillus</i> (LeConte) (Col.: Coccinellidae)  <i>Feltiella acarisuga</i> (Vallot) (Dip.: Cecidomyiidae)</p>



<p><i>Dacnusa sibirica</i> Telenga (Hym.: Braconidae)  <i>Diadegma insulare</i> (Cresson) (Hym.: Ichneumonidae)  <i>Diglyphus isaea</i> (Walker) (Hym.: Eulophidae)  <i>Encarsia formosa</i> Gahan (Hym.: Aphelinidae)  <i>Eretmocerus californicus</i> Howard (Hym.: Aphelinidae)  <i>E. eremicus</i> Rose &amp; Zolnerowich (Hym.: Aphelinidae)  <i>E. mundus</i> Mercet (Hym.: Aphelinidae)  <i>Leptomastix dactylopii</i> Howard (Hym.: Encyrtidae)  <i>Muscidifurax raptor</i> Girault &amp; Sanders (Hym.: Pteromalidae)  <i>Muscidifurax raptorellus</i> Kogan &amp; Legner (Hym.: Pteromalidae)  <i>Muscidifurax zaraptor</i> Kogan &amp; Legner (Hym.: Pteromalidae)  <i>Nasonia vitripennis</i> (Walker) (Hym.: Pteromalidae)  <i>Spalangia cameroni</i> Perkins (Hym.: Pteromalidae)  <i>Spalangia endius</i> Walker (Hym.: Pteromalidae)  <i>Spalangia nigroaenea</i> Curtis (Hym.: Pteromalidae)  <i>Tamarixia triozae</i> (Burks) (Hym.: Eulophidae)  <i>Telenomus remus</i> Nixon (Hym.: Scelionidae)  <i>Trichogramma brassicae</i> Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae)  <i>Trichogramma evanescens</i> Westwood (Hym.: Trichogrammatidae)  <i>Trichogramma minutum</i> Riley (Hym.: Trichogrammatidae)</p>	<p><i>Orius insidiosus</i> (Say) (Hem.: Anthocoridae)  <i>Orius laevigatus</i> (Fieber) (Hem.: Anthocoridae)  <i>Orius tristicolor</i> (White) (Hem.: Anthocoridae)  <i>Podisus maculiventris</i> (Say) (Hem.: Pentatomidae)  <i>Stethorus punctillum</i> (Weise) (Col.: Coccinellidae)  <i>Xylocoris flavipes</i> (Reuter) (Hem.: Anthocoridae)</p> <p><b>Ácaros Depredadores</b>  <i>Galendromus occidentalis</i> (Nesbitt) (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Galendromus helveolus</i> (Chant) (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Iphiseius degenerans</i> Berlese (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor) (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Neoseiulus cucumeris</i> (Oudemans) (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot (Mesostigmata: Phytoseiidae)  <i>Typhlodromips swirskii</i> (Athias-Henriot) (Mesostigmata: Phytoseiidae)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A continuación se hace una breve descripción de los programas de control biológico implementados (o en vías de implementación) en el país por la Dirección General de Sanidad Vegetal (SAGARPA-SENASICA) para algunas plagas mencionadas en el Tabla 4, incluye información sobre origen de la plaga, enemigos naturales introducidos y estatus actual. Otros casos podrán ser analizados en Arredondo-Bernal y Rodríguez del Bosque (2008, 2015).

Tabla 4. Plagas exóticas en las que se ha establecido control Biológico en México.

Nombre científico
<i>Arundo donax</i> L. (Poaceae)
<i>Aleurocanthus woglumi</i> Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae)
<i>Antonina graminis</i> (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae)
<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae)
<i>Aphis gossypii</i> (Hemiptera: Aphididae)
<i>Aulacaspis tubercularis</i> Newstead (Hemiptera: Diaspididae)

*Bemisia tabaci* Genadius (Hemiptera: Aleyrodidae)  
*Chironomus plmosus* L. (Diptera: Chironomidae)  
*Chrysomphalus aonidum* (L.) (Hemiptera: Diaspididae)  
*Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae)  
*Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae)  
*Dialeurodes citri* (Riley & Howard) (Hemiptera: Aleyrodidae)  
*Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)  
*Eichhornia crassipes* (Mart.) (Liliales: Pontederiaceae)  
*Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Eriosomatidae)  
*Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae)  
*Hyptenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae)  
*Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Margarodidae)  
*Lepidosaphes beckii* (Newman) (Hemiptera: Diaspididae)  
*Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae)  
*Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae)  
*Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae)  
*Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae)  
*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)  
*Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae)  
*Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae)  
*Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae)  
*Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae)  
*Salvinia molesta* D. Mitch. (Salvinaceae)  
*Therioaphis trifolii* Monell (Hemiptera: Aphididae)  
*Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae)  
*Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae)

---

## Casos históricos

### Mosca prieta de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* Ashby

Como resultado de una importación accidental en el año de 1935, la producción citrícola de México fue afectada por la mosca prieta, de origen asiático, la cual fue reportada inicialmente en El Dorado, Sinaloa. Al no realizar las medidas fitosanitarias de control, la dispersión de la mosca fue rápida y pronto se convirtió en uno de los problemas sanitarios más importantes y costosos de la fruticultura nacional. Las medidas de control establecidas (basadas en insecticidas químicos) y su costo, orillaron a tomar la decisión de establecer un programa de control biológico clásico; así durante 1938, la Secretaría de Agricultura de México, solicitó al Departamento de Agricultura de Estados Unidos la donación del afelínido *Eretmocerus serius* Silv. que mantenían en su Laboratorio de Balboa, en la zona del Canal de Panamá; no obstante esta especie que resultó ser efectiva en Cuba (Smith 1945), no logró establecerse en México.

Para 1943, y como consecuencia de la rápida dispersión de *Aleurocanthus woglumi* y al riesgo que representaba para la citricultura de California, E.U.A., los Gobiernos de Estados Unidos y México celebraron un convenio cooperativo para realizar un programa de control de esta plaga

(Anónimo 1963); durante este año se realizaron nuevamente importaciones de *Eretmocerus serius* de la zona del Canal de Panamá, bajo la supervisión del Dr. Hebert D. Smith (investigador del USDA). El material importado se distribuyó en diversas zonas cítricas de los estados de Colima, Nayarit y Sinaloa. En esta ocasión se logró el establecimiento del parasitoides, sin embargo no tuvo el impacto esperado; por esta razón el Dr. Smith realizó dos exploraciones en el sur de Asia. El propósito fue detectar poblaciones nativas de enemigos naturales de la mosca prieta de los cítricos; las primeras exploraciones (1948) se efectuaron en Malaya, remitiendo *Encarsia* (= *Prospaltella*) *divergens* Silvestri y *E. smithi* Silvestri que no lograron sobrevivir. La segunda búsqueda de enemigos naturales se realizó en India y Pakistán, de donde se importaron *E. clypealis* Silv., *E. perplexa* (= *opulenta* Silv.), *E. smithi* Silvestri y *Amitus hesperidum* Silvestri, resultando ser los parasitoides más importantes.

La liberación múltiple de las especies importadas de India y Pakistán (*A. hesperidum*, *E. perplexa*, *E. clypealis* y *E. smithi*) permitió el control de la mosca prieta en todas las áreas cítricas del país, sin embargo la eficiencia de cada una varió de acuerdo a la densidad poblacional de la plaga y a las condiciones climatológicas de las diversas regiones ecológicas donde fueron liberados. Por ejemplo, *A. hesperidum* debido a su baja capacidad de búsqueda y a su hábito gregario fue más eficaz en controlar rápidamente poblaciones altas de la mosca prieta (Flanders 1969, Nguyen *et al.* 1993); en contraste, *E. perplexa* y *E. clypealis* que presentan una alta capacidad de búsqueda fueron mejores a bajas densidades de población de *A. woglumi* (Flanders 1969, Nguyen *et al.* 1993, Nguyen y Sailer 1987). Con base en lo anterior, resulta recomendable liberar *A. hesperidum* en altas densidades de población de la mosca prieta y después *E. perplexa* (Jiménez 1971). Desde el punto de vista climático, las poblaciones de *A. hesperidum* se ven afectadas cuando se presentan temperaturas altas con prolongados periodos de sequía, en cambio *E. perplexa* debido a su adaptabilidad a condiciones climáticas extremas, puede utilizarse en lugares de cálido-húmedo, cálido-seco y templado, mientras que *E. clypealis* sólo causará impacto sobre la población de *A. woglumi* cuando se presente en una región con clima cálido-húmedo (Jiménez 1971), por lo tanto se presume que *E. perplexa* es el factor de mortalidad de mosca prieta más importante en el norte de México, mientras que *E. clypealis* lo es en el sur (Smith 1958). En promedio, el parasitismo combinado de las tres especies en las áreas cítricas del país alcanza más del 85%. *Encarsia smithi*, especie que en un principio se consideró ejercería un control efectivo, no fue un factor de control significativo debido a que fue desplazada por las tres especies anteriormente citadas.

Este caso representa el primer programa de control biológico exitoso para México y que después de 65 años de haberse realizado la introducción de estos parasitoides, las poblaciones de mosca prieta no representan un problema fitosanitario para la citricultura, a menos que haya un manejo inadecuado de insecticidas que elimine a estos enemigos naturales, situación que se ha venido presentando en la actualidad debido al uso inadecuado de insecticidas en el control de *Diaphorina citri*, vector del agente causal del HLB de los cítricos. Actualmente cualquier incremento poblacional de mosca prieta de los cítricos puede disminuirse con movilizaciones de parasitoides a los sitios donde las poblaciones de la plaga son altas.

Información detallada sobre este programa puede encontrarse en Arredondo-Bernal *et al.* (2008).

### **Escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi* (Maskell)**

La escama algodonosa de los cítricos representó para Estados Unidos una de las plagas más dañinas para la citricultura de ese país. Considerando que la distribución de *Icerya purchasi* Maskell abarcó México y que su potencial de daño podría afectar a los cítricos, se llevó al cabo la introducción desde California, E.U.A., de la mundialmente conocida vedalia *Rodolia cardinalis* (Mulsant). Aunque las poblaciones de la escama algodonosa no provocaron problemas serios, las liberaciones de *R. cardinalis* fueron dirigidas a poblaciones de *I. purchasi* concentradas en leguminosas del Distrito Federal (Coronado 1965); actualmente no se tienen reportes de problemas fitosanitarios provocados por este insecto. Durante 2009, *I. purchasi* fue detectada en Sonora, sin representar un problema de consideración (obs. personal).

### **Escamas de los cítricos**

Las escamas de los cítricos, particularmente la escama purpúrea (*Lepidosaphes beckii* Neum.) y la escama roja de Florida (*Chrysomphalus aonidum* L.), causaron alarma entre los citricultores mexicanos durante la década de 1950, por lo que el Dr. Hebert D. Smith y Dr. Paul DeBach, conociendo la problemática que envolvía a la citricultura nacional, importaron, en 1954, desde Riverside, California, E.U.A., los afelínidos *Aphytis lepidosaphes* Compere y *A. holoxanthus* DeBach; el primer parasitoide mencionado fue liberado en las zonas del Pacífico y del Golfo de México, la segunda especie, originaria de Israel, se encuentra distribuida en la región noreste y noroeste del país. Para 1955 el establecimiento de *Aphytis lepidosaphes* era evidente en los sitios donde fue liberado; importaciones adicionales con material procedente de California, E.U.A., y 3 mil 800 parasitoides adultos de Texas en 1956, así como dos embarques procedentes de California, fueron introducidos a México y liberados en los estados de Nayarit, Tamaulipas y Chiapas (Clausen 1978). Los mayores problemas de la escama purpúrea se presentaron en las regiones subtropicales. Para 1962, la escama purpúrea no representó problema; actualmente el control biológico de esta plaga es efectivo en todo el país (Clausen 1978).

Otro afelínido importado en 1956 y que se desconoce si está establecido es *Casca smithi* Howard, parasitoide de escama roja de Florida procedente de Hong Kong. Otras especies de Afelinidae que fueron importadas desde E.U.A. para el control de la escama roja de California, *Aonidiella aurantii* Maskell, fueron *Aphytis chrysomphali* Mercet, *A. linganensis* Compere y *Encarsia perniciosi* Tower. Información detallada sobre este programa puede encontrarse en González-Hernández *et al.* (2015).

### **Escama algodonosa de los pastos, *Antonina graminis* Maskell**

Otro programa de relevancia, realizado a finales de la década de 1950, fue el control biológico de la escama algodonosa de los pastos *Antonina graminis* Maskell; este diáspidido exótico, probablemente de origen asiático, se presume fue introducido del sureste de Estados Unidos y representó un serio problema en los agostaderos de la región de la Huasteca y otros estados del sureste de México (Rivera 1972). Al igual que otras plagas se intentó combatirla utilizando insecticidas químicos, sin embargo la ineficacia de los mismos fue debida a la gruesa capa cerosa de la escama y a los hábitos de fijarse en las raíces y en los nudos que impedían que los químicos llegaran a afectarla; debido a esto, se optó por la importación de *Apoanagyrus* (= *Anagyrus*) *antoninae* Timberlake, parasitoide gregario de la familia Encyrtidae. Los envíos consistieron en mil 723 especímenes, los cuales fueron criados y liberados en distintas regiones del país. Este parasitoide se estableció en las zonas templadas y con humedad relativa alta, ejerciendo buen control sobre *A. graminis* (Coronado y Sosa 1966, Jiménez 1961-63, Bartlett 1978, Dean 1960), no obstante en regiones donde las temperaturas fueron altas y la humedad relativa baja el control no fue satisfactorio, razón por la cual se importaron, en 1959, 2 mil especímenes del encírtido gregario *Neodusmetia* (= *Dusmetia*) *sangwanii* Subba Rao (Coronado y Sosa 1966), para complementar la acción de *A. antoninae*. Otros encírtidos introducidos desde E.U.A. y liberados para el control de la escama sin obtener éxito en su colonización, fueron *Anagyrus diversicornis* Mercet y *Pseudectroma europaeum* Mercet. Este caso representa otro éxito más de control biológico en México.

Información detallada sobre este programa puede encontrarse en Coronado-Blanco *et al.* (2008).

### **Pulgón manchado de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Monell)**

El pulgón manchado de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Monell) [= *maculata* (Buckton)], se introdujo en México en 1955 después de que en 1954 fue importado accidentalmente en los E.U.A. Este pulgón, originario del oeste de la región paleártica, se diseminó rápidamente a través de las zonas productoras de alfalfa del país, por lo que su presencia llegó afectar al cultivo, ocasionándole clorosis y pérdidas de significancia. Debido a las experiencias que había tenido México con el control biológico de algunas plagas, se decidió establecer un programa de control biológico clásico. Así, entre 1957 y 1958, y como parte de un programa cooperativo entre la Dirección de Defensa Agrícola y la Oficina de Estudios Especiales, ambas de la Secretaría de Agricultura, se importaron desde California, E.U.A., a *Aphelinus asychis* Walker confundido con *Aphelinus semiflavus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae), y los bráconidos *Praon exsoletum* (Ness) (= *P. palitans*) Muesebeck y *Trioxys complanatus* Quilis Pérez (= *Trioxys utilis* Muesebeck), mismos que fueron liberados en campos de alfalfa de la región central de México (Padilla 1958, Jiménez 1959, Coronado 1959); sin embargo, la falta de condiciones ambientales apropiadas y la ocurrencia de factores adversos como lluvias fuertes, impidieron su establecimiento. Posteriormente se importaron de Nueva Jersey, E.U.A., otros lotes de las mismas especies parasitoides y se liberaron en alfalfares del área de Chapingo, Estado de

México, de los cuales se recuperaron poblaciones de parasitoides adultos de generaciones posteriores. Actualmente se conoce que están presentes y establecidos, no obstante se desconoce hasta ahora el impacto de éstos sobre las poblaciones del pulgón manchado. Coronado (1959) registró también a *Aphidius matricariae* Hal. como parasitoide introducido a México junto con las tres especies que ya estaban dando buenos resultados en E.U.A. Se conoce también que *P. exsoletum*, *T. complanatus* y *A. asychis* ingresaron de manera natural a Baja California, Sonora, Coahuila y Chihuahua procedentes principalmente de California, Arizona y Nuevo Mexico, E.U.A. (Jiménez 1958).

Una descripción completa de este programa de control biológico es ofrecida por Bravo-Mojica *et al.* (2015).

## Casos recientes

### **Cochinilla rosada del hibiscus, *Maconellicoccus hirsutus* (Green)**

Esta plaga ha sido considerada una amenaza para la agricultura, así como para la industria forestal y de invernaderos. Ataca a una diversidad de plantas entre las que se encuentran la anona, cafeto, calabaza, cacao, carambolo, chirimoya, cítricos, espárrago, frijol, guanábana, guayaba, hibiscus, mango, mora, neem, soya, parotas y teca, por mencionar algunos. En 1994, invadió a la isla de Granada en el Caribe, dispersándose posteriormente a más de 25 islas caribeñas, la Guyana en el Sur de América, Belice en Centroamérica, y en 1999 se presentó en el sur de California, E.U.A., y Mexicali, B.C. en México. La cochinilla rosada del hibiscus ataca a más de 200 plantas de 75 familias (Santiago-Islas *et al.* 2008).

En agosto de 1996, *Anagyrus kamali* (parasitoide exótico) fue liberado en St. Kitts; en un periodo de dos años, la densidad de población se redujo en un 94% en toda la isla. En 1997, la misma tecnología fue transferida a las Islas Vírgenes de los Estados Unidos de América, donde la densidad de población se redujo en 90% en St. Thomas y 94% en St. Croix (Meyerdirk *et al.* 2000). El parasitoide *Gyranusoidea indica* de Egipto también fue liberado, no obstante predomina *A. kamali* (Meyerdirk *et al.* 2000).

Tomando en cuenta la posible dispersión de la cochinilla rosada en México, los atributos de los parasitoides y la experiencia obtenida en las islas caribeñas, se ejecutaron medidas sanitarias de protección, donde se establecieron estrategias de aplicación de insecticidas, corte y quema de árboles infestados; asimismo se liberaron en septiembre de 1999, mil 600 especímenes de *A. kamali* y 600 de *G. indica* en 9 puntos de la Cd. de Mexicali, B.C. sobre plantas de mora, obelisco, toronja y algarrobo. Dichos parasitoides fueron traídos de Puerto Rico, logrando recuperar poblaciones de ambos parasitoides.

No obstante al plan de protección establecido, en enero de 2004, se diagnóstica la presencia de cochinilla rosada en Bahía de Banderas, Nayarit y posteriormente en Puerto Vallarta, Jal., por lo que se establece un plan emergente fitosanitario contra *Maconellicoccus hirsutus* Green, que incluye al control biológico como parte de la estrategia de combate. Para ello, desde abril de 2004, se importaron poblaciones de *A. kamali* desde Belice y Puerto Rico, ascendiendo hasta diciembre de 2005 a más de 385 mil 827 (este dato incluye poblaciones de *Gyranusoidea indica* importadas de Puerto Rico). Los parasitoides son más eficientes cuando las poblaciones de cochinilla son bajas.

Como parte del plan, se trabajó también con el depredador *Cryptolaemus montrouzieri*, que es efectivo cuando las densidades poblacionales de la cochinilla son altas. Las poblaciones de depredador fueron importadas desde Canadá y California, además de especímenes reproducidos a nivel nacional; hasta 2014 se han liberado 7 millones 576 mil 070 individuos. Las liberaciones iniciaron en junio de 2004 y desde entonces se han recuperado poblaciones de este depredador. En los sitios de liberación, la poblaciones de *M. hirsutus* se han reducido hasta en más de un 95% (Santiago-Islas *et al.* 2008); es imprescindible indicar que las cantidades liberadas disminuyeron drásticamente hasta el 97% posterior al 2008, debido a que los niveles de población de cochinilla rosada son bajos. Actualmente se realizan liberaciones en nuevos sitios de invasión.

Es importante mencionar que cuando los niveles de cochinilla son bajos, el depredador tiende a emigrar y el parasitoide es cuando se desempeña mejor. Actualmente la cochinilla rosada amplió su distribución a Jalisco, Nayarit, Colima, Michoacán, Sinaloa, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Baja California, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz, Tamaulipas, Tabasco, Hidalgo, Baja California Sur, San Luis Potosí, Campeche y Morelos.

El efecto del depredador y del parasitoide, en la mayoría de los casos, provoca reducciones de la densidad de población de CRH de hasta 98%. Este escenario se presenta en todas las áreas donde se ha liberado *C. montrouzieri* y *A. kamali*. Actualmente los poblaciones de cochinilla rosada en hospederos como carambolo, guanábano, mango, guayaba china, obelisco, teca, yaca, en todo el área marginal y urbana es menor a 0.5 cochinillas rosadas por brote.

Debido al éxito del programa y adicionalmente a la estrategia clásica de control biológico, el Gobierno Federal de México construyó un Laboratorio Regional de Reproducción de Agentes de Control Biológico en Valle de Banderas, Nayarit, con el propósito de iniciar la reproducción masiva de *A. kamali*. El laboratorio inició sus operaciones en octubre de 2005 y actualmente tiene una capacidad instalada para producir cuatro millones de individuos por mes, por lo que es el primero en su tipo a nivel mundial con esta característica (Santiago-Islas *et al.* 2008). Este Laboratorio ha producido hasta junio de 2016 más de 289 millones de individuos de *Anagrus kamali*, de los que aproximadamente el 70% se libera en campo, de igual manera se han producido desde octubre de 2011 hasta junio de 2016 arriba de 763 mil individuos de *C. montrouzieri*.

Tanto *A. kamali* como *C. montrouzieri* son agentes de control biológico ya establecidos en los sitios donde se han liberado. Es necesario mencionar que actualmente la cochinilla rosada no es un insecto de importancia económica; los huertos con plantas cultivadas pueden mantenerse libres de cochinilla siempre y cuando mantengan limpias de maleza y otras plantas hospederas sus unidades de producción y los lienzos. Este programa es uno de los casos exitosos más recientes de control biológico clásico y por aumento en México.

Mayor información sobre este caso puede consultarse en Santiago-Islas *et al.* (2008).

### **Psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Kuwayama)**

La implementación del control biológico del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* [Kuwayama]) (PAC) en México, se está llevando a cabo por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal. Se cuenta con dos Laboratorios: el primero, ubicado en Tecomán, Colima, como parte de la infraestructura del Centro Nacional de Control Biológico, y cuyo objetivo es realizar acciones para la generación y transferencia tecnológica en el uso de organismos benéficos como agentes de control biológico del PAC, así como la producción de *Tamarixia radiata*; mientras que el segundo tiene como objetivo único la producción masiva de *T. radiata* en infraestructura creada para tal fin en Mérida, Yucatán.

Este programa y su implementación es desarrollado por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, mismo que ha implicado la generación de conocimiento para validar, desarrollar y mejorar las técnicas de producción masiva del parasitoide *T. radiata* para su liberación en áreas específicas, asimismo como la búsqueda de otras alternativas útiles para mantener bajas las poblaciones de *D. citri* mediante la aplicación de hongos entomopatógenos (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=27912>, <http://www.senasica.gob.mx/?doc=27913>).

En el proceso de reproducción de *T. radiata* están involucradas tres etapas, una está relacionada con la producción del mirto o limonaria *Murraya paniculata* L., otra con la producción de *D. citri* y termina con la tercer etapa que es la obtención del parasitoide. Cada etapa es determinante para lograr la producción en altas cantidades; en el Laboratorio de Colima, dicho programa inició operaciones a partir de enero de 2010. Desde el inicio de sus operaciones y hasta junio de 2016 se han producido más de 11.8 millones de parasitoides y ya se han liberado más de 9.4 millones en huertos abandonados y áreas urbanas con plantas hospederas de *D. citri* en Colima, Jalisco, Nayarit, Michoacán, Baja California Sur y San Luis Potosí, Sonora y Tamaulipas. Los criterios preliminares establecidos para tomar la decisión de dónde liberar son: (1) que sean áreas con cítricos o mirtos con brotación; (2) que haya poblaciones del PAC; y (3) que los huertos no tengan manejo intensivo de insecticidas. Parte de la generación del conocimiento incluye el seguimiento a las liberaciones y el impacto de este parasitoide sobre las poblaciones de *D. citri* (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=27912>, <http://www.senasica.gob.mx/?doc=27913>).



Con relación a los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico del psílido asiático, se ha desarrollado tecnología sobre selección de especies agresivas contra *D. citri*, producción masiva, formulación, buen uso de la tecnología y sistemas de aplicación, así como trabajos de seguridad biológica; al momento se han encontrado tres aislados de *Isaria javanica* (CHE-CNRCB 303, CHE-CNRCB 305, CHE-CNRCB 307) y uno de *Metarhizium anisopliae* (CHE-CNRCB 224) que resultaron virulentos contra ninfas y adultos de *D. citri*, mismos que forman parte y están ubicados en la Colección del CNRCB (Mellín-Rosas *et al.* 2009, Ayala-Zermeño *et al.* 2015). Por los avances que se tienen con los resultados de dichos aislados, la Dirección General de Sanidad Vegetal programó su uso dentro del Programa de Manejo de Área Regional de Control del Psílido Asiático de los Cítricos. Para 2012 y 2013 se llevó a cabo la aplicación de hongos entomopatógenos en 15,932 ha de cítricos; durante 2014 se programaron 23,849 ha; mientras que en 2015 se tienen como parte de los programas de trabajo de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal de Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas la aplicación en 15,978 ha.

En Mérida, Yucatán, el Laboratorio de Reproducción de *T. radiata* inició oficialmente operaciones a principios de julio de 2010; no obstante el trabajo previo ha permitido producir más de 28.5 millones de parasitoides desde marzo de 2010 hasta junio de 2016, lo que ha permitido liberar más de 24.5 millones de parasitoides en distintas áreas sin manejo del PAC de los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Oaxaca, Hidalgo y Yucatán (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=27929>).

Es necesario mencionar que este programa, por las características del mismo, es el primero en su tipo a nivel nacional e internacional. La implementación de esta tecnología nos llevará a contar con alternativas adicionales para el control del psílido asiático, ya que el uso único de insecticidas químicos provocaría un desequilibrio de las poblaciones de fitófagos albergados en los cítricos como la mosca prieta de los cítricos, escamas, pulgones, entre otros, que están reguladas por sus enemigos naturales. No obstante, cabe mencionar que en este caso el control biológico es una estrategia que debe ser integrada con otras formas de control.

Para el programa de aplicaciones de hongos entomopatógenos fue necesario transferir bajo licencia las cepas y la tecnología de producción con el objetivo de que Laboratorios Privados de Reproducción Masiva fueran los abastecedores de estos insumos en el país.

### **Programa en desarrollo**

Una de las principales funciones del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico es desarrollar tecnología de control biológico de plagas reglamentadas y de reciente introducción al país y de esta manera contar oportunamente con herramientas que permitan integrarse en estrategias de manejo determinadas por la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA. A continuación se describe un caso de control biológico de plagas agrícolas reglamentadas en desarrollo.

### **Mosca del vinagre de alas manchadas *Drosophila suzukii* (Matsumura)**

*Drosophila suzukii* (Matsamura) puede causar severas pérdidas económicas al desarrollarse en cultivos de arándanos, frambuesa, zarzamora, fresa, cereza, uva, entre otros (Walsh et al. 2011); es una especie invasiva, polífaga y nativa del sureste de Asia (Cini et al. 2012) y tiene potencial de expansión y habilidad para causar daño económico en sus hospederos, ya que oviposita y se alimenta de frutos sanos a diferencia de las otras especies de *Drosophila* que se alimentan de frutos en proceso de fermentación (Cini et al. 2012).

En América, *D. suzukii* fue introducida a Hawaii en 1980 (Berry 2012); posteriormente fue detectada encontrada en California, E.U.A., durante el 2008 (Bolda et al. 2010), de donde se dispersó hacia Oregón, Washington, Florida, E.U.A., y Canadá; ya para enero de 2012 fue reportado en 27 estados de los E.U.A. (Dreves et al. 2012). En noviembre de 2011, *D. suzukii* fue registrada para México en el estado de Michoacán; subsecuentemente en Colima, Jalisco y Baja California (CABI 2012).

Existen múltiples agentes de control biológico en estudio que podrían utilizarse para controlar las poblaciones de *D. suzukii*, entre éstos, insectos parasitoides (Cini et al. 2012). En relación al desarrollo de tecnología de control biológico mediante el uso de insectos entomófagos, el CNRCB ha utilizado trampas centinela en campo con los diferentes estados biológicos de *D. suzukii* (larvas y pupas en platano como sustrato) con la intención de capturar entomófagos parasitoides, teniendo como resultado la obtención de *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Pteromalidae) (Moreno-Carrillo et al. 2014), *Spalangia simplex* Perkins (Pteromalidae) y *Trichopria drosophilae* Perkins) (Diapriidae) como parasitoides de pupa y *Leptopilina boulardi* Barbotin (Figitidae) detectado como parasitoide de larvas (García-Cancino et al. 2015). Actualmente se trabaja en el desarrollo de metodologías de reproducción y evaluación de efectividad contra esta mosca.

También se ha generado información sobre hongos entomopatógenos, en pruebas de laboratorio se evaluó la susceptibilidad de adultos de esta mosca hacia cepas de *Isaria javanica*, así como a cepas de *Metarhizium anisopliae*, siendo *I. javanica* la que causó mayor mortalidad (85%) (Naranjo-Lázaro et al. 2014).

Se continúa trabajando con el desarrollo de tecnología con la finalidad de estar en posibilidad de ampliar el conocimiento y generar un programa de control biológico de esta plaga reglamentada.

## Bibliografía

ALATORRE-ROSAS, R.; HERNÁNDEZ-ROSAS, F. 2015. Mosca pinta, *Aneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Hemiptera: Cercopidae). In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados.

ANÓNIMO. 1963. Control biológico de la mosca prieta en México. Fitófilo (37): 6-41.

ARREDONDO-BERNAL, H.C.; MELLÍN ROSAS, M.A.; PÉREZ SERRATO, P.; MARTÍNEZ-SORIANO, J.P. 2002. Control biológico del pulgón café *Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos. 2ª. Edición. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, México, D.F. 186p.

ARREDONDO-BERNAL, H.C.; MELLÍN ROSAS, M.A.; JIMÉNEZ JIMÉNEZ, E. 2008. Mosca Prieta de los Cítricos, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. 2008. Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

ARREDONDO-BERNAL, H.C.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A. 2010. Avances en el control biológico de *Diaphorina citri* en México. 2° Taller Internacional sobre el Huanglongbing y el Psílido Asiático de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA. Mérida, Yucatán, México.

ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. 2015. Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados. 413 p.

ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2015. Directorio de Laboratorios Reproductores y Comercializadores de Agentes de Control Biológico. Obtenido de la Red Mundial el 21 de septiembre de 2015. <http://www.senasica.gob.mx/?id=3164>).

AYALA-ZERMEÑO, M.A.; GALLOU, A.; BERLANGA-PADILLA, A.M.; SERNA-DOMÍNGUEZ, M.G.; ARREDONDO-BERNAL, H.C.; MONTESINOS-MATÍAS, R. 2015. Characterisation of entomopathogenic fungi used in the biological control programme of *Diaphorina citri* in Mexico. Biocontrol Sci. Techn. 25(10): 1192-1207.

BRAVO-MOJICA H.; CHAVARÍN-PALACIO, C.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2015. Pulgón Manchado de la Alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Hemiptera: Aphididae). In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados.

BARRERA-GAYTÁN, J.F.; GÓMEZ; J. CASTILLO; A. LÓPEZ; E. HERRERA; J.; GONZÁLEZ, G. 2008. Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), pp. 102-120. In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

BARTLETT, B.R. 1978. Pseudococcidae, pp. 137-170. In: Clausen, C. P. (ed.), Introduced parasites and predators of arthropod pest and weeds: a world review. Handbook, Agriculture Research Service, United States Department Agriculture No. 480. 545p.

BERRY, J. A. 2012. Pest Risk Assessment: *Drosophila suzukii*: spotted wing drosophila (Diptera: Drosophilidae) on fresh fruit the USA. Ministry for Primary Industries. 42 p.

BOLDA, M.P.; GOODHUE, R. E; ZALOM, F.G. 2010. Spotted wing *Drosophila*: potential economic impact of newly established pest. Agric Resource Econ. Update, Univ. Calif. Giannini Foundation Agric. Econ. 13: 5-8.

CINI, A.; IORIATTI, C.; ANFORA, G. 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. Bull. Insectology 65: 149-160

CLAUSEN, C.P. 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. Handbook, Agriculture Research Service, United States Department Agriculture No. 480. 545p.

CORONADO-BLANCO, J.M.; RUÍZ-CANCINO, E; TRJAPITZIN, V.A.; MYARTSEVA S.N.; GAONA-GARCÍA, G. 2008. Escama Algodonosa de los Pastos, *Antonina graminis* (Hemiptera: Pseudococcidae). In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

CORONADO-PADILLA, R. 1959. Especialidad en Parasitología Agrícola. Revista Chapingo, Escuela Nacional de Agricultura, Vol. XII (74) : 273-277. Chapingo, México.

CORONADO-PADILLA, R. 1965. Breve historia del uso de enemigos naturales para el combate de plagas agrícolas en México. *Fitófilo* 45: 5-10.

CORONADO PADILLA, R.; SOSA ESQUILIANO, E. 1966. Campaña contra la mosca pinta y la escama algodonosa de los pastos. *Fitófilo* 50: 5-51.

DEAN, H.A. 1960. Introduction and establishment of *Anagyrus antoninae* on rhodes grass scale in México. *Jour. Econ. Ent.* 53: 694-695.

FLANDERS, S.E. 1969. Herbert D. Smith's observations on citrus blackfly parasites in India and Mexico and the correlated circumstances. *Canadian Entomologist* 101: 467-480.

GARCÍA-CANCINO, M.D., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. GONZÁLEZ-CABRERA, J.; MORENO-CARRILLO, G.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2015. Parasitoides de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) en Colima, México. *Soutwest. Entomol.* (en prensa)

GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; LOMELÍ-FLORES J.R.; MYARTSEVA, S.N. 2015. Escamas (Hemiptera: Disapididae; Coccidae) en cítricos. *In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados. . 413 p.*

HERNÁNDEZ-V., V.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2003. Formulación y aplicación d cepas natives de *Metarhizium anisopliae acridum* Driver & Milner (Hyphomycetes) para el control de *Schistocerca piceifrons* Walter (Orthoptera: Acrididae) en México. *Vedalia* 9-10: 85-91.

HUNTER, C.D. 1997. Suppliers of beneficial organisms in North America. California/EPA's, Department of Pesticide Regulation. Obtenido en la Red Mundial el 7 de octubre de 2006. <http://www.cdpr.ca.gov/docs/ipminov/bscover.htm>

JIMÉNEZ, E. 1958. El empleo de enemigos naturales para el control biológico de insectos que constituyen plagas agrícolas en la República Mexicana. *Fitófilo*, 11(21), 5-24.

JIMÉNEZ, J.E. 1959. El empleo de enemigos naturales para el control biológico de insectos que constituyen plagas agrícolas en la República Mexicana. *Revista Chapingo, Escuela Nacional de Agricultura, Vol. XII (73): 191-208.*

JIMÉNEZ-JIMÉNEZ, E. 1961-63. Avances y resultados del control biológico en México. *Fitófilo* 38: 34-45.

JIMÉNEZ-JIMÉNEZ, E. 1971. Comportamiento de los enemigos naturales de la mosca prieta de los cítricos en la República Mexicana. *Fitófilo* 24: 2-6.

LOMELI-FLORES, R.; PEÑA-MARTÍNEZ, R.; VILLEGAS-JIMÉNEZ, N.; TREJO-LOYO A.G. 2008. Pulgón del melón, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), pp. 137-153. *In*: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

MARTÍNEZ-CARRILLO, J.L.; NAVA-CAMBEROS, U.; ARREDONDO-BERNAL, H.C.; AGUILAR-MEDEL, S. 2015. Mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *In*: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados. . 413 p. (ISBN: 978-607—715-258-3).

MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, M. 2008. Lirio acuático, *Eichhornia crassipes* (Diptera: Muscidae), pp.415-423. *In*: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, M. 2010. Control biológico de plantas acuáticas exóticas invasoras, pp. 223-232. *En*: MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, M. Y MEDAL, JULIO (eds.), IV Curso-Taller Latinoamericano en Control Biológico de Malezas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, FAO. Agosto de 2010, Jiutepec, Morelos, México. 248 p.

MELLÍN-ROSAS, M.A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; FAVLEA-ROJAS, G.; CRUZ-ÁVALOS, A.M.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2009. Selección de cepas de hongos entomopatógenos como agentes de control microbiano de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), pp. 410-415. *En*: ZAPATA-MATA, R.; CONTRERAS SÁNCHEZ, W.M.; GRANADOS BERBER, A.A.; ARRIAGA WEISS, S.L (eds.), Memorias del XXXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico y Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 4-6 de noviembre de 2009, Villahermosa, Tabasco.

MEYERDIRK, D.E.; WARKENTIN, R.; ATTAVIAN, B.; GERSABECK, E.; FRANCIS, A.; ADAMS M.; FRANCIS, G. 2000. Taller de transferencia de tecnología en control biológico de la cochinilla rosada del hibiscus, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). Dirección General de Sanidad Vegetal, Organización Norteamericana de Protección a las Plantas, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura y Sociedad Mexicana de Control Biológico. 8-10 de Febrero de 2000, Colima, Col.

MORENO-CARRILLO, G.; RODRÍGUEZ-VÉLEZ, B.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2014. Trampeo y Registro del Parasitoide *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) en México Southwest. Entomol. (en prensa).

NARANJO-LÁZARO, J.M.; MELLÍN-ROSAS, M.A.; GONZÁLEZ-PADILLA, V.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; MORENO-CARRILLO G.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2014. Suceptibilidad de *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) a hongos entomopatógenos. Southwestern Entomologist. 39:1

NGUYEN, R.; HAMON, A.V. 1993. Citrus blackfly, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Homoptera: Aleyrodidae). Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Division of Plant Industry. Entomology Circular No. 360, 1-3.

NGUYEN, R.; SAILER R.I. 1987. Facultative hyperparasitism and sex determination of *Encarsia smithi* (Silvestri) (Hymenoptera: Aphelinidae). Annals of the Entomological Society of America 80: 713-719.

PADILLA, A.R. 1958. El pulgón manchado de la alfalfa *Therioaphis (Pterocallidium) maculata* (Buckton) en México; en Memoria del Primer Congreso Nacional de Entomología y Fitopatología, Chapingo, Mex. 608 p.

PALOMARES-PÉREZ, M.; RODRÍGUEZ-VÉLEZ, J.M.; RODRÍGUEZ-VÉLEZ, B.; MARÍN-JARILLO, A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; ARREDONDO-BERNAL, H.C. 2015. First record and predatory activity of *Exochomus marginipennis* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Entomological News 125: 191-195.

RIVERA G., R. 1972. La escama algodonosa de los pastos (*Antonina graminis* Mask.), infestación, daños y control en el sureste de México. Fitófilo 67: 3-26.

RSPM 26. 2014. Certification of commercial arthropod biological control agents moving into NAPPO member countries. Obtenido en la Red Mundial, el 18 de Septiembre de 2015. <http://www.nappo.org/files/7214/3895/7668/RSPM26Rev2014-e.pdf>

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J.A.; MELLÍN-ROSAS, M.A.; ARREDONDO-BERNAL, H.C.; VIZCARRA-VALDEZ, N.I.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ A.; MONTESINOS-MATÍAS, R. 2015. Psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México, Vol. 2, Editorial Fundación Colegio de Postgraduados.

SANTIAGO-ISLAS, T.; ZAMORA CRUZ, A.; FUENTES TEMBLADOR, E.A.; VALENCIA LUNA, L.; ARREDONDO BERNAL, H.C. 2008. Cochinilla Rosada del Hibiscus, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), pp. 177-191. In: ARREDONDO-BERNAL, H.C.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L.A. (eds.), Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundiprensa, México-España. 423 p.

SMITH, H.D. 1945. La mosca prieta de los cítricos en la Costa Occidental de México y la importación y colonización de *Eretmocerus serius* Silvestri, para su control. Fitófilo 4(2): 67-103.

SMITH, H.D. 1958. Las interrelaciones de los enemigos naturales de la mosca prieta de los cítricos en México. Fitófilo 21: 31-36.

WALSH, D.B.; BOLDA, M.P.; GOODHUE, R.E.; DREVES, A.J.; LEE, J.; BRUCK, D.J.; WALTON, V.M.; O'NEAL, S.D.; FRANK, G.Z. 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. Pest Manag. Sci. 106: 289-295.



## **Retos para la citricultura colombiana. Caso *Diaphorina citri*.**

Juan Humberto Guarín Molina.

*Investigador PhD Entomología. Corpoica. CI La Selva.*

En el sistema de cultivo de cítricos se presenta la gran diversidad de microorganismos asociados a la regulación de poblaciones de artrópodos, habiéndose conducido en muchos casos a demostrar lo innecesario de aplicaciones intensivas de insecticidas; el uso excesivo de pesticidas ha conducido a 1) el riesgo de la contaminación ambiental, 2) el desarrollo de resistencia a pesticidas, 3) a la irrupción de plagas secundarias, 4) contaminación de productos alimenticios, como consecuencia, se hace necesario mejorar en el conocimiento e identificación de plagas, conocimiento de biología estacional, conocimiento de dinámica estacional de plagas y de sus enemigos naturales (McCoy et al. 2009).

McCoy et al. (2009) argumentan cómo en realidad pocos artrópodos alcanzan importancia económica en los huertos cítricos en La Florida, y que solo el 10% de las plagas alrededor del mundo alcanzan la categoría de importancia económica, de manera que una importante fracción de las plagas tienen factores naturales de supresión que es causada por factores bióticos, como artrópodos parásitos que se desarrollan en sus hospederos, depredadores que consumen sus presas y patógenos que infectan a sus hospederos.

*Diaphorina citri*, conocido mundialmente como el Psilido Asiático de los Cítricos (PAC) es afectado en el continente americano por varias especies de depredadores generalistas, los tres instares larvales de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa*, consumen ninfas pequeñas (I y II instar) de *D. citri*. Con la ventaja de que están disponibles comercialmente adicional a que existe la cultura de su favorecimiento en condiciones de campo cuando se encuentra en los cultivos comerciales (Pacheco-Rueda, et al, 2015), esto en condiciones controladas de laboratorio y con el proceso de validar, su uso contra el PAC. Ya en condiciones de invernadero por encima de 30°C en Bello Antioquia y con plantas de *Murraya paniculata* sin exposición a insecticidas y con elevados niveles de infestación por el PAC, se evaluó el comportamiento depredador de *C. externa*, para esto se confinaron 100 larvas de primer instar, alimentadas con huevos de *Sitotroga cerealella* mientras duró el transporte del envío, en grupos de a uno, tres y seis plantas severamente infestadas por la plaga, para lo que se colocó el número de plantas infestadas en jaulas entomológicas herméticas, en material de tul de manera que se impidiera el flujo de individuos del PAC, del depredador a evaluar así como otros artrópodos, determinándose que en 24 horas el depredador consumió la totalidad de huevos e inmaduros del PAC y que solo persistían los adultos, esto último indica la capacidad de búsqueda, la voracidad del depredador y que escapaban los adultos de la plaga garantizando una permanente presión sobre la descendencia del PAC, para poder consumir otras presas propias de las rutáceas. (Guarín, 2016).

Si al respecto de la preferencia y eficacia, así como la capacidad de búsqueda de las larvas de crisopidos sobre insectos de cuerpo blando en sistemas como cítricos, y de su relativa tolerancia a pesticidas usados en la agricultura, los ubica como uno de los incuestionables integrantes del conjunto de herramientas para el manejo del PAC, no solo en áreas urbanas, huertos orgánicos, y lugares de difícil acceso para aplicación de insecticidas, sino también para ser usados en ambientes de viveros e invernaderos de cítricos que por alguna razón sufren de explosiones poblacionales del PAC.

## El PAC en Colombia

Considerando los antecedentes de la presencia de *Diaphorina citri* en Colombia, el reporte oficial fue hecho por el ICA en octubre de 2007 (King, 2007); esto condujo al inicio trabajos de vigilancia fitosanitaria, al desarrollo de investigación de agentes reguladores de sus poblaciones en condiciones de campo bajo las condiciones del país (Guarín, 2015), a trabajos de comunicación del riesgo (simulacros) adelantados en apoyo al ICA y apoyo fundamental con asociaciones y formas organizativas de los productores de cítricos, al levantamiento de enemigos naturales en Colombia (Kondo, 2015). Se dio la conformación de la mesa temática HLB bajo el liderazgo del ICA a instancias del MADR en una coyuntura del trabajo por cadenas productivas y la interesante figura de la secretaria técnica de cadena, y en este escenario conformar una línea de trabajo en generación de alternativas de manejo diferentes al control químico convencional.

La enfermedad del HLB de los cítricos o Huanglongbing de los cítricos con el agente causal la bacteria *Candidatus Liberibacter* sp. es considerada en la actual centuria la más devastadora del cultivo de los cítricos, con *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) y *Triosa erytraeae* sus vectores a nivel mundial, el primero presente a nivel mundial, el segundo en África y Asia (McCoy et al, 2009). *D. citri* se encuentra distribuido a nivel mundial, la enfermedad presenta el mismo patrón y, hasta el momento, la principal medida de control de la enfermedad es por medio de la disminución de las poblaciones del insecto enmarcado al uso de agroquímicos, principalmente insecticidas sistémicos de contacto a los que el insecto es bastante sensible, aun así con abundantes los episodios de resistencia dadas las características de su estrategia reproductiva.

Mamoto *et al*, (2015) documentan que la transmisión de *Ca. L.* mediante *D. citri*, es un proceso que comprende un periodo de adquisición, que ocurre cuando las ninfas o adultos, al alimentarse, adquieren la bacteria. También se presenta un periodo de latencia, necesario para que la bacteria se multiplique en el cuerpo del insecto. Posteriormente hay un periodo de Inoculación, que ocurre cuando el insecto infecta la planta con la bacteria. Se sabe que un insecto adulto, puede adquirir el patógeno en 30 minutos, permaneciendo la bacteria en un periodo de latencia de 21 días (Rogers & Stansly 2012, citado por: Yamamoto *et al.*, 2015) antes de la transmisión. (CAN, 2015).

Adicionalmente la CAN (2016) advierte que en la actualidad, América Latina se encuentra frente a un patrón de dispersión totalmente opuesto al que debería presentar si el insecto vector fuese considerado como la principal fuente de dispersión, ya que se muestra un patrón sumamente disperso y de rápida expansión. Es por esta razón que toma fuerza la hipótesis de que la causa principal de la gran velocidad de dispersión a nivel mundial y regional del HLB es el material de propagación infectado. En Colombia Corpoica ha identificado esta evidente necesidad de que la producción de material de propagación debe de material idóneo Para fortalecer la estrategia se considera el suministro de material limpio certificado de variedades comerciales para repoblamiento en algunas zonas en los próximos meses y años para lo cual el CI Palmira está produciendo este material en las 15 variedades. Igualmente se menciona la importancia de rescatar naranjas de la Depresión Momposina.

Existe la colección del banco de germoplasma de cítricos de la nación manejada por Corpoica en el CI Palmira. Esta se inició en 1933 con 112 materiales y luego se amplió con colectas de material criollo que en la actualidad representan el 35% de la colección. La totalidad de la colección ha sido sujeta a procesos de caracterización morfo-agronómica y parte de la colección (patrones) ha sido caracterizada molecularmente con RAMs y SSRs. También parte de la colección ha sido sujeta a limpieza sanitaria mediante micro-enjertación. La dificultad para escalar este plan de trabajo con material de propagación certificado como libre de patógenos radica en interesar a los consumidores y viveristas en su consumo y producción masiva en el país y superar dificultades cuarentenarias y de costos en el producto final.

Trabajando con el material vegetal establecido en campo, la búsqueda de alternativas de manejo de la plaga diferentes al control químico está a la orden del día, éstos, además de generar la expresión de la resistencia, conllevan a que se aumenten los costos dentro del manejo que se realice al cultivo de cítricos. El interés en buscar alternativas sostenibles para el manejo del vector es cada vez mayor; así el uso de hongos entomopatógenos, parasitoide, depredadores, insumos más amigables con el ambiente, así como determinar su compatibilidad, surgen como alternativa atractiva para reducir la aplicación de insecticidas en la citricultura colombiana.

### **Experiencias de manejo del PAC en diferentes regiones citrícolas del mundo**

En la Florida se establecieron las llamadas Citrus Health Management Areas (CHMAs) para aplicar los insecticidas de manera coordinada y simultánea. Esto ha implicado varias disyuntivas, pues se han aplicado insecticidas de amplio espectro, como los piretroides y los organofosforados, que acaban con la fauna benéfica, lo que plantea una difícil realidad en que pone a decidir entre dejar que prosperen las poblaciones del insecto y la enfermedad, o eliminarlas a pesar de la muerte de los organismos benéficos (McCoy et al 2009). En La Florida también se ha llevado a cabo control biológico a partir de especies de hormigas, arañas y mariquitas. Este coccinélido *Olla v-nigrum* puede consumir hasta el 90% de los psílidos. Sin embargo, se considera que las poblaciones del insecto PAC pueden crecer más rápido que las poblaciones de predadores, de hecho el PAC cuenta con bastantes factores de regulación. Hay

opiniones divididas en los US al punto de afirmar que el control biológico no es confiable y que de todas maneras se necesita insecticida (Rogers, 2014) para regular al insecto plaga.

En México bajo la dirección de SENASICA se adelantan diferentes trabajos y convenios en los que siempre se apunta a sincronizar actividades de campo con un interesante componente de comunicación, pues se tiene en cuenta que los elementos culturales son determinantes al momento de interactuar con los productores y trabajadores agrícolas.

En Colombia, en desarrollo de la estrategia de Areas Regionales de Control (ARCOS) liderada por el ICA, en la implementación del plan de choque para el manejo del vector por la presencia de la enfermedad HLB ha contado con la participación de las asociaciones de productores lo que le da un base social importante para el accionar y sincronización de actividades; cada ARCO tiene un alcance de alrededor de 10000-1500 has cada uno. Para atender la geografía citrícola del país existe un reto de gran magnitud.

### **Evolución de la percepción del riesgo del HLB en Brasil.**

Si bien en Brasil el PAC está registrado desde el año 1942, la presencia de la enfermedad HLB solo se dio en el año 2004, el historial de manejo de acaricidas en la industria de los cítricos llevaba a que esto pesara alrededor del 35% en la estructura de costos del negocio de cítricos (Marzabal et al. 2004) y a que por sobre exposición a las moléculas destinadas al manejo de los ácaros se hubiese desarrollado la resistencia a estos productos por parte del PAC.

Si bien inicialmente se realizaban bastantes aplicaciones dirigidas al PAC, en el momento actual se presta bastante atención a los agentes de control de la plaga, destacándose los trabajos realizados por Gómez-Torres et al (2014), en donde se llega a evidenciar la capacidad de radiación del principal parasitoide de estados inmaduros *Tamarixia radiata*, el que ha alcanzado a registrarse en alrededor del 80% del área citrícola del sudeste brasilero, que incluye a San Pablo y Minas Gerais.

### **Manejo del riesgo HLB en Colombia.**

La estrategia que el ICA puso en marcha como consecuencia de la presencia del vector y de la enfermedad HLB, ha consistido en: i) exclusión/contención con el fin de aislar el Departamento de la Guajira del resto del país; erradicar la población del vector con insecticidas de síntesis química y erradicar las plantas positivas. li) prevención para el resto del país. Basado en el despliegue de medios y herramientas para evitar que el vector colonice otras zonas productoras. Incluye estrategias de prevención con elementos biológicos y normativos. Estos elementos están contenidos en la normatividad ICA (ICA, 2015; ICA, 2016), así como en acuerdos vinculantes como la resolución CAN 1850 (CAN 2016).

Las herramientas para implementación de estrategia ARCO para el manejo del riesgo de la relación *D. citri* y HLB, son un aporte de investigación y su entrega a la comunidad se da a través del plan de vinculación de cítricos de Corpoica. Para esto se desarrollan actividades claves como el establecimiento y manejo de la Unidad de cría, bajo condiciones controladas, de *D. citri*, como soporte a los trabajos de investigación adelantados o en proceso, en huertos comerciales del suroeste y occidente antioqueños, así como a los departamentos citrícolas de Colombia.

Adicionalmente se ha evaluado el efecto de hongos entomopatógenos levantados directamente de campo afectando al PAC, lo que les reviste del potencial regulador sobre *Diaphorina citri*. Son trabajos con entomopatógenos para determinar el efecto de estos sobre la variación poblacional de *Diaphorina citri* en estados inmaduro y adulto, son tres los aislamientos seleccionados que se evalúan durante el año 2016 y Corpoica, para avanzar en el proceso de escalamiento según desempeño en campo, resultados y decisiones en 2016, para su inclusión en estrategia ARCO.

Corpoica y los eslabones de cadena, con participación de la asociatividad de productores (Citricauca, Citrieje, Citricaldas, Yuma, etc., ICA y actores de cadena de cítricos) en actividades de sensibilización y comunicación del riesgo HLB durante 2008-2016, participación en socialización de Resolución 2390 de Emergencia sanitaria por presencia de vector con *Candidatus Liberibacter* y de estrategias para el manejo del vector *D. citri*, participación con productores en espacios de manejo de citricultura en los diferentes núcleos citrícolas del país. Las labores de investigación relacionadas incluyen el desarrollo para entrega de un protocolo para producción de *Tamarixia radiata*, parasitoide de *D. citri*, contiene estudio de ciclos de vida e identificación de depredadores tanto del parasitoide como de *D. citri* con el propósito de hacer eficiente la producción de parasitoides y su escalamiento para protección de áreas citrícolas del país a través del manejo y contención de la plaga aun sin la enfermedad HLB. Adicionalmente el estudio de la dinámica poblacional del vector y momentos clave para emprendimiento de acciones, así como el efecto de moléculas sobre el insecto vector. Determinación del efecto de otros productos no insecticidas usados en canasta de cítricos sobre el vector *D. citri*.

### **Criterios para manejo de cercos vivos en cítricos:**

Según diferentes acercamientos se considera que en Colombia hay alrededor de 80.000 has establecidas en cítricos, y cerca del triple de esa área esta en cercos vivos, fundamentalmente swinglia, no solo para cítricos sino en avicultura, en ganadería, en plátano, y en avenidas y condominios; comparativamente el área establecida en mirto (*Murraya paniculata*) como cercos vivos es bien reducida, pues esta planta se encuentra en áreas relativamente cerradas y se han usado con fines ornamentales para producción de follaje para elaboración de arreglos florales. Así, el área a atender con rutáceas que son hospederos del PAC esta reducida a cítricos y a swinglia.

Desde el año 2007 en el que aún no se contaba con la presencia del PAC, se realizaron bastantes esfuerzos de socialización del impacto de la plaga en caso de hacerse presente en la citricultura colombiana, una vez presente se realizaron mayores esfuerzos pero sin mayor coordinación para unificación de estrategias de comunicación, adicionalmente el rol de monitores o personal especializado en las fincas cítricas para abordar estas tareas de muestreo de plagas ha sido bastante inestable y la percepción de la importancia de este trabajo es baja, en el mejor de los casos se valoriza al momento de las certificaciones BPA, pero se mantiene al monitor hasta que se obtiene la certificación, el rol de este trabajo en términos de prevención al crecimiento de las poblaciones de la plaga es de bajo perfil, tanto para el que lo realiza como para quien lo paga.

En esta línea, considerándose de poca importancia la participación de estas personas en el monitoreo del PAC en el cultivo de cítricos, menos va a ser si se considera la importancia de muestrear la presencia de la plaga en cercos vivos como es en la swinglia. Es cierto que en diferentes ambientes con swinglia se dedican importantes recursos al mantenimiento de estos setos, su mantenimiento induce a un crecimiento vegetativo importante y con ello a la permanente oferta de brotes que es el ambiente en que la hembra del PAC se concentra para garantizar su mantenimiento como especie, el control de la plaga en este ambiente es costoso e incierto.

Normalmente, las áreas establecidas con swinglia en los alrededores de condominios cuenta con adecuado mantenimiento con poda y de aplicación de agua aun en condiciones de baja precipitación pluviométrica, pues quedan cerca de la administración y sería evidente su descuido, llegan a tener mejor manejo que un huerto de cítricos; como se observa en Caldas en la campaña de Citricaldas “el buen vecino” , se hace énfasis en la participación de los condominios en la implementación de estrategias para el manejo de la plaga, la dificultad es que esto se maneje adecuadamente y tenga la misma acogida en el resto del país no cítrico pero con presencia de rutáceas como la swinglia.

La eliminación de este hospedero alterno como cerco vivo tiene entonces varias lecturas, una es la pérdida del valor estético con el cierre de registro y conservación de la privacidad de sus residentes, con un ambiente monótono y bajas posibilidades de establecimiento de enemigos naturales del PAC, a menos de que se establezca un plan de enriquecimiento de fauna benéfica, lo que implica liberaciones periódicas de Crisopas, importantes consumidores de ninfas de primero a tercer instar de *D. citri* (Pacheco-Rueda et al, 2015) o se favorezca la preservación e incremento de crisopas con diversificación de vegetación que estimule la presencia de adultos.

Para el interés de los citricultores la eliminación de la swinglia es importante y tiene un buen recibo pues logran concentrar los recursos financieros en el manejo de los cítricos y no de hospederos alternos a modo de cultivo trampa, pues se distrae recursos financieros y humanos en labores no propias de la actividad central, la producción de fruta; para el citricultor la importancia del cerco vivo no es determinante pues estos setos se han convertido en

escondites de la fruta robada, por el contrario, el tener registro visual de las actividades por dentro y fuera del predio citricultor es importante, no es trascendental el uso de la swinglia como cerco vivo.

Para los mismos citricultores puede existir otra lectura: la de mantener cercos vivos pero con otra composición vegetal, con hospederos diferentes a rutáceas, con distancia taxonómica de los cítricos y rutáceas, ya no para tener concentrado el PAC sino para albergar fauna benéfica que como insectos depredadores de amplio espectro (coccinelidos, crisopas, anthocoridos, Zelus, libélulas), aves insectívoras y frugívoras, ofrezcan un servicio a la actividad central de producción de fruta, conectando como sistema a la vegetación de gran porte que es normal en el ecosistema cítrico que cuenta con sectores arborizados (parte de los huertos cítricos desarrollaban o tienen actividad ganadera) en cercanías de fuentes de agua y que garantizan sombra y se constituyen en corredores biológicos de gran importancia para el manejo del cultivo, que como cultivo perenne se caracteriza, en condiciones de buen manejo, por tener diversidad de organismos pero de poca abundancia, incluidos los insectos; lo cierto es que la connotación de plaga está asociada a este factor (Cardona y Mesa 2015).

Una de las implicaciones en el manejo del PAC será la aversión al riesgo; la calificación del daño causado por la plaga de interés económico está asociado a la expectativa económica, buen precio de la fruta conducirá a ampliar el margen de recursos para la aplicación de insumos para el control de la plaga. Adicionalmente ante las perspectivas de exportación de fruta por la promesa de buenos precios o las posibilidades de exportación o de adición de valor agregado mediante la producción de jugos conducirá a que resulten subproductos como la cascara, la que tiene como una de las alternativas su incorporación en dietas para ganado vacuno, si este insumo para producción de carne tiene residuos de insecticidas, estos se magnificarán y rápidamente generaran efecto dominó sobre las actividades que se inicien, razón por la cual será necesario prestar especial atención al manejo de estos insumos o productos ya terminados, pues sucedería lo que a Brasil cuando exportó carnes de ganado alimentado con tortas de naranjas que habían sido tratadas con acaricidas (Guarín, 2007).

*D. citri* es afectado en el continente americano por varias especies de depredadores generalistas, los tres instares larvales de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa*, consumen ninfas pequeñas (I y II instar) de *D. citri*. Con la ventaja de que están disponibles comercialmente adicional a que existe la cultura de su favorecimiento en condiciones de campo cuando se encuentra en los cultivos comerciales (Pacheco-Rueda, et al, 2015), esto en condiciones controladas de laboratorio y con el proceso de validar, su uso contra el PAC. Ya en condiciones de invernadero por encima de 30°C en Bello Antioquia y con plantas de *Murraya paniculata* sin exposición a insecticidas y con elevados niveles de infestación por el PAC; se quiso evaluar el comportamiento depredador de *C. externa*, para esto se confinaron 100 larvas de primer instar, alimentadas con huevos de *Sitotroga cerealella* mientras duro el transporte del envío, en grupos de a uno, tres y seis plantas severamente infestadas por la plaga, para lo que se colocó el número de plantas infestadas en jaulas entomológicas herméticas, de manera que se impidiera el flujo de individuos del PAC, del depredador a evaluar así como otros artrópodos,

determinándose que en 24 horas el depredador consumió la totalidad de huevos e inmaduros del PAC y que solo persistían los adultos, esto último indica la capacidad de búsqueda, la voracidad del depredador y que escapaban los adultos de la plaga garantizando una permanente presión sobre la descendencia del PAC, para poder consumir otras presas propias de las rutáceas de tul, para garantizar la ventilación (Guarín, 2016).

Si al respecto de la preferencia y eficacia, así como la capacidad de búsqueda de las larvas de crisopidos sobre insectos de cuerpo blando en sistemas como cítricos, y de su relativa tolerancia a pesticidas usados en la agricultura, los ubica como uno de los incuestionables integrantes del conjunto de herramientas para el manejo del PAC, no solo en áreas urbanas, huertos orgánicos, y lugares de difícil acceso para aplicación de insecticidas.

### **Criterios para el manejo de la enfermedad HLB.**

Es evidente que el manejo de poblaciones del PAC está asociado a la presencia de la enfermedad, tanto en el vector como en la planta. Para el caso de la Guajira con la presencia de ambos casos las condiciones de manejo no admiten mayor flexibilidad, para el caso véanse las disposiciones de la gerencia regional de la Guajira (ICA, 2016).

Ahora, para las diferentes regiones en las que se concentra la citricultura colombiana, la clave del manejo de la plaga está en la concertación de actividades e implementación de métodos simultáneos de manejo mediante los ARCOS, áreas Regionales de Control, que involucran núcleos de productores e institucionalidad con acciones concertadas, donde no debe de estar reducida a la exclusividad del control químico, la aplicación de esta estrategia es la garantía de evitar la expresión de la resistencia a insecticidas y a la pérdida de entomofauna benéfica como se ha observado en otras regiones del mundo como en La Florida (McCoy et al, 2009).

### **Comportamiento poblacional de *D. citri* en ambientes de contraste.**

El comportamiento de las poblaciones del PAC en condición de Fenómeno del Niño: en zonas cítricas que presentan baja precipitación pluviométrica, esto conduce a reducida emisión de brotes en árboles de cítricos, pero a incrementos de población de la plaga en caso de contar con el hospedero alternativo *swinglia* (Botero et al, 2014), ahí estarán de reserva para cuando se presenten leves precipitaciones. Con temperaturas altas cercanas a 30°C, (Ortiz et al, 2014) se favorece el incremento de poblaciones del PAC las que teniendo poco recurso alimenticio (brotes) agotan los pocos existentes, incrementando el riesgo de muerte de la planta, pues se da el agotamiento del recurso alimenticio con abundante emisión de cera en sitios de alimentación y concentración de colonias (por esto la sensación de que PAC se concentra en árboles agotados, defoliados, pequeños), adicionalmente se presenta incremento de honeydew y consiguiente presencia de fumagina con reducción del área fotosintética efectiva, y el consiguiente deterioro en apariencia del árbol. En contraste, esta situación conduce a que los



semioquímicos estimulan la concentración de la plaga para alimentarse ávidamente o al regulador a encontrar a su presa concentrada en un área específica (Cardona y Mesa, 2015). Como resultado se presenta la caída de la población del PAC, si existe hospedero alterno como *swinglia* actúa como reservorio, dada la permanente brotación por dedicado manejo agronómico del cerco vivo (poda).

En el caso contrario, y que se tiene pronóstico de ocurrencia de fenómeno de “La niña”, se caracteriza por la abundante precipitación pluviométrica que estimula la emisión mayor de brotes en los que se desarrollan colonias de la plaga, pero simultáneamente se dan las condiciones para que diversos factores de regulación como los entomopatógenos se expresen (Mascarín et al, 2016; McCoy 2009, Guarín 2007), además hay mayor probabilidad e la acción mecánica de la lluvia sobre el insecto reduciendo el tamaño de las colonias, las condiciones de producción de fruta no sería la mejor toda vez que se tiene definido que los cítricos responden adecuadamente al stress hídrico para expresarlo en la producción de fruta..

Moura et al, 2016, en un trabajo de investigación en campo desarrollado en cítricos, demuestran la relación densa dependiente para la ocurrencia de plagas y que de manera simultánea pueda sucederse el agente de control microbiológico. Desde la valoración ecológica acerca del modo de acción de entomopatógenos hay grandes dificultades, normalmente se presentan los reportes de la ocurrencia de epidemias como observaciones de eventos concluyentes. Para el caso de *Praelongorthezia praelonga* se realizó seguimiento a la ocurrencia de alternada en el tiempo, acorde a la oferta ambiental, de dos hongos entomopatógenos *Colletotrichum nimphaeae* y *Lecanicillium longisporum*, siendo favorecida su expresión en la incidencia sobre la población del insecto respectivamente en condición de baja precipitación y baja humedad relativa, en tanto para el segundo los requerimientos eran mejor satisfechos con mayor precipitación pluviométrica y elevada humedad relativa, ambos entomopatógenos con el mismo hospedero, lo que se traduce en menor probabilidad de alcanzar el estatus de plaga, condición recuperada en ambientes dependientes del control químico en el que la plaga *P. praelonga* es desprovista de los reguladores y puede recuperar sus poblaciones que se alimentan ávidamente, descargando gran cantidad de miel de rocío, ambiente adecuado para la proliferación de la fumagina y afección de la capacidad fotosintética del follaje afectando el potencial de producción de fruta.

### **Los retos para la citricultura colombiana.**

Como se ha apreciado en esta presentación comparativa del estado del PAC, el estado de la enfermedad HLB y el manejo histórico de ambos en las regiones cítricas de América es claro que emergen varios retos para la citricultura colombiana, uno de ellos es tener conciencia de la necesidad de producir cítricos a partir de material de propagación sano y certificado como tal, pues desde enfoque epidemiológicos se da en inclinarse que la fuente de dispersión de la enfermedad HLB está asociada a que se está multiplicando material contaminado (CAN, 2016), esa limpieza es la garantía de la sostenibilidad de la agroindustria cítrica.

De otro lado, la gran diversidad de enemigos naturales de plagas asociadas a los cítricos, dan la idea de estabilidad en los procesos de producción, por lo que urge conocerlos, a los unos y los otros y promover condiciones adecuadas de uso, dejando de lado experiencias costosas desde la biodiversidad que han tenido en otros países productores de cítricos.

El sistema productivo de cítricos en Colombia tiene varias características, una de ellas es que está cercado como cultivo y como país por un hospedero alterno del PAC, de esa forma la dispersión y manejo de la enfermedad reviste importantes dificultades.

El uso de estrategias de manejo del vector y de la enfermedad mediante el modelo las Areas Regionales de control es una oportunidad de sincronizar intereses y de sacarle mejor provecho a la biodiversidad característica de los biomas en los que está enclavada la citricultura colombiana.

Debe aprenderse de la experiencia de otros países en las que llegaron a depender del control químico del PAC y ahora están regresando a una alternativa más sustentable. La integración del negocio de los cítricos debe considerarse como un proveedor de materia prima para otras iniciativas, razón por la cual debe tener especial cuidado en reducir las trazas de insecticidas, reduciendo la aplicación de estos productos, optimizando su uso, observando los periodos de retorno y carencia, para garantizar su descomposición antes de que lleguen a manos del consumidor.

La agroindustria de los cítricos tiene en la producción más limpia varias oportunidades, pues es de las que cuenta con más disponibilidad de insumos, muchos de ellos subutilizados, como entomopatógenos, depredadores y parasitoides.

El manejo del PAC y del HLB debe ser una oportunidad para mejorar el sistema y eficiencia de la cadena productiva y en ningún momento potenciar el desorden manifiesto en la resurgencia de plagas que ya han tenido su incursión e importancia en el cultivo. El Manejo integrado y el enfoque universal al cultivo debe ser el común denominador.

### **Bibliografía citada**

BOTERO, V.; OCHOA, A.; ZAMORA, G.; ORTIZ, A.; FUEL, S.; MONA, E.; MEJÍA, L.; GUARÍN-MOLINA, J.; ORDUZ-RODRÍGUEZ, J.; CHAPARRO-ZAMBRANO, H.; ARÉVALO, E. 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. Asohofrucol. Punto aparte Medellín, 88 p.

CARDONA, C.; MESA, N. 2015. Entomología Económica y manejo de plagas. Editorial Unal. Universidad Nacional, Colección Pacifico. 308 pp.

COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES CAN, 2016. Resolución 1850. Adopción del “Plan Andino de Prevención y Contingencia para la Enfermedad de los Cítricos Huanglongbing”

GÓMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E., POSTALI-PARRA, J.R. 2014. Thermal hygrometric requirements for the rearing and release of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera, Eulophidae). Revista Brasileira de Entomologia 58(3): 291–295, Septiembre. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000300011>

ICA. Gerencia General. 2015. Resolución 2390. Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de *Diaphorina citri* infectados con la bacteria de la enfermedad del HLB de los cítricos. 2015.

ICA. Gerencia Regional Guajira. 2016. Resolución 4713. Por medio de la cual se declara emergencia fitosanitaria en el departamento de La Guajira, por la presencia de la plaga denominada HUANGLONGBING (HLB) de los cítricos.

MARZABAL, E.; RODRIGUES, L.; GUT, H. Defensivos agrícolas e custos na produção de citros. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 127-131, 2004.

MCCOY, C.; SAMSON, R.; BOUCIAS, D.; OSBORNE L.; PEÑA, J.; BUSS, L. 2009. Pathogens infecting insects and mites of citrus. LLC Friends of microbes. ISBN-10 0-615-27724-1. 194 p.

MOURA-MASCARIN, G.; GUARÍN-MOLINA, J.; ARTHURS, S.; HUMBER, R.; DE ANDRADE MORAL, R.; BORGES, D.; DELALIBERA JR., I. 2016. Seasonal prevalence of the insect pathogenic fungus *Colletotrichum nymphaeae* in Brazilian citrus groves under different chemical pesticide regimes. Fungal Ecology 22 (2016) 43-51.

ORTIZ, A.; FUEL, S.; MONA, E.; MEJÍA, L.; GUARÍN- MOLINA, J.; ARÉVALO, E. 2014. Biología de *Diaphorina citri* Kuwayama. 2014. Pág. 7-18. En: *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. Asohofrucol. Punto aparte Medellín, 88 p.

PACHECO-RUEDA, I.; LOMELI-FLORES, R.; LOPEZ-ARROYO, I.; GONZALEZ-HERNANDEZ, H.; ROMERO-NAPOLES, J.; SANTILLAN-GALICIA, T.; SUAREZ-ESPINOZA, J. 2015.

Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Revista Colombiana de Entomología. 41 (2): 187-193. ISSN 0120-0488.

YAMAMOTO, P. T., ALVES, G. R., AND BELOTI, V. H. 2015. Manejo e controle do Huanglongbing (HLB) dos cítricos. Investigación Agraria, 16(2), 69-82.

## Uso de *Beauveria bassiana* y extractos botánicos para el control de la broca del café

Carmenza Gongora<sup>1</sup>; Claudia Patricia Martínez<sup>2</sup>; James Jiménez<sup>3</sup>; Pablo Benavides<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Microbióloga. Ph.D. Disciplina de Entomología. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. FEDERACAFE. [Carmenza.gongora @cafedecolombia.com](mailto:Carmenza.gongora@cafedecolombia.com). <sup>2</sup>Bacteriologa. BSc. EcofloraAgro. [cmr2005@gmail.com](mailto:cmr2005@gmail.com). <sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo. M.Sc. EcofloraAgro. [James Jimenez jjimenez@ecofloragro.com](mailto:James.Jimenez@ecofloragro.com). <sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo. Ph.D. Disciplina de Entomología. Cenicafé. FEDERACAFE. [Pablo.benavides @cafedecolombia.com](mailto:Pablo.benavides@cafedecolombia.com)

### Resumen

En la estrategia de manejo integrado de insectos el control biológico con el uso de hongos entomopatógenos es una herramienta muy importante para el control de diferentes plagas. Para que estos biocontroladores sean efectivos es necesario que sus esporas, o unidades reproductivas infectivas, entren en contacto directo con los insectos. El contacto se produce cuando los insectos se encuentran en el proceso de ataque de las plantas. Además, existen productos botánicos con comprobados efectos de antibiosis y repelencia que interfieren con el normal comportamiento de diferentes órdenes de insectos.

*Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), es la especie de entomopatógeno comercialmente más utilizada alrededor del mundo, contra un gran número de insectos plaga. Las formulaciones consisten en conidios, en forma de polvo, para ser resuspendidos en agua o en aceites emulsivos.

En Colombia, *B. bassiana* es un controlador natural de La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Scolytidae) que se considera la principal plaga de la caficultura colombiana, las larvas se alimentan de la semilla, causando pérdida en el peso del grano, disminución de la calidad y caída al suelo de los granos pequeños. El uso de mezclas de cepas de biocontroladores ya ha sido reportado en el control biológico. Este tipo de mezclas con diferentes cepas de hongos, no solo incrementan el espectro de acción sino que también aseguran su acción bajo diferentes condiciones ambientales (Góngora, 2008). Inglis et al. (1997) determinaron que una mezcla de *B. bassiana*, por su resistencia a bajas temperaturas, y *M. anisopliae*, por su resistencia a altas temperaturas, podría ser más efectiva para el control de saltamontes que las cepas usadas individualmente.

Cruz et al. (2006) y Cárdenas et al. (2007) evaluaron el efecto del uso de mezclas de cepas en la virulencia de *B. bassiana* frente a la broca del café. Encontrándose que una mezcla de 3 cepas diferentes genéticamente (Bb9001, Bb9119, Bb9024), mostraba un efecto sinérgico con incremento en virulencia al ser comparado con otras mezclas o cepas individuales frente a la

broca, tanto en condiciones de laboratorio como en campo. Vera et al. (2010) evaluaron, el efecto de la mezcla de cepas de *B. bassiana* sobre frutos infestados dejados en el suelo y su impacto en la infestación de los frutos de la parte aérea de la planta. La mezcla de cepas redujo la infestación hasta en un 50%. En los frutos disecados de cada árbol tratado la mortalidad de las brocas estuvo por encima del 40% comparado con un 15% de mortalidad en el control sin aplicación del hongo. Las cepas de *B. bassiana* disminuyeron entre 55 y 75% las poblaciones de insectos dentro de los nuevos frutos infestados en la parte aérea. Los resultados indican que *B. bassiana* disminuye significativamente la población de broca que emerge de frutos infestados del suelo y reduce las futuras generaciones del insecto. Jaramillo (2012) evaluó el efecto de *M. anisopliae* en condiciones de campo y en combinación con la mezclas de cepas de *B. bassiana* antes mencionadas, validando el efecto de estas mezclas en un cultivo comercial de café. La cepa Ma9236 y la mezcla de cepas de *B. bassiana* más Ma9236 fueron efectivas reduciendo los niveles de infestación en los árboles entre el 18 y 47% comparado con el testigo; el uso de una mezcla con diferentes espectros de acción bajo condiciones ambientales indica que es posible mantener los porcentajes de broca en el lote por debajo del 6,6%. En laboratorio la mezcla de *B. bassiana* logró afectar la capacidad de oviposición de las brocas en un 90%, reiterando que las mezclas de cepas además de incrementar la mortalidad en las poblaciones de broca, afectan directamente nuevas generaciones.

Los productos botánicos y aceites esenciales se producen comercialmente a partir de diferentes fuentes botánicas. Estos aceites están generalmente conformados por compuestos de complejas mezclas de monoterpenos, fenoles, y sesquiterpenos. Estos compuestos son de gran interés debido a que en la década de los 90 se demostró que mostraban una actividad de contacto insecticida y o repelente sobre un amplio rango de insectos (Ismann 2006).

Existen además, varios productos elaborado a partir de extractos de plantas de las familias Liliaceae y Solanaceae, mediante un proceso que permite alta pureza y concentración como es el caso del producto CapsiAlil®. CapsiAlil® es un extracto vegetal de uso agrícola, con efecto repelente e insecticida. Su efecto irritante sobre insectos plaga y ácaros aumenta su movilidad y vulnerabilidad a otras herramientas de manejo. Se ha usado en el manejo integrado de plagas incluyendo ácaros, trips (*Thrips* sp.), colaspis (*Colaspis* sp.), chinche de los pastos (*Collaria* sp.) y picudos como (*Rhynchophorus palmarum* y *Anthonomus grandis*).

Diversas pruebas de campo han demostrado que estos botánicos pueden generar control sobre poblaciones de thrips, gracias a la degradación de la cutícula de los estados inmaduros y a las propiedades repelentes e irritantes de sus ingredientes activos que causan que los insectos salgan de sus refugios aumentando así su movilidad, exposición y vulnerabilidad frente a productos biológicos y químicos que actúan por contacto (EcoFlora 2005).

Adicionalmente se conoce el efecto de repelencia sobre la broca del café, del botánico CapsiAlil®, en condiciones de laboratorio y campo. Este botánico ocasiona porcentajes de emergencia de adultos de broca infestando frutos superiores a 50% a partir de la concentración mínima efectiva de 30% (Patente Fase Internacional No PCT/IB2013/060525).

Históricamente los hongos biocontroladores no han alcanzado las expectativas de control debido en parte a su tardanza en mortalidad, fallas en la identificación de cepas activas a bajas dosis e inconsistencias en los resultados comparados con los insecticidas químicos, con los cuales ellos compiten (Gressel et al., 2007).

Por otra parte el uso de los compuestos botánicos también está limitado debido a las variaciones en la respuesta dentro de una misma especie de insectos a estas sustancias, aun especies muy relacionadas pueden diferir dramáticamente en su comportamiento frente a la sustancia.

El control biológico combinado con el uso de sustancias repelentes que alteren el comportamiento de los insectos y permitan que estos estén por mayor tiempo en contacto con el agente biocontrolador, asegurando la adquisición de una mayor dosis del agente patógeno parece ser una estrategia novedosa y muy apropiada para el control de plagas agrícolas. Sin embargo, la literatura muestra efectos contradictorios. En algunos casos se ha observado un efecto sinérgico entre los entomopatógenos y los extractos botánicos (Shakarami 2015, Otieno 2015). Pero en otros casos se ha observado un efecto antagónico (Vergel et al ) que en la mayoría de los casos se atribuye a que el botánico inhibe la habilidad de las conidias a germinar (Depieri et al )

Con el propósito de desarrollar un producto natural, eficaz y ambientalmente seguro, para el control de la broca del café, a partir de la combinación de hongos entomopatógenos y extractos botánicos, se evaluó el efecto de la combinación de dos Extractos Botánicos con cepas del hongo *B. bassiana* en la mortalidad de la broca del café en condiciones de laboratorio. Para esto, 9 tratamientos fueron evaluados, usando *B. bassiana* a dos concentraciones:  $1 \times 10^6$  y  $1 \times 10^7$  esporas/ml, Extracto 1 al 1,5%, Extracto 2 al 0,5%, y la combinación de cada concentración de hongo con cada botánico, como control se usó Agua. Para cada tratamiento se tomaron 100 brocas las cuales fueron sumergidas por espacio de 3 segundos en cada de los tratamientos. Luego de 5 días se observó cada broca y se determinó si estaba viva o muerta. Con los datos se realizó un análisis de permutaciones con 30 permutaciones de 20 brocas cada una, de una población total de 100. El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los tratamientos. En el testigo con agua la mortalidad media fue de 13%. El Extracto 1 causó una mortalidad del 23% mientras que en el Extracto 2 esta fue de 17%. El hongo a una concentración de  $1 \times 10^6$  causó la muerte al 40% de las brocas y a  $1 \times 10^7$  de 75%. Los dos extractos mostraron un efecto sinérgico al ser combinados con las dos concentraciones de hongo usado. Es así como el Extracto 1 al 1,5% incrementa la mortalidad del hongo entre 20-50% y el Extracto 2 al 0.5% en un 20%. El efecto combinado de estos extractos botánicos con hongos entomopatógenos incrementan y aceleran el tiempo de mortalidad de la broca del café, de tal manera que un producto conteniendo los dos será más efectivo en el control del insecto en tan solo 5 días se pueden observar mortalidades cercanas al 100%.

Se continuara evaluando tanto en campo como en laboratorio el efecto patogénico y alta virulencia de *B. bassiana* con la acción continuada de repelencia e irritabilidad de los extracto

botánicos, los cuales ocasiona que los insectos salgan de sus refugios, aumentando así su movilidad, exposición y vulnerabilidad frente a productos biológicos. De tal forma que se logre potenciar el efecto patogénico del hongo por acción del producto botánico, logrando con la combinación de los dos, que las esporas entren en contacto por mayor tiempo y en una mayor concentración con los insectos.

El objetivo final es causar un incremento de la mortalidad de la broca en un menor tiempo, lo que conllevará a menores porcentajes de infestación en los cultivos. Se espera poder contar con una alternativa inocua, ambientalmente segura y altamente eficaz en el control de la broca, así como de otros órdenes de insectos plagas en agricultura.

## **Bibliografía**

CÁRDENAS, A.B.; VILLALBA, D.; BUSTILLO, A.; MONTOYA, E.; GÓNGORA, C. 2007. Eficacia de mezclas del hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. *Cenicafé*. 58(4):293-303

CRUZ, L.P.; GAITÁN, A.L.; GÓNGORA, C.E. 2006. Exploiting the genetic diversity of *Beauveria bassiana* for improving the biological control of the coffee berry borer by strain mixtures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71 (6): 918-926.

GRESSEL, J., MEIR, S., HERSCHKOVITZ, Y., AL-AHMAD, H., BABALOLA, O. O., & AMSELLEM, Z. 2007. Transgenic biocontrol agents to overcome evolutionary barriers. *Integrating New Technologies for Striga Control—Towards Ending the Witch-Hunt*. *World Scientific, Singapore*, 313-323.

GÓNGORA, CE. 2008. Los hongos entomopatógenos en el control de insectos. Pp. 133-149. En: Bustillo, P.A. (ed.) *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Cenicafé. Chinchiná (Colombia)

INGLIS, D.; JOHNSON, D.L.; GOETTEL, M.S. 1997. Use of pathogen combinations to overcome the constraints of temperature on entomopathogenic Hyphomycetes against grasshoppers. *Biological Control*, 8: 143-152.

OTIENO, J. A., PALLMANN, P., & POEHLING, H. M. 2015. The combined effect of soil-applied azadirachtin with entomopathogens for integrated management of western flower thrips. *Journal of Applied Entomology*. DOI: 10.1111/jen.12242



Isman, M.B. 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides (University of British Columbia, Vancouver, Canada.)

SHAKARAMI, J., EFTEKHARIFAR, R., LATIFIAN, M., & JAFARI, S. 2015. Insecticidal activity and synergistic effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and three botanical compounds against third instar larvae of *Ephestia kuehniella* Zeller. *Research on Crops*, 16(2).

VERGEL, S. J. N., BUSTOS, R. A., RODRÍGUEZ, C. D., & CANTOR, R. F. 2011. Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic-pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae*. *Biological Control*, 57(2), 143-149.

## **Innovación Sostenible en Control Biológico en Sistemas de Manejo Integrado de Plagas**

Milton Najjar Tinjacá

*Ingeniero Agrónomo, Scientia Colombia SAS, Km 2,5 Vía La Unión La Victoria (Valle del Cauca),  
mnajar@scientia.com.co*

### **Introducción**

Son muchos los aspectos a considerar para quien opte por implementar un programa de manejo integrado de plagas en la producción agrícola y pecuaria, Habitualmente los modelos de manejo de artrópodos perjudiciales proponen la utilización de moléculas de síntesis como primera y única opción alrededor de un esquema de alta productividad que focaliza sus esfuerzos en la obtención de resultados rápidos y eficaces que mantengan la productividad y los rendimientos esperados.

Encontrándonos en un ambiente globalizado, el concepto de producción agrícola cobra un nuevo sentido siendo cada vez más importante la producción limpia, responsable y sostenible. El mercado cambiante y los nuevos hábitos de consumo exigen prácticas de manejo que garanticen inocuidad, bioseguridad y calidad de productos. Para ser competitivos los agricultores requieren cada vez más de herramientas que les permitan manejar de manera adecuada sus cultivos y responder eficientemente a la demanda por productos orgánicos y limpios.

A esto se suman otros aspectos importantes como pérdida de eficacia de productos fitosanitarios, el surgimiento de nuevos artrópodos plaga, perdida de equilibrio de agro ecosistemas, cambio climático entre otros. El panorama antes que oscuro, ofrece un nuevo horizonte y nuevos retos para los profesionales agrícolas quienes deben responder a la necesidad de cambio en la producción agrícola e industrial.

Dentro de este contexto, a nivel internacional son muchos los esfuerzos y experiencias de éxito alrededor de la implementación de alternativas sostenible en la producción agrícola, demandando principalmente productos amigables con el medio ambiente y aplicables en modelos de producción racional con fines de exportación.

## **El manejo Integrado de Plagas en la producción agrícola (MIP)**

Diversos autores han intentado definir el concepto de Manejo Integrado de Plagas de manera que abarque la mayor parte de actividades que este involucra y que dé claridad acerca de los objetivos de su implementación. Para la FAO, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) es "la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas y mantienen el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y que reducen al mínimo los riesgos para la salud humana y el ambiente". En el MIP se integran métodos de lucha contra las plagas, compatibles -y de preferencia que no sean nocivos para el medio ambiente- y se adaptan a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de cada situación específica. (FAO, 2005).

No obstante esta amplia definición aparecen varias dudas en la mente de los productores, quizá la más importante desde su propio punto de vista es si el MIP se fundamenta en la correcta utilización de moléculas de síntesis, o cual es el verdadero enfoque que debe darse teniendo en cuenta la realidad agrícola de su entorno.

Al analizar esta definición encontramos implícitamente considerados diversos aspectos esenciales que deben tenerse en cuenta al implementar un programa o estrategia de manejo, condiciones medioambientales y socioeconómicas, poblaciones, etc.; cada elemento igualmente valioso en conjunto para garantizar el éxito y sostenibilidad de los programas. En un sentido muy amplio la adopción de Sistemas de Manejo Integrado de Plagas dependerá en gran parte del cambio de mentalidad que se imprima en los actores rurales y en la relevancia que cobre la protección medioambiental en los sistemas productivos.

## **El Control Biológico como eje de los Programas de Manejo Integrado**

Dentro de las diferentes estrategias El Control Biológico basado en el uso de Enemigos naturales es la que se constituye como la base de los programas MIP actuales.

Toda población de insectos en la naturaleza recibe ataques en alguna medida por uno o más enemigos naturales. Así, depredadores, parasitoides y patógenos actúan como agentes de control natural que, cuando se tratan adecuadamente, determinan la regulación de poblaciones de herbívoros en un agro ecosistema particular, esta regulación se denomina control biológico, (NICHOLLS, 2008) (Figura 1)

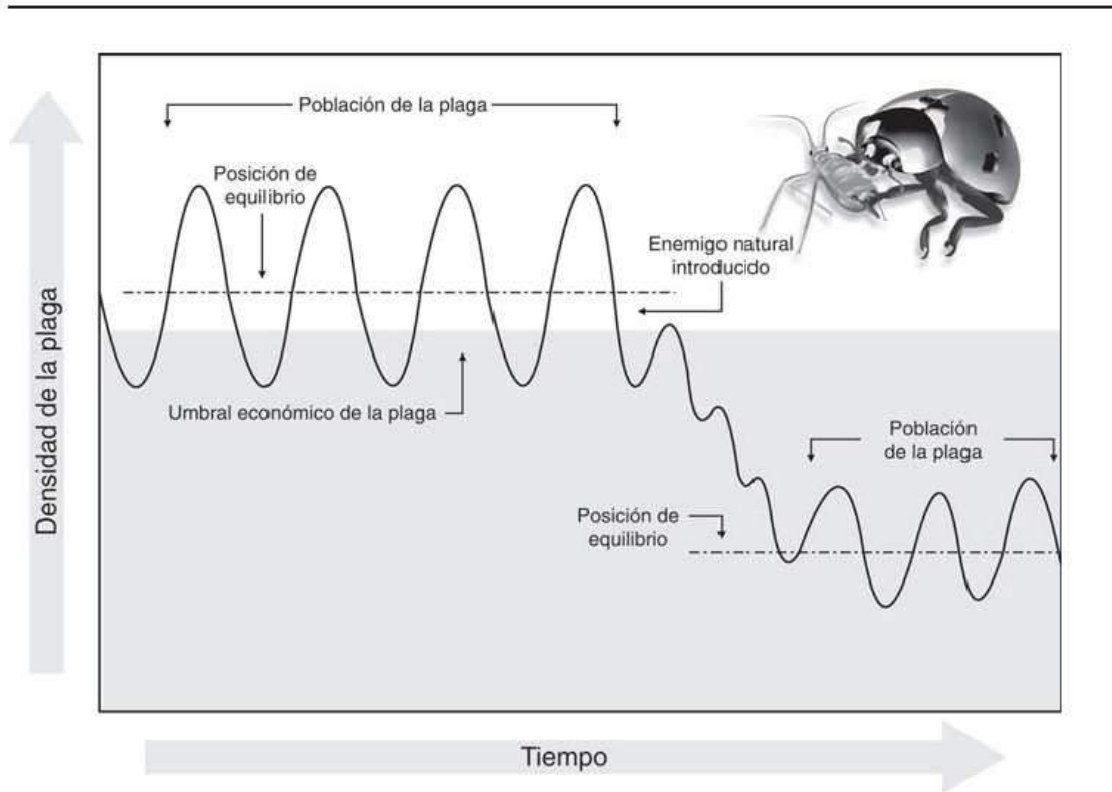


Figura 1. Efecto regulador de la introducción de un enemigo natural que ejemplifica el control biológico sobre una población plaga en relación con un umbral económico (NICHOLLS, 2008)

Al tratarse de poblaciones de especies que coexisten, los diferentes artrópodos presentes en el agro ecosistema interactúan en función de sus relaciones ecológicas intra e inter específicas, estando sujetos a la influencia de factores bióticos y abióticos. Los diferentes agentes de control natural encuentran su posición de equilibrio en medida que las condiciones sean mantenidas a su favor especialmente mediante el manejo racional que se dé a los sistemas de producción. La comprensión de estos factores naturales es la base para el diseño de programas de manejo de plagas basados en el uso de bio controladores.

### Uso de enemigos naturales como estrategia biológica dentro del Manejo Integrado de Plagas

La investigación, selección y uso de enemigos naturales son el principal recurso para garantizar resultados óptimos en programas de Control Biológico de Plagas. Dadas sus diferentes características biológicas y ecológicas los podemos agrupar en tres categorías:

## Parasitoides

Los parasitoides son parásitos en sus estados inmaduros, pero en estado adulto son libres. A diferencia de los parásitos, los parasitoides siempre matan a sus huéspedes; sin embargo, el huésped puede completar la mayoría de su ciclo de vida antes de morir. (NICHOLLS, 2008)

Básicamente los parasitoides representan un amplio grupo de especies de la Clase Insecta, principalmente dentro de los órdenes Himenóptera y Díptera como los de mayor interés para la formulación y aplicación comercial. Los parasitoides juegan un rol importante en la estrategia biológica dentro del MIP, son producidos comercialmente para blancos biológicos específicos en su mayoría dirigidos a especies fitófagas de alto impacto en la agroindustria entre estas el complejo de moscas blancas *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856), *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), (Hemiptera: Aleyrodidae); minadores *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926), *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae); pulgones *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae); lepidópteros como *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae), *Heliothis zea* (Boddie, 1850), *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae); entre otras de importancia local y regional.

## Depredadores

Dentro de este grupo se encuentran todas las especies que para su desarrollo consumen directamente diferentes estados biológicos de las especies presa con las que estén relacionadas; a diferencia de los parasitoides exhiben un comportamiento generalista independiente de la densidad de los blancos biológicos para los cuales están indicados.

Las especies de interés para control biológico pertenecen a las Clases Insecta y Arácnida. Los depredadores que se encuentran más comúnmente y atacan especies de plagas en los cultivos son de las familias: Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae, Syrphidae y Formicidae. (NICHOLLS, 2008).

Usualmente el uso de depredadores formulados comercialmente complementa el trabajo de los parasitoides, como ejemplo podemos citar moscas blancas, afidos y chupadores en general, lepidópteros, complejo de trips y ácaros fitófagos.

## Entomopatógenos

Constituyen herramientas indispensables en articulación con artrópodos benéficos. En esta categoría encontramos todos aquellos microorganismos hongos, bacterias, nematodos capaces de ejercer algún tipo de control ya sea por infectividad, patogenicidad y virulencia o por antagonismo.

### Hongos entomopatógenos

Comercialmente se dispone de un sinnúmero de productos formulados con base en las diferentes especies de hongos encontrados como agentes de control microbiológico de plagas; en Colombia entre los más representativos están *Beuveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Lecanicillium lecanii* (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae). Existen más de 700 especies reunidas en más de 100 géneros, estos hongos tienen la particularidad de infectar artrópodos en hábitats variados. (STOCK, 2006).

### Bacterias entomopatógenas

La mayoría de las bacterias entomopatógenas pertenecen a las familias Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae, Streptococcaceae y Bacillaceae, esta última de mayor importancia en la formulación de productos de uso cotidiano y representativo en agricultura. La bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) ha sido el patógeno de insectos más usados en programas de control, las razones para esto son: producción masiva fácil, sencillas de formular y usar en grandes programas de control, matan la plaga con facilidad (alrededor de 48 horas), tienen un espectro de actividad que incluye muchas plagas de interés económico y brindan una seguridad muy superior para los organismos benéficos y el ambiente que cualquier insecticida sintético. (NICHOLLS, 2008).

### Nematodos entomopatógenos

Los nematodos mejor conocidos que se emplean en el control biológico de insectos pertenecen al orden Rhabditida, dentro del cual son importantes las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae. Los nematodos entomopatógenos existen en todo el mundo y son polívoros, es decir, las especies de *Heterorhabditis* y *Steinernema* pueden parasitar una amplia gama de insectos. (MALAIS-RAVENSBERG, 2006)

Los nematodos parásitos de insectos penetran a su hospedero a través de la cutícula o por aberturas naturales (espiráculos, boca y ano); es en éste caso una infección activa. Las

alteraciones patológicas que causa la infección de los nematodos se manifiestan como una alteración externa, interna o de comportamiento. El efecto patológico externo se expresa por cambios morfológicos, mientras que el efecto interno involucra tanto cambios morfológicos como fisiológicos. Los insectos infectados con nematodos tienen un comportamiento aberrante. En algunos casos, como en los mermitidos o steinernemátidos, el hospedero se muere a consecuencia de la infección. (NICHOLLS, 2008)

### **Productos biológicos formulados con base en enemigos naturales tipo artrópodos: perspectivas para Colombia**

Como ya bien se mencionó el Control Biológico de Plagas es uno de los componentes más importantes en la actualidad que responde a la necesidad de ofrecer productos agrícolas inocuos en el contexto de la producción limpia. La combinación de las diferentes estrategias biológicas y bioinsumos hace parte de lo que denominaremos Manejo Biológico Integrado (MBI) como parte de los sistemas de manejo Integrado de Plagas en los diferentes cultivos.

El Manejo Biológico Integrado es un nuevo concepto que surge de combinar productos biológicos especializados en las diferentes etapas de cultivo y según las características de desarrollo de cada blanco biológico. La combinación de parasitoides, depredadores y entomopatógenos así como su sincronización al desarrollo fenológico de los cultivos permite obtener resultados contundentes y mantener artrópodos perjudiciales por debajo de los umbrales económicos de daño establecidos en cada operación agrícola.

Se entiende entonces como fundamental diseñar e implementar sistemas de monitoreo dentro del esquema MIP que permitan detectar rápida y oportunamente poblaciones que constituyan riesgo potencial para el cultivo, esto permitirá anticipar el establecimiento de enemigos naturales que actúen en baja población disminuyendo la posibilidad de daños económicos y asegurando el éxito de los controladores.

Son claras las bondades de la utilización de biocontroladores en sistemas de producción agrícola; sin embargo, aún persiste la baja credibilidad en los resultados que puedan obtenerse en términos de eficacia en la regulación de plagas. Para la mayoría de los productores agrícolas no existe claridad en la utilización de enemigos naturales como factor de regulación, quienes se interesan por su uso carecen de una conveniente capacitación y asistencia técnica que asegure buenos resultados. Otro factor no menos importante es la oferta de productos especializados que paradójicamente para Colombia es limitada. No obstante, dada la importancia de homologar los sistemas productivos naturales con el contexto internacional (especialmente Europa), se están desarrollando nuevos productos biológicos basados en artrópodos y microorganismos nativos que pretenden responder a esta necesidad. A continuación destacaremos brevemente el entorno de la producción de estos organismos para el caso colombiano, teniendo claridad que hay una amplia oferta comercial especialmente de hongos entomopatógenos y microorganismos aplicables al MIP.

## Ácaros depredadores

Representados principalmente por ácaros pertenecientes a la familia Phytoseiidae, compuesta por diferentes especies depredadoras que ejercen control sobre arañas fitófagas, trips y moscas blancas. En Colombia se han empezado a establecer empresas que ya cuentan con algunas de las especies más importantes desarrollando productos formulados con base en estos depredadores.

*Neoseiulus californicus* (Mc Gregor 1954) (Acari: Phytoseiidae)

Acaro depredador generalista muy utilizado en programas de manejo de arañas rojas especialmente Tetranychidae. *N. californicus* tiene preferencia por los estadios de larva y ninfa de *Tetranychus urticae* (C.L. Koch, 1836) (Prostigmata: Tetranychidae) incluso cuando estas están a bajas densidades. Sin embargo, la hembra puede alimentarse de todos los estadios de *T. urticae*. Las larvas comen principalmente huevos y las ninfas comen huevos, larvas y ninfas. El consumo depende de la densidad del depredador y la presa, así como la temperatura y la humedad relativa. *N. californicus* no consume tantas presas como su inmediato competidor *Phytoseiulus persimilis* sin embargo con bajas densidades de araña roja el efecto es mayor. (MALAIS-RAVENSBERG, 2006). *N. californicus* también responde eficientemente a altas poblaciones de *T. urticae* (Grafico 1)

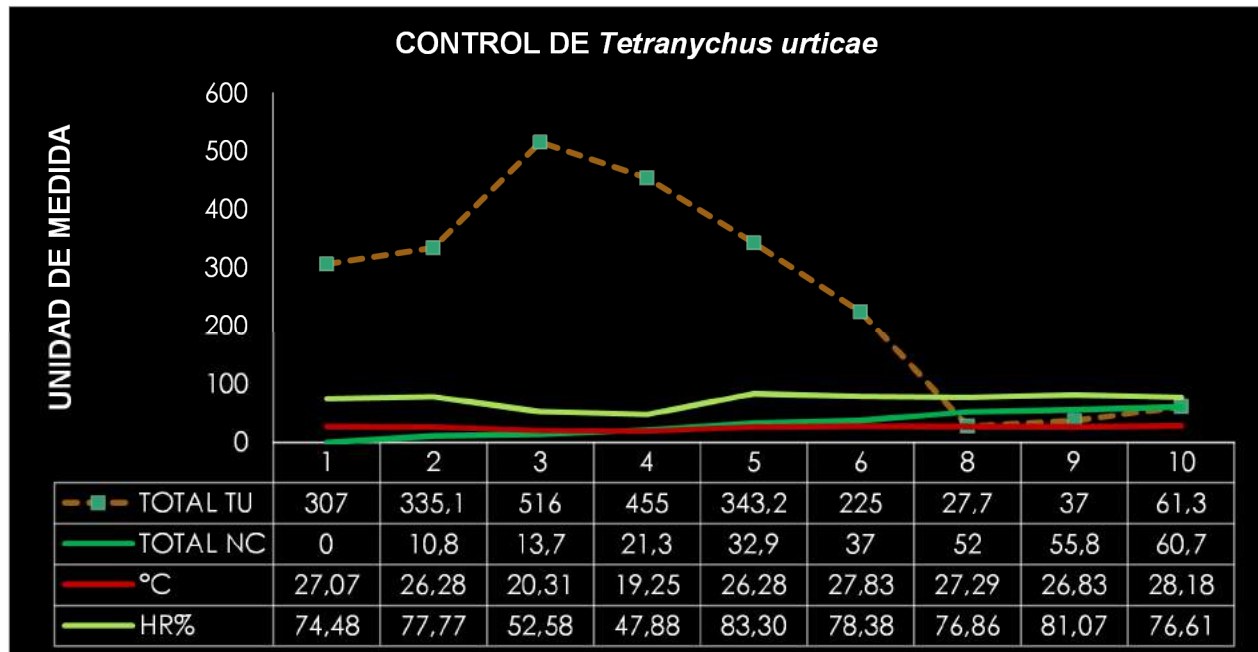




Gráfico 1. Control de *Tetranychus urticae* (TU) por el depredador *Neoseiulus californicus* (NC), seguimiento diario. Fuente: SCIENTIA, 2016

En ausencia de arañas rojas *N. californicus* puede sobrevivir basando su alimentación de otros ácaros como *Aculops fuchsiae* (Keifer) (Prostigmata: Eriophyidae), *Brevipalpus chilensis* (Baker, 1949) (Prostigmata: Tenuipalpidae) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1936) (Trombidiformes: Tenuipalpidae) *Oligonychus sp.* *Panonychus sp.* *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval, 1867) (Acari: Tetranychidae) *Tetranychus sp.* Este amplio rango de presas le da posibilidad de ser incluido como herramienta Manejo Biológico Integrado en diversos cultivos.

**Tabla 1.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
Spical	Holanda	Koppert Colombia S.A.S
Neocal *	Colombia	Scientia

Fuente ICA, 2016

\* En proceso de registro

*Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot, 1957) (Acari: Phytoseiidae)

*P. persimilis* es el ácaro depredador, más importante de *T. urticae*. Un adulto se alimentará de todos los estadios de araña roja. Las larvas no comen pero las ninfas pueden alimentarse de huevos, larvas y protoninfas de araña roja. La cantidad consumida dependerá de las poblaciones del depredador y la presa, la edad del depredador, la temperatura y humedad relativa. En general si la temperatura aumenta el consumo de presas también lo hace. Sin embargo, *P. persimilis* es sensible a temperaturas por encima de 30°C dejándose de alimentar a los 35°C. (MALAIS-RAVENSBERG, 2006).

**Tabla 2.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
Acariraptor	Colombia	Bichopolis S.A.S
Spidex	Holanda	Koppert Colombia S.A.S
Persilyls*	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

Fuente ICA, 2016

\*En proceso de registro

*Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini, 1883) (Mesostigmata: Laelapidae)

Esta especie de acaro ha sido recientemente introducida para control biológico de plagas en invernaderos de alta tecnología. Es un ácaro polífago que se alimenta de ácaros de los bulbos, larvas y huevos de moscas esciaridas, colémbolos, nematodos, ácaros de los almacenes, pupas de trips y otros organismos del suelo.

**Tabla 3.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
SoilMite*	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

\*En proceso de registro

### **Chinches depredadoras**

*Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae)

Todos los estadios de esta chinche benéfica capturan y matan insectos y ácaros, a los que pican con su probóscide especialmente adaptada y succionan hasta vaciarlos; se alimenta de todos los estadios de trips, (MALAIS-RAVENSBERG, 2006); esta preferencia lo destaca como eje de los programas de control biológico de trips; dentro de los principales cultivos en los cuales se libera y comercializa están las hortalizas y ornamentales de exportación, aguacate y algunos frutales donde trips es plaga clave. La temperatura y disponibilidad de alimento son los principales factores que influyen en la reproducción y desarrollo de una población de Orius; la

presencia de polen aumenta la tasa de desarrollo y también puede mejorar la tasa de supervivencia.

**Tabla 4.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
VitRyus	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

Fuente ICA, 2016

### **Avispas parasitoides**

*Eretmocerus eremicus* (Rose y Zolnerowich 1997) (Hymenoptera: Aphelinidae)

*E. eremicus* es una avispa ectoparasitoide de *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Una hembra puede poner entre 50 y 200 huevos; su actividad se mantiene con altas temperaturas (30.40°C). *E. eremicus* también se alimenta de su huésped como fuente de recurso para la producción de huevos. Su uso principal hasta el momento ha sido en cultivos como poinsettia, pimiento, pepino, ornamentales, tomate entre otros.

**Tabla 5.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
Parcerus*	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

\*En proceso de registro

*Trichogramma sp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

En Colombia se producen y comercializan diferentes especies de estas avispietas benéficas; la hembra oviposita sus huevos dentro de los huevos de las especies hospederas para los cuales sean liberadas. La larva consume por completo el contenido interior de los huevos hospederos, las larvas solo se desarrollan apropiadamente en huevos hospedadores recién puestos (MALAIS-RAVENSBERG, 2006); esta característica hace importante contar con un programa de monitoreo adecuado que permita detectar la actividad de adultos de lepidopteros e iniciar liberaciones con las primeras ovoposiciones en campo. *Trichogramma* ha sido una de las especies más usadas en programas de manejo especialmente en cultivos extensivos como

caña de azúcar, algodón, soya, tabaco, maíz, arroz y más recientemente en algunas hortalizas como tomate y pimiento.

**Tabla 5.** Productos comerciales disponibles

<i>Trichogramma sp.</i>	Colombia	Bioagro Cartago S.A.S
<i>Trichogramma exiguum</i>	Colombia	Biocol
<i>Trichogramma sp.</i>	Colombia	Biodefensas agrícolas LTDA
<i>Trichogramma exiguum</i>	Colombia	Corporación AMA
<i>Trichogramma sp.</i>	Colombia	INBECOL
<i>Trichogramma sp.</i>	Colombia	PERKINS LTDA
<i>Trichogramma sp.</i>	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

Fuente ICA, 2016

### Nematodos entomopatógenos

Estos microorganismos recientemente han despertado gran interés dado su alto potencial como biocontroladores de plagas de suelo principalmente. Los productos formulados contienen juveniles infectivos de las familias Steinernatidae y Heterorhabditidae, una vez aplicados el huésped muere en 48 horas y toma una coloración característica, al completar el ciclo interno dentro del huésped los juveniles infectivos J1 3 abandonan el cadáver y van en busca de nuevos blancos biológicos. Su eficacia y forma de aplicación lo convierten en uno de los productos con gran potencial en programas de manejo de plagas que requieran control biológico con amplio espectro. Pruebas piloto desarrolladas por la empresa privada han demostrado su efecto positivo en la regulación de moluscos (babosas), complejo de trips, chizas, garrapatas, picudos, salivazos, broca del café, lepidopteros defoliadores, etc.

**Tabla 6.** Productos comerciales disponibles

Nombre comercial	Origen	Empresa
Nemaguard*	Colombia	Scientia Colombia S.A.S

\*En proceso de registro

## Consideraciones finales

Como ya está claro el Manejo Integrado de Plagas supone la utilización de todas las herramientas posibles en torno a la regulación de artrópodos potencialmente perjudiciales para los sistemas de producción agrícola. El Control Biológico como tal debe ser la base para el diseño de nuevos programas de manejo integrado; Colombia posee una buena oferta de productos biorracionales y está entrando en un nuevo concepto de producción agrícola gracias a la continua innovación biotecnológica que abre la posibilidad de competir en mercados especializados y cada vez más exigentes desde los puntos de vista de inocuidad y protección ambiental. Gracias a la Biotecnología encontraremos más y mejores productos fitosanitarios, los cuales al ser articulados dentro de un esquema organizado permitirán obtener óptimos resultados y sostenibles ambientalmente. El Manejo Biológico Integrado requiere y exige capacitación, análisis y acompañamiento continuo; la academia, los sectores técnicos y gremios productivos deben sumar esfuerzos para el éxito total de la innovación tecnológica en torno a la producción agrícola limpia y orgánica.

## Bibliografía

FAO, 2005. Manejo Integrado de Plagas en zonas extensas. [http://www.fao.org/ag/esp/revista/0506\\_sp1.htm](http://www.fao.org/ag/esp/revista/0506_sp1.htm) última revisión: 6 de julio 2016

MALAI S. M.H.; RAVENSBERG W.J. 2006. Conocer y reconocer. Las plagas de cultivos protegidos y sus enemigos naturales. Reed Business Information, Países bajos. 288 p.

NAVARRO, V.M.; ACEBEDO, M.M.; RODRIGUEZ, M.P.; BELDA, J.E. 2008. Organismos para el Control Biológico de Plagas en cultivos de la provincia de Almería. Fundación Cajamar, 232 p.

NICHOLLS, E. C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 277 p.

STOCK, P. 2006. Patología de Insectos: Estudio de las posibilidades de control biológico por medio de nematodos, bacterias, virus, hongos y protozoos. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Esperanza Argentina.

### **Simposio 3. Entomología Médica: Zika, Chikungunya y Dengue**

#### ***Aedes spp.* un reto para la Salud Pública en las Américas**

Carlos Andrés Morales Reichmann.

*Entomólogo, Secretaria de Salud del Cauca.*

El virus del Dengue (DENV) es el arbovirus que causa la mayor morbilidad y mortalidad humana a nivel mundial, aproximadamente 390 millones de personas se infectan cada año y 96 millones de manifiestan clínicamente la enfermedad (1). Un estudio sobre la prevalencia del Dengue se estima que 3900 millones de personas, de 128 países, están en riesgo de infección por este virus (2).

Antes de 1970, solo nueve países habían sufrido epidemias de Dengue Grave. Sin embargo, ahora la enfermedad es endémica en más de 100 países de las regiones de África, las Américas, el Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. Las regiones más gravemente afectadas son el Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. El Dengue Grave (conocido anteriormente como Dengue Hemorrágico) fue identificado por vez primera en los años cincuenta del siglo pasado durante una epidemia de la enfermedad en Filipinas y Tailandia. Hoy en día, afecta a la mayor parte de los países de Asia y América Latina y se ha convertido en una de las causas principales de hospitalización y muerte en los niños de dichas regiones. (3).

En las Américas Los mosquitos *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus* han ocasionado pandemias de Dengue, estimándose durante la última década aproximadamente 54'.028.251 casos (13'.299.262 casos sintomáticos reportados) y 7.377 muertes(4).

El 6 de diciembre de 2013 se efectuó el primer registro del virus Chikungunya en el hemisferio occidental se realizó la confirmación de dos casos de transmisión autóctona de este virus en la isla de Saint Martin. (5). Hasta abril de 2016 se han reportado a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) 1'.962.149 casos y 279 muertes asociadas directa o indirectamente a esta patología (6). Esta enfermedad fue detectada por primera vez en Tanzania en 1952. A partir del 2004, se han reportado brotes intensos y extensos en África, las islas del océano Índico, la región del Pacífico, incluyendo Australia y Asia (India, Indonesia, Myanmar, Maldivas, Sri Lanka y Tailandia). En 2007 el virus se extendió a Italia, donde produjo un brote transmitido por *Ae. albopictus* en la región de Emilia-Romagna. Los recientes brotes de fiebre por Chikungunya han

demostrado impactos importantes en la salud pública, principalmente en los servicios de salud.(5).

En diciembre de 2015 en Brasil se efectuó el primer registro del virus Zika en el hemisferio occidental, el cual en un periodo de 7 meses se diseminó a 40 países de las Américas (7). Ocasionalmente que la Organización Mundial de la Salud declarara la Alerta sanitaria internacional debido a las consecuencias de este virus en síndromes de tipo nervioso y Microcefalia (8), hasta julio de 2016 se han reportado 415.125 casos sospechosos de Zika (9) y 8.341 casos sospechosos de microcefalia u otra malformación del sistema nervioso, de los cuales se han confirmado 1.695 casos, 11 países de las Américas han reportado incremento de casos de Síndrome de Guillan Barré posiblemente asociado a Zika (7).

En cuanto al Dengue el acumulado de casos al mes de julio es de 1'.705.081 casos, lo cual hace predecir que el año 2016 será el año con mayor reporte de casos de Dengue en toda la historia de la enfermedad en las Américas superando el reporte de 2'.386.836 casos en el año 2013. El Dengue es el virus que causa mayor mortalidad, impactando los servicios de salud, el Chikungunya se asocia con el impacto en los servicios de salud y las secuelas para el paciente, en el caso de Zika las anomalías en síndromes de tipo nervioso y Microcefalia, además de los altos costos de los pacientes que evolucionan a Síndrome de Guillan Barre.

### **Algunos datos epidemiológicos de importancia para Arbovirus transmitidos por *Aedes spp.***

#### **Dengue**

- ❖ 2010 Reporte del mayor número de casos de Dengue Grave en las Américas 48.954 (10).
- ❖ 2013 Reporte de mayor número de casos de Dengue en las Américas 2'.386.836 (4).
- ❖ 2016 Mayor epidemia en la historia de Argentina 75.189 casos, 11 muertes a julio (4).
- ❖ 2016 Mayor epidemia en la historia de Paraguay 114.487 casos, 13 muertes a julio (4).
- ❖ 2016 Epidemia de dengue en Uruguay, luego de 100 años sin Dengue 1.377 casos (4).
- ❖ 2016 Reporte de transmisión de virus Dengue Colombia, Bello 1.984 msnm (11).
- ❖ 2016 Reporte de 193 muertes atribuidas a Dengue en Colombia al mes de julio (4).

#### ***Aedes aegypti***

- ❖ 2016 Primer reporte de *Ae. aegypti* en Chile (Arica), último país de sur América sin reporte del vector en su parte continental (12).
- ❖ 2016 Registro de *Ae. aegypti*. a 2.550 msnm Cochabamba Bolivia (13), Colombia Guacas Santander 2450 msnm.

#### **Fiebre Amarilla**

- ❖ Año 2016, Reporte de 3.464 casos sospechosos, 353 muertos en Angola (14).

- ❖ Transmisión en República Democrática del Congo y Uganda 1.307 y 60 casos sospechosos respectivamente (14).
- ❖ Perú 79 casos sospechosos y 9 muertes, El número de casos confirmados y probables notificados en Perú hasta la SE 24 de 2016, supera al número de casos confirmados y probables notificados en igual periodo en los 9 años anteriores (14).
- ❖ Brasil 2 casos en humanos (14).
- ❖ Colombia 1 caso en humanos (15).

### **Carga de la enfermedad**

Se llevaron a cabo estudios sobre el costo del Dengue en ocho países durante 2005-2006: cinco en las Américas (Brasil, El Salvador, Guatemala, Panamá y Venezuela) y tres en Asia (Camboya, Malasia y Tailandia) (16), un episodio promedio de Dengue representó 14,8 días perdidos para los pacientes ambulatorios y 18,9 días para los hospitalizados. El costo total promedio de un caso ambulatorio no fatal fue de US\$ 514, en tanto que el costo promedio de un caso hospitalizado no fatal fue de US\$ 1.491. En promedio, un caso hospitalizado cuesta tres veces más que un caso ambulatorio. Sumando los pacientes ambulatorios y hospitalizados, y contabilizando el riesgo de muerte, el costo total de un caso de Dengue es de US\$ 828. Al sumar esta cifra con el costo promedio anual de los casos oficialmente reportados de los ocho países estudiados en el período 2001–2005 (532.000 casos), se obtiene un costo de US\$ 440 millones para el Dengue oficialmente notificado. Este estimativo es muy conservador e ignora, no solamente la falta de notificación de los casos, sino también, los costos sustanciales asociados con los programas de vigilancia y control de los vectores (16).

Otro estudio calculó el costo total del Dengue en Colombia se calculó sumando el total de 1) los gastos médicos directos e indirectos; 2) la pérdida de salario debido a muerte prematura; 3) los gastos de prevención, promoción de la salud, control y vigilancia de vectores; y 4) el gasto anual familiar en prevención a nivel nacional. En el 2010, la epidemia del dengue supuso para Colombia un gasto de US\$ 357.189.668, mientras que en el 2012, un año endémico, los gastos socioeconómicos totales del dengue fueron de US\$313.437.342. Por último, al examinarse el costo del dengue para el país en su conjunto, se observa que en el 2012 representó el 0,036% del producto interno bruto, 0,03% del presupuesto nacional general y 0,0385% del presupuesto nacional en salud.(17).

### **Factores que influyen en el incremento de la transmisión de Arbovirus por Aedes spp.**

El cambio climático (18), el crecimiento poblacional, las migraciones y la urbanización no controlada, que provocan el crecimiento de las ciudades, con cinturones de pobreza y falta de servicios básicos, especialmente de los relacionados con el suministro de agua y la eliminación de residuales líquidos y sólidos (19), además de la gran producción de recipientes descartables y neumáticos desechados que sirven como criaderos de mosquitos, son factores que inciden directamente al aumento del riesgo de transmisión de estas enfermedades, a estos factores se

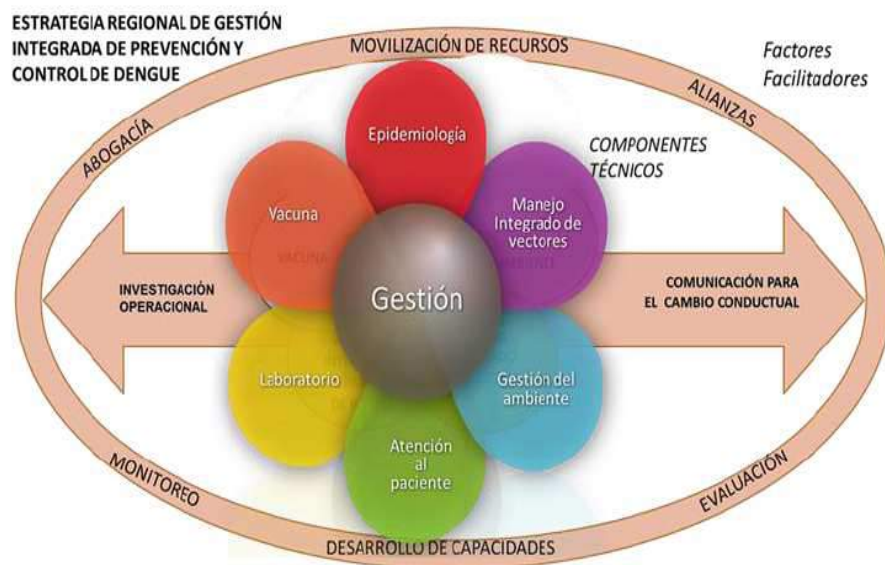


suman, el aumento de los viajes, las migraciones y el deterioro de los programas nacionales de control del vector, perdiendo su capacidad de respuesta para controlar el vector de estos arbovirus.

### **Estrategias de control de vectores**

Desde el año 2003 con el fin de afrontar la problemática del Dengue, la Organización Panamericana de la Salud ha impulsado la adopción y adaptación de la estrategia el control integrado del vector (EGI) (20) en los países de las Américas.

La EGI-dengue es un modelo de gestión que tiene como objetivo fortalecer los programas nacionales con vistas a reducir la morbilidad, la mortalidad y la carga social y económica generada por los brotes y las epidemias de Dengue. Para alcanzar sus objetivos, esta estrategia busca modificar la conducta de las personas y de la comunidad de manera que disminuyan los factores de riesgo de transmisión con medidas coordinadas tanto dentro como fuera del sector salud. Además, llama a elaborar y ejecutar planes nacionales y subregionales integrados que permitan trazar una estrategia nacional sostenible, diseñada por las autoridades y los especialistas de cada país con la cooperación técnica del GT-dengue internacional. Estas estrategias nacionales y regionales deben tener un enfoque inter programático, integrado e intersectorial, basado en una nueva práctica, que permita evaluar y dar continuidad a las acciones con recursos nacionales (21).



Fuente: OPS/OMS Programa Regional de Dengue

Figura 1 Estrategia de gestión Integrada EGI Dengue

Desde el año 2003, 22 países de la Región han elaborado planes nacionales para la prevención y el control del Dengue en el marco de la EGI-Dengue. Además, 20 países han realizado una evaluación de su estrategia con el apoyo de los expertos del Grupo Técnico Internacional del Dengue, sin embargo la situación la transmisión de estas arbovirosis desborda las capacidades de los países, lo que deja al descubierto algunas debilidades de varios de los componentes necesarios para llevarla a cabo

### Herramientas disponibles para el fortalecimiento de la EGI

En la actualidad existen numerosos desarrollos a nivel mundial para cambiar la manera como se ha venido vigilando y controlando los vectores desde hace más de 50 años sin lograr un impacto real en la disminución del Dengue y generando además problemas de resistencia a insecticidas por su mal uso. La circulación de Chikungunya y Zika complican el panorama en términos de discapacidad, carga económica y muertes.

Se efectuó una revisión de viejas y nuevas herramientas para la vigilancia y control de estos vectores se destacan:

## **Existentes**

### **Control de inmaduros:**

- Limpieza de recipientes (Cloro, cepillado, lavado, vaciado)
- Manipulación recipientes (tapado, poliestireno expandible, eliminación, reciclaje llantas)
- Campañas sociales (Combi, Camino Verde, Ecosalud)
- Manejo Ambiental
- Legislación

Tratamiento de recipientes

Cloro y flameo como ovicida

Larvicidas (Organofosforados, Spinosinas, Inhibidores de síntesis de quitina, Juvenoides, Larvicidas microbiales, Películas monomoleculares superficiales, control biológico con peces, copéodos.

### **Nuevos desarrollos:** Hongos entomopatogenos

Existentes

Control de Adultos

Aplicación espacial: Ultrabajo volumen equipo pesado, portátil, termonebulización

Rociado residual intradomiciliario: RRI, tratamiento perifocal

Protección Personal: Repelentes tópicos, espaciales, Toldillos insecticidas de larga duración.

### **Nuevos desarrollos:**

Mosquitos modificados genéticamente:

Esta técnica desarrollada por la empresa Britanica Oxitec, recibió el premio Pioneers 2008 en el Foro Económico Mundial. Ésta consiste en la liberación de machos transgénicos de mosquitos *Aedes aegypti* que llevan un gen "asesino" para que se apareen con las hembras mosquitos, lo que causaría que (casi) toda su progenie muera. Esta es una variante de la Técnica de Esterilización de Insectos (SIT) que ha sido exitosa en el pasado ya que ha exterminado otros insectos vectores (22). Sin embargo, los machos estériles fueron creados mediante rayos X y no mediante ingeniería genética. La técnica empleada se llama "Liberación de Insectos con un Dominante Letal" (RIDL) Los mosquitos están programados genéticamente para morir en su estado larval en ausencia del antibiótico tetraciclina, el cual funciona como un switch genético que permite su reproducción en laboratorio.

Trampas toxicas con azúcar:

Los cebos tóxicos Atractivos de azúcar se fabrican a partir de ingredientes fácilmente disponibles y baratos en las zonas tropicales y subtropicales. Los cebos consisten en un componente bucal tóxico, un componente de azúcar para estimular la alimentación y un componente con aroma atractivo para mosquitos u otros vectores. (23) Las trampas típicas consisten en ácido bórico como toxina oral, azúcar de caña sin refinar como el fuente de azúcar y frutas, flores, semillas y otros materiales perfumados que se extraen de las plantas locales de fuentes de alimentación utilizadas por los mosquitos.(23,24).

Los mosquitos requieren azúcar como su principal fuente de energía. Al imitar el aroma de las plantas proporcionando un atractivo natural para los mosquitos, lo cual hace posible atraer a los mosquitos a trampas con insecticida. Las trampas se pueden establecer junto a zonas con importantes poblaciones de mosquitos (por ejemplo, embalses, estanques de drenaje y alcantarillas en carretera). (23) Este uso de trampas atrayentes para los mosquitos evita la necesidad de fumigación con insecticidas indiscriminada. (23,24).

También se pueden efectuar aspersiones de cebo tóxicos con azúcar sobre la vegetación, esto ha tenido éxito en el control de los mosquitos *Anopheles* spp. en ambientes al aire libre. Las trampas toxicas de azúcar se muestran como un prometedor suplemento a los toldillos tratados con insecticidas de larga duración para el control de mosquitos. (25). Combinado con el uso de estos últimos, al interior de las viviendas con las trampas toxicas tiene el potencial de servir como una estrategia para el manejo de la resistencia a los insecticidas. Las tasas de mortalidad de las trampas eran comparables a los toldillos previamente sometidos al ensayo de la misma especie en la misma zona. (25).

*Wolbachia pipiens*

La bacteria endosymbiotica, *Wolbachia pipientis*, fue descubierta en 1924 por Marshall Hertig y Burt Wolbach en ovarios del mosquito *Culex pipiens* (26), es conocida por infectar naturalmente

a más del 60% de todas las especies de insectos, esta se hereda por vía materna a través de simbiosis bacterianas intracelulares. La introducción exitosa de una cepa de Wolbachia en el vector del Dengue *Ae. aegypti*, reduce a la mitad la vida útil de adultos, esta misma infección de Wolbachia también inhibe directamente la capacidad de una gama de patógenos para infectar esta especie de mosquito que los incapacita para transmitir el Dengue, Chikungunya (27) y recientemente Zika (28) a humanos. Además en el mosquito ocurre un fenómeno llamado incompatibilidad cito plasmática que consiste en Si se cruzan mosquitos macho infectados con hembras infectadas se produce descendencia sin problemas. Si se cruzan mosquitos macho no infectados con hembras infectadas también se produce descendencia; pero cuando los mosquitos machos infectados se cruzan con hembras no infectadas, entonces no se produce descendencia, La razón es que existe una incompatibilidad citoplasmática entre los espermatozoides de uno y los óvulos de la otra. (29).

Hace unos años, investigadores de la Universidad de Monash, en Australia, lograron bloquear completamente la infección en mosquitos *Aedes aegypti* infectándolos con una cepa de Wolbachia aislada de moscas de la fruta, Pero la infección redujo a la mitad la vida de los mosquitos, lo que potencialmente obstaculizaría su capacidad de competir con superioridad con sus contrapartes silvestres no infectadas

Posteriormente, investigadores australianos y estadounidenses descubrieron que una cepa menos agresiva de Wolbachia —que no afecta la expectativa de vida de los mosquitos— sigue siendo altamente efectiva para prevenir que los mosquitos transmitan el dengue. Cuando probaron esta cepa de Wolbachia en mosquitos enjaulados, todos se infectaron rápidamente con ella.

Luego, los investigadores liberaron los mosquitos infectados en áreas silvestres de dos poblados en el norte de Australia. En cada pueblo se liberaron hasta 20.000 mosquitos semanales por diez semanas. Seis semanas después de la última liberación, estos habían transmitido la infección a casi todos los mosquitos silvestres de ambos pueblos. (30).

El siguiente paso para los investigadores es realizar estudios de campo en cuatro países endémicos —Brasil, Indonesia, Tailandia y Vietnam— para ver si los mosquitos infectados con Wolbachia pueden ayudar a prevenir la transmisión del Dengue, Chikungunya y Zika

El Programa mundial Eliminar el Dengue Nuestro Desafío es apoyado por gobiernos y donantes internacionales, incluido Welcome Trust, la Fundación Familia Gillespie, Fundación Tahija y la Fundación de Institutos Nacionales de Salud, parte de la Fundación Bill y Melinda Gates.

## Otros métodos de control

Cortinas y tapas de recipientes con insecticida de larga duración.

Formulaciones de Insecticidas residuales de mayor duración

Trampas succión, (Bg sentinel®, Mosquitaire®, Mosquitio®) y pasivas (Adultrap®, Trampas letales) pegajosas: (Mosquitrap®, Double sticky trap, Ago®, MyMat®, Bite back®, Bg gap®)

Diseminación de larvicidas por mosquitos. (In2 care®)

Tubos de alero (Eave tubes)

Sistemas de vigilancia entomológica en tiempo real vía Celular

Nuevos grupos insecticidas y formulaciones.

Es urgente efectuar cambios sustanciales de los programas de vigilancia y control incrementando recursos humanos capacitados para dar respuesta adecuada y oportuna pretendiendo impactar en la disminución de la carga de estas enfermedades transmitidas por los mismos vectores en los Países de las Américas.

## Bibliografía

Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature.*; 496(7446): 504–507. doi: 10.1038/nature12060 PMID: 23563266.

Brady OJ, Gething PW, Bhatt S, Messina JP, Brownstein JS, Hoen AG. 2012. Refining the global spatial limits of dengue virus transmission by evidence-based consensus. *PLoS Negl Trop Dis.*;6:e1760. doi:10.1371/journal.pntd.0001760.

Organización Mundial de la Salud. 2016. Dengue y Dengue Grave Nota descriptiva [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/.](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/) Fecha última revisión: 16 abril 2016. Fecha último acceso: [julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016. Dengue: PAHO/WHO Data, Maps and Statistics. Informe anual de casos de dengue. [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_topics&view=rdmore&cid=6291&Itemid=40242&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=rdmore&cid=6291&Itemid=40242&lang=es). Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. Alerta Epidemiológica Fiebre por Chikungunya 9 de diciembre 2013. [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&Itemid=270&gid=23807&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&Itemid=270&gid=23807&lang=es). Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016 Chikungunya Datos Estadísticos [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_topics&view=readall&cid=5932&Itemid=40242&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=readall&cid=5932&Itemid=40242&lang=es). Fecha último acceso: [mayo de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016 Zika - Actualización Epidemiológica Regional de la OPS (Américas) - 7 de julio de 2016 [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11599:regional-zika-epidemiological-update-americas&Itemid=41691&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11599:regional-zika-epidemiological-update-americas&Itemid=41691&lang=es). Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Mundial de la Salud. 2016. Declaración de la OMS sobre la primera reunión del Comité de Emergencia del Reglamento Sanitario Internacional (2005) sobre el virus del Zika y el aumento de los trastornos neurológicos y las malformaciones congénitas. <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2016/1st-emergency-committee-zika/es/> Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016. Cumulative Zika suspected and confirmed cases report by country and territories in the Americas 2015-2016, Updated of 7 July 2016. [http://ais.paho.org/phis/viz/ed\\_zika\\_cases.asp](http://ais.paho.org/phis/viz/ed_zika_cases.asp) Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016 Number of reported cases of dengue and severe dengue in the Americas by country figures for 2010 [http://www1.paho.org/hq/dmdocuments/2011/dengue\\_cases\\_2010\\_May\\_20.pdf](http://www1.paho.org/hq/dmdocuments/2011/dengue_cases_2010_May_20.pdf) .Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Ruiz F, González A, Velez A, Gomez F, Zuleta L, Uribe S, Velez I. 2016. Presencia de Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus), 1762 y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. Rev Biomédica;36:303

Ministerio de Salud Chile. 2016 MINSAL decreta alerta sanitaria para intensificar acciones preventivas por mosquito *Aedes aegypti* en Arica. <http://web.minsal.cl/minsal-decreta-alerta-sanitaria-para-intensificar-acciones-preventivas-por-mosquito-aedes-aegypti-en-arica/>. Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Vallejo E. SEDES. Bolivia. 2016. *Aedes aegypti* Cochabamba era libre del vector <http://procosi.org.bo/wp-content/uploads/2016/04/Panel-1-Efrain-Vallejo.pdf>. Fecha último acceso: [Julio de 2016]

Organización Panamericana de la Salud. 2016. Actualización Epidemiológica

Fiebre Amarilla 6 de julio de 2016. [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&Itemid=270&gid=35296&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=35296&lang=es). Fecha último acceso: [Julio de 2016].

Organización Panamericana de la Salud. 2016. Actualización Epidemiológica

Fiebre Amarilla 25 de mayo de 2016.

[http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&Itemid=270&gid=34760&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=34760&lang=es). Fecha último acceso: [Julio de 2016]

Suaya JA, Shepard DS, Siqueira JB, Martelli CT, Lum LCS, Tan LH, Kongsin S, Jiamton S, Garrido F, Montoya R, Armien B, Huy R, Castillo L, Caram M, Sah BK, Sughayyar R, Tyo KR, Halstead SB. 2009. Costs of dengue cases in 8 countries in the Americas and Asia: A prospective study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80:846—855

Castro Rodríguez R, Carrasquilla G, Porras A, Galera-Gelvez K, Lopez Yescas JG, Rueda-Gallardo JA. 2016. The Burden of Dengue and the Financial Cost to Colombia, 2010-2012. *Am J Trop Med Hyg.* May 4;94(5):1065-72. doi: 10.4269/ajtmh.15-0280. Epub 2016 Feb 29.

Anyamba A, Chretien JP, Small J, Tucker CJ, Linthicum KJ. 2006. Developing global climate anomalies suggest potential disease risks for 2006–2007. *Int J Health Geogr.*;28;5(1):60

Organización Panamericana de la Salud. 2009. Dengue guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. 152p.



Organización Panamericana de la Salud 2003. Resolución CD44.R9 DENGUE  
<http://www1.paho.org/spanish/gov/cd/cd44-r9-s.pdf> Fecha último acceso: [Julio de 2016]

San Martín JL, Brathwaite-Dick O. 2007. La estrategia de gestión integrada para la prevención y el control del dengue en la región de las Américas. *Pan Am J Public Health* 21: 55-63

Atkinson MP, Su Z, Alphey N, Alphey LS, Coleman PG, Wein LM. 2007. Analyzing the control of mosquito-borne diseases by a dominant lethal genetic system. *PNAS*, 104, 9540-5.

Muller, G. C., J. C. Beier, S. F. Traore, M. B. Toure, M. M. Traore, S. Bah, S. Doumbia, and Y. Schlein. 2010. Successful field trial of attractive toxic sugar bait (ATSB) plant-spraying methods against malaria vectors in the *Anopheles gambiae* complex in Mali, West Africa. *Malar. J.* 9:210.

Beier JC, Muller GC, Gu W, Arheart KL, Schlein Y. 2012. Attractive toxic sugar bait (ATSB) methods decimate populations of *Anopheles* malaria vectors in arid environments regardless of the local availability of favoured sugar-source blossoms. *Malaria Journal*, (11, 31)

Stewart, Z. P., Oxborough, R. M., Tungu, P. K., Kirby, M. J., Rowland, M. W., & Irish, S. 2013. R. Indoor Application of Attractive Toxic Sugar Bait (ATSB) in Combination with Mosquito Nets for Control of Pyrethroid-Resistant Mosquitoes. *PloS one*, 8(12), e84168

Hertig M, Wolbach SB. 1924. Studies on Rickettsia-Like Micro-Organisms in Insects. *The Journal of medical research*.;44(3):329-74 7. pmid:19972605

Moreira, L. A., Iturbe-Ormaetxe, I., Jeffery, J. A., Lu, G., Pyke, A. T., Hedges, L. M., & Hugo, L. E.. A 2009. *Wolbachia* symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, Chikungunya, and Plasmodium. *Cell*, 139(7), 1268-1278.

Aliota, M. T., Peinado, S. A., Velez, I. D., & Osorio, J. E. 2016. The wMel strain of *Wolbachia* Reduces Transmission of Zika virus by *Aedes aegypti*. *Scientific Reports*, 6.

Morales A. *Wolbachia* ¿una bacteria amiga o enemiga? 2011 *Acta Médica del Centro*, Vol. 5, No. 2.

Hoffmann, A. A., Montgomery, B. L., Popovici, J., Iturbe-Ormaetxe, I., Johnson, P. H., Muzzi, F., & Cook, H. 2011. Successful establishment of *Wolbachia* in *Aedes* populations to suppress dengue transmission. *Nature*, 476(7361), 454-457

## **VECTOS, Sistema integrado de análisis para la toma de decisiones en el control de vectores**

Clara B Ocampo<sup>1</sup>, Neila J. Mina<sup>1</sup>, Maria I. Echavarría<sup>1</sup>, Ana L. Estrada<sup>1</sup>, Neal Alexander<sup>1</sup>, Miguel Acuña<sup>2</sup>, Jorge I. Ramírez<sup>2</sup>, Liliana Estupiñán<sup>2</sup>, Alexi Caballero<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (CIDEIM). Carrera 125 # 19-225, Santiago de Cali-Colombia. <sup>2</sup> Corporación para la investigación de la Corrosión (CIC). Km 2 Vía Refugio - Guatiguará, Sede UIS. Piedecuesta Santander-Colombia

En Colombia y en muchos países de Latino América, la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias de prevención y el control de enfermedades urbanas como el dengue, Zika y chikungunya representa un reto para las autoridades de salud municipal. Una de las mayores limitantes es que la información producto de la vigilancia epidemiológica y entomológica en muchos casos se analiza de forma desarticulada y no estratifica el riesgo de transmisión en los diferentes sectores de la ciudad. Como consecuencia las acciones de control generalmente son reactivas, generalizadas e intermitentes. Esta situación ha llevado a resultados poco satisfactorios y sostenibles en relación al control de su principal vector, el *Aedes aegypti*. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de gestión integral para el análisis espacial de variables epidemiológicas, entomológicas y sociales asociadas a la transmisión de dengue, Zika y chikungunya, y el posterior desarrollo y seguimiento de estrategias focalizadas y priorizadas. Haciendo uso de tecnologías de información y comunicación, se desarrollaron dos aplicaciones móviles (para captura de información entomológica y social) y un sistema web que permite la colección, georeferenciación, y análisis integrado de información utilizando software geoespaciales libres.

El sistema web VECTOS permite visualizar los casos en el mapa local, como también indicadores epidemiológicos, entomológicos y sociales en tiempo real, de tal forma que facilite la toma de decisiones basadas en evidencia. Adicionalmente, a futuro esperamos que el software permita identificar las variables asociadas al riesgo de transmisión, así como estratificar el riesgo a nivel de barrio. Se contará también con una capacidad para hacer planeación de acciones que respondan al contexto local y para realizar seguimiento y evaluación de las estrategias implementadas. Esperamos que esta herramienta ofrezca oportunidades para diseñar estrategias focalizadas y diferenciales de prevención y control basadas en evidencia.

## **Ecosalud un enfoque para el estudio de Dengue, Chikungunya y Zika**

Daniel Elías Cuartas.

*Grupo GESP, Universidad del Valle, Escuela de Salud Pública, Santiago de Cali-Colombia.  
decuartas@grupogesp.com*

El dengue, el zika y el chikungunya son eventos en salud complejos en los que intervienen múltiples factores, sociales, políticos, económicos, biológicos, ecológicos y ambientales. El abordaje de dicha complejidad es necesario para el desarrollo adecuado de medidas, especialmente en escenarios de cambio climático el cual tiene el potencial de producir cambios en la intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos, cambiando así la ecología del vector. En este sentido el enfoque Ecosalud basados en sus principios de transdisciplina, participación, pensamiento sistémico, equidad social y de género, sostenibilidad e investigación para la acción se convierte una oportunidad para el desarrollo de investigación que mejore la comprensión del problema. En este sentido el presente trabajo evaluó la vulnerabilidad en dengue al cambio climático, bajo el enfoque Ecosalud, como un ejercicio informativo para zika y chikungunya

La vulnerabilidad en salud al cambio climático se entiende como una función de la exposición, la sensibilidad, los factores no climáticos y la capacidad de adaptación de una sociedad. Se desarrolló como primer paso un sistema de indicadores que posteriormente, los indicadores se integraron en un diagrama causal con la participación de expertos académicos y actores institucionales. Se desarrolló un sistema de inferencia difuso jerárquico, con el cual se calculó un indicador para cada dimensión y se abordó la incertidumbre debida a la falta de umbrales, los datos imprecisos y la inexistencia de sistemas de comparación,

Se evaluó la vulnerabilidad para 42 municipios que conforman el área de estudio. Se encontró que la vulnerabilidad en el Valle geográfico del río Cauca es principalmente alta (69%) y media (31%), debido a que los eventos climáticos extremos configuraron una exposición alta (87%), así mismo la sensibilidad fue alta (59%), la capacidad de adaptación media (89%) y los factores no climáticos medio (78%).

Conceptos como vulnerabilidad en salud son conceptos complejos que requieren de una medición indirecta, en la cual los enfoques metodológicos que se empleen involucren la imprecisión e incertidumbre debida al déficit de información requerida. Por lo anterior, se definió un sistema de indicadores que se sustentó en la información disponible para Colombia y de igual forma se estableció por medio de los sistemas de inferencia difusa un sistema de evaluación de la vulnerabilidad en salud al cambio climático para el caso del dengue. El potencial de ambos sistemas es que pueden ser replicados en otras partes del país e

incrementar el desempeño obtenido. De la misma manera, la lógica utilizada en este estudio puede ser utilizada en otros sectores, por lo que no es exclusivo para el sector de la salud.

Finalmente, la vulnerabilidad en salud al cambio climático fue alta en el valle geográfico del río Cauca entre 1998 - 2013 en el caso del dengue y su distribución fue diferencial en los municipios que lo conforman. En estudios posteriores será necesario incluir las proyecciones de cambio climático con el objetivo de realizar previsiones y proyecciones.

## **Simposio 4. Agroecología.**

### **Bases agroecológicas del manejo de plagas.**

Miguel Altieri

*PhD, Universidad de California, Berkeley.*

El concepto de manejo integrado de plagas (MIP) surgió a principios de 1970 en respuesta a las preocupaciones sobre los impactos de los plaguicidas en el medio ambiente. Al proporcionar una alternativa a la estrategia de intervención unilateral con productos químicos, se esperaba que el MIP pudiera cambiar la filosofía de la protección de cultivos a una comprensión más profunda de la ecología de los insectos y de los cultivos y que resultaría en una estrategia basada en uso de varias tácticas complementarias (Metcalf y Luckman 1975). Fue previsto que la teoría ecológica proporcionaría una base para predecir cómo los cambios específicos en las prácticas de producción y los insumos podrían afectar los problemas de plagas. También se pensó que la ecología ayudaría en el diseño de sistemas agrícolas menos vulnerables a los brotes de plagas. En estos sistemas los plaguicidas se utilizarían como suplementos ocasionales a los mecanismos de regulación natural. De hecho, muchos autores escribieron artículos y documentos científicos que representan la base ecológica de la manejo de plagas (Price y Walbauer 1975). Pero a pesar de todo este trabajo inicial, que proporciono gran parte de los fundamentos ecológicos necesarios, la mayoría de los programas de MIP se han desviado para convertirse en esquemas de "Manejo Inteligente de Pesticidas" y han fallado en integrar la teoría ecológica en la práctica (Altieri et al 1983).

Una de las principales razones por la cual, la ciencia del MIP ha sido lenta en incorporar un entendimiento ecológico profundo que ayude a los agricultores a ir más allá de los métodos de protección actual, es porque las estrategias de MIP han estado durante mucho tiempo dominadas por la idea de la "bala mágica" que enfatiza el uso de algún producto químico o biológico para controlar los brotes específicos de plagas. Al centrarse en el uso selectivo de pesticidas de acuerdo a un umbral económico pre-determinado, se perpetua el uso de agroquímicos ya que la mayoría de las plagas, a menudo "superan" el umbral en situaciones de monocultivo. Las estrategias MIP tratan los síntomas ( la aparición de plagas) y no las causas raíces de los problemas de plagas ligadas al monocultivo, los cuales a su vez dependen de pesticidas. Es bien conocido, que la estructura y las políticas agrícolas vigentes en muchos países (muchas influenciadas por las presiones de la industria de agroquímicos y de la biotecnología) favorecen a la especialización y los monocultivos de gran escala, las cuales perpetúan la dependencia en los plaguicidas (Altieri y Nicholls 2004).

Todavía prevalece una visión estrecha de que la única forma de abatir ciertas plagas es a través de nuevas tecnologías químicas o genéticas. La industria biotecnológica argumenta que puede llevar al MIP a un nuevo nivel utilizando cultivos transgénicos insertados con genes de Bt que prometen reemplazar el uso de insecticidas sintéticos en el control de plagas de insectos. Sin embargo esta tecnología ya ha encontrado sus primeros límites ya que varias especies de Lepidoptera han desarrollado resistencia a la toxina de Bt ya que la expresión continua de la toxina crea una fuerte presión de selección. Dado que se ha aislado una diversidad de genes de la toxina Bt, los biotecnólogos argumentan que si se desarrolla resistencia pueden usarse formas alternativas de la toxina Bt. Sin embargo, dado que es probable que los insectos desarrollen resistencia múltiple o resistencia cruzada, tal estrategia también está condenada al fracaso (Tabashnik et al 2003).

Por otro lado muchos agricultores que utilizan productos entran en la compra de insumos biológicos tales como los insecticidas microbianos usados ampliamente en lugar de insecticidas químicos. Esta sustitución de insumos sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional; superar el factor limitante, pero esta vez con insumos orgánicos o biológicos. Muchos de estos "*insumos alternativos*" se producen comercialmente en grandes empresas y los agricultores siguen siendo dependientes de los proveedores de insumos, aunque ahora biológicos. En California, los agricultores orgánicos de uvas y fresas aplican entre 12 a 18 diferentes tipos de insumos biológicos por temporada. Además de aumentar los costos de producción, muchos productos utilizados para un propósito pueden afectar otros aspectos del sistema. Por ejemplo, el azufre que se utiliza ampliamente para el control de enfermedades foliares de uvas, también pueden eliminar poblaciones de *Anagrus*, avispas parasíticas, principales reguladores de plagas de cicadelidos o a su vez puede también afectar los ácaros fitoseidos que controlan las arañas rojas en fresas. Por consiguiente, los agricultores quedan atrapados en un lo que se conoce como el "espiral de los insumos orgánicos"

En esta conferencia se argumenta que las soluciones a largo plazo de los problemas de plagas pueden solamente lograrse mediante la reestructuración del manejo de los sistemas agrícolas, de manera que maximicen la construcción de una serie de fortalezas preventivas, utilizando tácticas terapéuticas solo en casos de emergencia y que complementen los procesos de regulación natural. El manejo agroecológico de plagas supone un conocimiento profundo del agroecosistema, incluyendo comprender por que las plagas se adaptan rápidamente a los agroecosistemas, y porque a su vez ciertos agroecosistemas son más susceptibles a las plagas. Para esto es clave conocer los factores naturales que suprimen las poblaciones de plagas, con el objetivo final de promover prácticas agrícolas que fomentan los procesos de regulación biótica. La agroecología entrega herramientas para el diseño de agroecosistemas que por un lado limiten el desarrollo y crecimiento de las poblaciones de insectos plaga y por el otro que sean menos vulnerables a la invasión de estas.

Una manera de seguir avanzando hacia un enfoque más agroecológico del MIP es entonces enfatizando de que la salud de los cultivos y los rendimientos sostenibles de los agroecosistemas se derivan de un equilibrio adecuado entre los cultivos, suelos, nutrientes, luz

solar, humedad, y los organismos existentes. Un agroecosistema es productivo y saludable cuando el balance ecológico prevalece y cuando las plantas siguen siendo resilientes, es decir son capaces de tolerar el estrés y la adversidad. Perturbaciones ocasionales se pueden superar con agroecosistemas vigorosos, que son adaptables, y lo suficientemente diversos como para recuperarse una vez que el estrés ha pasado. Si la causa de la enfermedad o de las plagas se entiende como un desequilibrio, entonces el objetivo del tratamiento agroecológico es recuperar el equilibrio, poniendo en marcha la tendencia natural del agroecosistema a la restauración. Esta tendencia se conoce en la ecología como homeostasis, el mantenimiento de las funciones internas del sistema y de los mecanismos de defensa para compensar los factores de estrés externos. Pero para alcanzar y mantener la homeostasis se requiere romper el monocultivo y diversificar los agroecosistemas. Cuando se simplifican los agroecosistemas, se eliminan grupos funcionales completos de especies, cambiando el equilibrio del sistema de un estado deseado a uno menos deseado, afectando su capacidad para responder a los cambios y generar servicios ecosistémicos. Un agroecosistema que contiene un alto grado de diversidad de respuesta será más resiliente a diversos tipos y grados de perturbaciones.

La agroecología proporciona principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos, resilientes, duraderos, y que conservan los recursos naturales (Altieri 1995). En lugar de centrarse en un componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza la interrelación de todos los componentes del agroecosistema y la dinámica compleja de los procesos ecológicos tales como el ciclo de nutrientes y la regulación de las plagas. Desde una perspectiva de manejo, el objetivo agroecológico es proporcionar un ambiente equilibrado, con rendimientos sostenibles, con una fertilidad del suelo biológicamente mediada y una regulación natural de plagas a través del diseño diversificado de los agroecosistemas y el uso de tecnologías de bajos insumos. La estrategia se basa en principios ecológicos que optimizan el reciclaje de nutrientes y la acumulación de materia orgánica, flujos cerrados de energía, conservación de agua y suelo, que conducen a poblaciones de plagas y enemigos naturales equilibrados. La estrategia aprovecha la complementación que resulta de las diversas combinaciones entre cultivos, árboles y animales en el tiempo y en el espacio. Estas combinaciones determinan el establecimiento de una biodiversidad funcional que presta servicios ecológicos claves que subsidian los procesos ecológicos que subyacen la salud del agroecosistema. En otras palabras, los conceptos ecológicos son utilizados para favorecer los procesos naturales y las interacciones biológicas que optimizan sinergias, de manera que las fincas diversificadas puedan patrocinar su propia fertilidad, protección de cultivos, y productividad a través de la activación de la biología del suelo, el reciclaje de nutrientes, y el incremento de los artrópodos benéficos y antagonistas. Basados en estos principios, los agroecólogos involucrados en el manejo de plagas han desarrollado un marco para alcanzar la salud del cultivo mediante la diversificación del agroecosistema y el mejoramiento de la calidad del suelo, pilares fundamentales de la salud del agroecosistema. El objetivo principal es mejorar la inmunidad del agroecosistema (mecanismos de control natural de plagas) y los procesos reguladores (ciclo de nutrientes y regulación de poblaciones) a través de prácticas de manejo y diseños agroecológicos que incrementan la diversidad genética y de especies, la acumulación de materia orgánica y la actividad biológica de el suelo (Altieri y Nicholls 2004).

En esta conferencia se enfatiza que los agroecosistemas modernos requieren cambios sistémicos, pero los nuevos rediseños de los sistemas agrícolas no surgirán a partir de una receta que aplica un conjunto de prácticas (rotaciones, compostaje, cultivos de cobertura, etc.), sino a partir de la aplicación de ya bien definidos principios agroecológicos. Estos principios pueden ser aplicados por medio de diversas prácticas y estrategias, y cada uno tiene diferentes efectos sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema agrícola. El manejo agroecológico conduce a un buen reciclaje de nutrientes y acumulación de materia orgánica óptimo, a una alta eficiencia energética, a la conservación de agua y suelos y a un equilibrio entre las poblaciones de plagas y enemigos naturales, todos procesos claves para el mantenimiento de la productividad del agroecosistema y su capacidad autosuficiente (Nicholls et al 2016). El desafío de alinear los sistemas agrícolas con principios agroecológicos es inmenso, especialmente en el actual contexto del desarrollo agrícola donde se privilegian la especialización, la productividad a corto plazo y la eficiencia económica.

### Literatura Citada

Altieri, M.A., Martin, P.B. & Lewis, W.J. 1983 A quest for ecologically based pest management systems. *Environmental Management* 7: 91. doi:10.1007/BF01867047

Altieri, M.A., 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.

Altieri, M.A. and C.I. Nicholls. 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. 2nd edition. The Harworth Press, Binghamton, New York, USA.

Metcalf R.L. and W.H. Luckman. 1975. *Introduction to Insect Pest Management* Wiley Interscience, New York, NY. 587 p.

Nicholls CI, Altieri MA, Vazquez L. 2016. *Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems*. *J Ecosys Ecograph* S5:010. doi:10.4172/2157-7625.S5-010

Price, P. and G.P. Waldbauer. 1975. *Ecological aspects of pest management*. Wiley

Interscience, New York. *Introduction to insect pest management* 37-73 pp.

Tabashnik, B.E. et al. 2003. Insect resistance to transgenic *Bt* crops: lessons from the laboratory and field. *J. Econ. Entomol.* 96: 1031–1038



## **El rol ecológico de la biodiversidad en el manejo de plagas.**

Clara Nicholls

*PhD, International and Area Studies, Universidad de California, Berkeley y Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)*

En ninguna otra parte son más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el manejo de plagas agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se pone de manifiesto a través del empeoramiento de los problemas de insectos plaga, ligados a la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación natural, disminuyendo la diversidad del hábitat local. Las comunidades de plantas que se modifican para satisfacer las necesidades especiales de los humanos, quedan inevitablemente sujetas a daños por plagas y generalmente, mientras más intencionalmente se modifican tales comunidades más abundante y serio es el problema de plagas. En la literatura agrícola, están bien documentados los efectos de la reducción de la diversidad de plantas en las erupciones de plagas de herbívoros y patógenos. Tales reducciones drásticas en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente la función del ecosistema con consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola (van Emden y Williams 1974).

Durante décadas los agroecólogos han sostenido que una estrategia clave para el diseño de una agricultura sostenible es reincorporar la diversidad a las parcelas agrícolas y los paisajes circundantes y manejarla más eficientemente. Varias propiedades ecológicas emergen en agroecosistemas diversificados que permiten que el sistema funcione de tal manera que se mantenga la fertilidad del suelo, la producción de cultivos, y la regulación de plagas. Existen muchas prácticas de manejo agroecológico que aumentan la diversidad y complejidad de los agroecosistemas como base para la calidad del suelo, la salud de las plantas y la productividad de los cultivos. Muchos entomólogos y patólogos vegetales creen que la diversidad específica inter (especies) e intra (genética) reduce la vulnerabilidad de los cultivos a enfermedades específicas e insectos plaga (Altieri y Nicholls 2004).

Existe una gran cantidad de literatura que documenta que en los sistemas de cultivos diversificados hay una menor incidencia de plagas de insectos. En los últimos 40 años, muchos estudios han evaluado los efectos de la diversidad de cultivos en las densidades de herbívoros plagas. Un revisión realizada por Risch et al. (1983) resumen 150 estudios publicados sobre el efecto de la diversificación de cultivos en la abundancia plagas de insectos herbívoros; 198 especies de herbívoros en total fueron examinados en estos estudios. Cincuenta y tres por ciento de estas especies resultaron ser menos abundantes en los sistemas más diversificados, 18% eran más abundantes en el sistemas diversificados, el 9% no mostraron ninguna diferencia, y el 20% mostró una respuesta variable. Ocho años más tarde, Andow (1991) analizó los resultados de 209 estudios en los que se incluyen 287 especies plagas, y encontró

que, en comparación con los monocultivos, la población de insectos plaga fue inferior en un 52% de los estudios, y superior solo en un 15% de los estudios. De las 149 especies de plagas con poblaciones inferiores reportadas en sistemas diversificados, 60% eran monófagos, y el 28% polífagos. La población de enemigos naturales de plagas fue mayor en los cultivos intercalados en un 53% de los estudios e inferior en un 9%. La reducción en el número de plagas de insectos monófagos fue casi el doble (53,5% de los estudios de caso mostraron bajos números en policultivos) que para los insectos polífagos (33,3% de los estudios de caso). En un meta-análisis de 21 estudios que comparan la supresión de plagas en policultivos versus monocultivos, Tonhasca y Byrne (1994) encontraron que en policultivos se redujeron significativamente la densidad de plagas en un 64%. En un meta-análisis posterior Letourneau et al., (2011) encontraron un aumento de 44% en la abundancia de enemigos naturales (148 comparaciones), un incremento de 54% en la mortalidad de herbívoros, y un 23% de reducción de daño al cultivo en fincas diversificadas que en sistemas de monocultivo. Inequívocamente, revisiones anteriores y meta-análisis recientes sugieren que los esquemas de diversificación de los sistemas productivos, generalmente logran resultados positivos en el manejo de plagas de insectos, reflejados en el incremento de enemigos naturales, la reducción de la abundancia de herbívoros plaga, y la reducción de daños a los cultivos.

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la bio- diversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas. Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en agroecosistemas, diseñando policultivos que sostienen poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto disuasivo directo sobre los herbívoros. a presentación analiza las varias opciones de diseños del agroecosistema, que basados en la teoría agroecológica actual, conllevan el uso óptimo de la biodiversidad funcional para el control biológico de plagas en campos de cultivo (Nicholls 2008).

Hay varios factores que permiten a los policultivos limitar el ataque de plagas. El cultivo puede estar protegido de las plagas por la presencia física de otro cultivo más alto que estaría actuando como barrera o camuflaje. La asociación de repollo con tomate reduce las poblaciones de polilla del repollo, mientras que las mezclas de maíz, frijol y calabaza tienen el mismo efecto sobre crisomélidos. El olor de algunas plantas también puede afectar la capacidad de búsqueda de ciertas plagas. Los bordes de pasto repelen a cicadélidos del frijol y los estímulos químicos de la cebolla no permiten a ciertas especies de moscas encontrar las zanahorias. También hay cultivos que dentro de una combinación pueden actuar como cultivo trampa. Franjas de alfalfa en algodón atraen al chinche *Lygus*; aunque hay una pérdida de producción de alfalfa, esto representa menor costo que lo que costaría el control de *Lygus* en algodón si no hubiera alfalfa. Igualmente, cultivos de repollo y brocoli sufren menos daño por áfidos y crisomélidos cuando se intercalan con crucíferas silvestres que actúan como atrayentes de estas plagas (Altieri y Nicholls 2004).

Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales (Andow 1991). Ambas sugieren mecanismos claves de regulación en policultivos. Las hipótesis explican que pueden haber

diferentes mecanismos actuando en agroecosistemas distintos y tienden a sugerir los tipos de ensamblajes vegetacionales que poseen efectos reguladores y los que no, y bajo que circunstancias agroecológicas y que tipo de manejo. De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas, ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no hospederas, prevención de inmigración u otros factores (Altieri y Nicholls 2004).

Los monocultivos son ambientes difíciles para inducir una operación eficiente de enemigos naturales debido a que éstos carecen de recursos adecuados para el desempeño óptimo de depredadores y parásitos, y porque en general se usan prácticas que afectan negativamente al control biológico. Los policultivos sin embargo poseen condiciones intrínsecas (diversidad de alimentos y refugios y generalmente no son asperjados con plaguicidas) que favorecen a los enemigos naturales y se les manipula menos. En estos sistemas, la elección de una planta alta o baja, una en floración, una de maduración prematura o una leguminosa puede magnificar o disminuir los efectos de la mezclas de cultivos sobre las plagas. Así, reemplazando o adicionando una diversidad correcta de plantas, es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat que a su vez mejore la abundancia y efectividad de enemigos naturales (Nicholls 2008). La diversificación se produce de muchas maneras: variedad genética y diversidad de especies como en las mezclas varietales y los policultivos, y en diferentes escalas a nivel de parcelas y paisajes como en el caso de la agrosilvicultura, la integración de cultivos y ganadería, los setos vivos, los corredores, etc., proporcionando a los agricultores una amplia variedad de opciones y combinaciones para la implementación de esta estrategia.

### **Literatura Citada**

Altieri MA, Nicholls CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. The Harworth Press, Binghamton, New York, USA, p. 248.

Andow D. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology 36: 561-586.

Letourneau DK, Armbrecht I, Salguero Rivera B, Montoya Lerma J, Jimenez Carmona E, Constanza Daza M, Escobar S, Galindo V, Gutierrez C, Duque Lopez S, Lopez Mejia J, Acosta Rangel A, Herrera Rangel J, Rivera L, Arturo Saavedra C, Torres AM, Reyes Trujillo A. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. Ecological Applications 21(1): 9-21.

Nicholls, C.I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.

Risch SJ, Andow D, Altieri MA. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625–629.

Tonhasca A, Byrne DN. 1994. The effects of crop diversification on herbivorous insects: a meta-analysis approach. *Ecological Entomology* 19(3): 239-244.

van Emden HF, Williams GF. 1974. Insect stability and diversity in agroecosystems. *Annual Review of Entomology* 19: 455 -475.

## Agroecología y Café

Ana María Castro Triana<sup>1</sup>, Johanna Tapias<sup>2</sup>, Aristófeles Ortiz<sup>3</sup>, Ruben Medina<sup>4</sup>, Pablo Benavides<sup>4</sup>, Carmenza E. Góngora<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Candidata a PhD. Universidad de Antioquia. [anitamaria.castro.triana@gmail.com](mailto:anitamaria.castro.triana@gmail.com);  
<sup>2</sup> MSc. [johanna.tapias@cafedecolombia.com](mailto:johanna.tapias@cafedecolombia.com); <sup>3</sup> MSc. [aristofeles.ortiz@cafedecolombia.com](mailto:aristofeles.ortiz@cafedecolombia.com); <sup>4</sup> PhD. [pablo.benavides@cafedecolombia.com](mailto:pablo.benavides@cafedecolombia.com); <sup>5</sup> PhD. [carmenza.gongora@cafedecolombia.com](mailto:carmenza.gongora@cafedecolombia.com). Cenicafe, Chinchiná-Manizales

Colombia cuenta con un área de 948.000 hectáreas sembradas en café, las cuales producen 14,2 millones de sacos, lo que convierte al país en el mayor productor de *Coffea arabica* en el mundo (Federación Nacional de Cafeteros, 2015). Sin embargo, su participación en el creciente mercado de cafés orgánicos es baja. De las 725.627 hectáreas de café orgánico producidas en el mundo, Colombia participa con solo 10,5 hectáreas establecidas y en proceso de conversión (Willer & Lernoud, 2015). Una de las principales razones es la dificultad en el manejo de plagas.

La broca del café es actualmente la principal plaga del cultivo de café en Colombia y el mundo, el daño lo ocasiona el insecto al perforar y barrenar la almendra, lo que conlleva a pérdidas del grano y en muchos casos la caída prematura de los frutos. Además reduce la calidad del producto final (Benavides et al., 2012). El control de esta plaga es complicado debido al ciclo de vida del insecto que transcurre casi en su totalidad dentro del fruto de café y a la presión del clima que influye fuertemente en la densidad poblacional de la plaga en el cafetal (Constantino, 2010).

El Manejo Integrado de la Broca del Café (MIB) ha sido la estrategia utilizada para proteger la cosecha del ataque del insecto. El programa del MIB incluye prácticas de control cultural, biológico y químico que reducen los niveles de daño económico (Benavides & Arévalo, 2002; Bustillo, 2008). Entre estas prácticas, se recomienda una cosecha oportuna, repasar el cafetal una vez se ha terminado la cosecha recogiendo manualmente todos los frutos (maduros, sobremaduros y verdes) que aún queden en los árboles y los frutos caídos al suelo, con el fin de romper el ciclo de vida del insecto. Igualmente se aconseja llevar un registro de la fecha de mayor floración de cada lote para establecer la edad de los frutos y determinar el periodo crítico en el que el fruto es infestado por la broca del café y así mismo, realizar aplicaciones, ya sea con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, o con aplicaciones de insecticidas durante en ese periodo, siempre y cuando la infestación sea igual o mayor al 2% y más del 50% de las brocas estén en el inicio de la penetración del fruto (Bustillo 2008).

Una de las estrategias usadas en el control de insectos, que comienza a estudiarse en café, es el uso de compuestos volátiles emitidos por las plantas de café. Dentro del género *Coffea*, se

han identificado compuestos volátiles involucrados en la atracción o localización de los frutos de café por parte de la broca, principalmente etanoles emitidos en los procesos de maduración (Ortiz et al., 2004; Mendesil et al., 2009; Jaramillo et al., 2013; Dufour et al., 2013). Los compuestos alcohólicos y acetatos están relacionados con la atracción de *H. hampei* (Mendoza, 1991; Mathieu et al., 1998; Cardenas, 2000; Green et al., 2015), es así como para la detección y monitoreo de la broca del café en campo se utilizan trampas de metanol-etanol (Cárdenas, 2000; Borbón et al., 2000; Barrera et al., 2006). Njihia et al. (2014) identificaron los compuestos frontalin y conophthorin emitidos por el grano de café como claves en los procesos de colonización de la broca del café en el cafetal. Sin embargo, son pocos los estudios que identifican compuestos repelentes al género *Hypothenemus*. Entre estos se encuentran reportados dos metabolitos secundarios volátiles repelentes para la broca del café: Z-hex-3-en-1-ol y E-hex-2-en-1-ol (Borbón et al., 2000; Dufour et al. 2013). También se reporta un precursor del isopreno, isopreno sintasa expresado en los frutos de café cuando estos son atacados por la broca, posiblemente ejerciendo una acción alelopática (Idarraga et al., 2012). Estos y otros compuestos, que tienen acción en el comportamiento de la broca del café, se han identificado en otras plantas diferentes a café. Se han evaluado los extractos de *Capsicum frutescens*, *Allium sativum* (Benavides & Góngora, 2015) y de plantas tropicales como *Piper spp.* (Giraldo & Valencia, 2000; Henao, 2008; Santos et al., 2010), *Moringa oleifera* (Santoro et al., 2011), *Tilesia baccata* (Bustamante, 2007), entre otros; estos han mostrado diferentes grados de repelencia en la broca de café. Sin embargo, para la mayoría no se han identificado los compuestos volátiles involucrados ni el efecto de las emisiones de estas plantas dentro de un sistema productivo de café.

Este estudio tiene como objetivo investigar el posible papel de algunas plantas que al utilizarlas como acompañantes dentro del cafetal, ayuden por sus emisiones volátiles en el control de la broca. Las plantas acompañantes es una estrategia agroecológica que al incorporarse rompen el monocultivo y crecen en sinergia con el cultivo principal. Estas plantas pueden actuar de forma directa disminuyendo la concentración del recurso que busca la plaga, impidiendo que lo localice y se establezca, por medio de 1. señales químicas que distorsionan los mecanismos de localización (ya sea porque guían al insecto hacia otro lugar, ejercen repelencia del insecto en el lugar donde se encuentra el hospedante o camuflan o neutralizan el olor de las plantas hospedantes al mezclar los volátiles emitidos) y 2. por barreras físicas que impiden visualizar el recurso o llegar hasta él, y de manera indirecta, suministrando comida y albergando a enemigos naturales que atacan la plaga (Nicholls & Altieri, 2007; Parker et al., 2013).

Existen diversas estrategias para incorporar las plantas acompañantes en un cultivo principal, la más apropiada dependerá de la funcionalidad de las plantas, del tipo de plaga y de las condiciones del sistema de producción. La estrategia de combinar bajo un diseño específico plantas atrayentes y repelentes en el sistema se conoce con el nombre de push-pull (Pyke et al. 1987; Miller y Cowles 1990; Khan et al., 2000; Cook et al., 2007). Esta estrategia agroecológica fue implementada con éxito en el cultivo de maíz, donde los lepidopteros barrenadores *Chilo partellus* (Pyralidae) y *Busseola fusca* (Noctuidae) causaban entre el 20 y 40% de pérdidas totales en el cultivo del maíz en África. Para bajar las densidades de las poblaciones de plaga, aumentar los enemigos naturales, mejorar la calidad del suelo y control de malezas, se

desarrolló esta estrategia de diversificación. El uso combinado de plantas que repelen, sembradas en el interior del cultivo, entre los surcos del maíz como el pasto gordura (*Melinis minutiflora*) y la leguminosa (*Desmodium uncinatum*), y plantas trampa que atraen los lepidopteros sembradas al borde del cultivo como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y el pasto Sudán (*Sorghum vulgare sudanense*), lograron reducir el problema en el cultivo de maíz. Los resultados mostraron un aumento en la producción de 1.8 ton/ha en el lote control a 4 ton/ha en los lotes con el sistema push-pull. Un claro beneficio para lograr este resultado fue el aumento en el parasitismo, de 4.8% larvas parasitadas de *C. partellus* y 0.5% de *B. fusca* pasó a 18.9 % de *C. partellus* y 6.17% *B. fusca* de larvas parasitadas alrededor del cultivo de maíz, donde se encontraba las plantas atrayente. Al interior del cultivo el parasitismo aumentó de 5.4% a 20.7%, con respecto al control. Además, la implementación de *D. uncinatum* redujo la maleza parásita *Striga hermonthica* en un 40% en comparación con el monocultivo de maíz. Las plantas incorporadas son de importancia económica en la producción de forrajes en la zona. Esta tecnología se ha expandido por Kenia, Etiopía, Uganda, Malawi y Tanzania con resultados similares cubriendo más de 15,000 ha y beneficiando a 122,000 campesinos (Khan *et al.* 1997, 2000; 2002, 2011; Cook *et al.* 2007; Khan y Pickett 2008, Amudavi *et al.* 2009).

Con el fin de identificar plantas repelentes y atrayentes para la broca del café, que por sus emisiones volátiles en campo ayuden en el control de la broca, se seleccionaron las siguientes plantas acompañantes: *Crotalaria micans*, *Lantana camara*, *Artemisia vulgare*, *Nicotiana tabacum*, *Calendula officinalis*, *Stevia rebaudiana* y *Emilia sonchifolia*, en su mayoría, identificadas como arvenses de los cafetales colombianos (Gómez & Rivera, 1995; Salazar & Hincapié 2005), que poseen características de repelencia o atracción por sus altos contenidos volátiles, sus flores atraen a posibles enemigos naturales y muestran un buen desarrollo en las condiciones climáticas del eje cafetero, son de fácil acceso para el caficultor y no compiten con la planta de café ni comparten hospedantes. Para evaluar y caracterizar la función repelente y atrayente de estas plantas acompañantes a *H. hampei*. Se evaluó la preferencia del insecto en pruebas de olfatometría, mostrando atracción en *E. sonchifolia* y repelencia en las demás. Es la primera vez que se evalúa el comportamiento de *H. hampei* frente las plantas acompañantes en presencia de frutos de café, simulando condiciones de campo, esto es pertinente, ya que este es el único recurso que el insecto utiliza para su sobrevivencia.

En un lote de 1 ha. de *Coffea arabica* var. Castillo de la Estación Experimental Naranjal de Cenicafé, se evaluaron las plantas: *N. tabacum*, *L. camara*, *C. micans* y *E. sonchifolia*. Basados en los resultados de las pruebas de olfatometría siete plantas fueron escogidas para evaluar en campo. Sin embargo, *A. absinthium*, *C. officinalis* y *S. rebaudiana*, no se lograron establecer, estas plantas son de porte bajo y al sembrarlas bajo el cafetal en producción no tuvieron la cantidad de luz apropiada. Adicionalmente, aumentó la humedad a la que las plantas estaban aclimatadas, de tal manera que no fue posible su establecimiento bajo las condiciones del cafetal. Los resultados mostraron que la infestación de las plantas de café acompañadas por *N. tabacum* fue significativamente inferior con respecto a las plantas de café solas. Esta es la única planta que muestra resultados significativos de repelencia bajo esta prueba. *E. sonchifolia* no mostró atracción o repelencia, contrario a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Cabe resaltar que los porcentajes de infestación en campo para este tratamiento

fueron muy bajos (< del 5%), posiblemente como consecuencia del procedimiento metodológico de infestación diferente con respecto a los demás tratamientos. En este experimento, las infestaciones de broca en el control fueron de 17 y 18%, lo que indica que no hubo preferencia por ningún árbol en particular y la infestación se llevó a cabo aleatoriamente en los cuatro árboles que conformaban la unidad. En los demás tratamientos, a excepción del tratamiento con *E. Sonchifolia*, los porcentajes de infestación en al menos uno de los grupos de árboles estuvieron por encima del 15%. En la comparación entre los tratamientos se evidenció una mayor reducción en la infestación en las plantas de café acompañadas de *N. tabacum*, en promedio con una reducción del 7,05%, que las plantas de café acompañadas por *L. camara*, quien también evitó que *H. hampei* infestara los frutos de café vecinos a ella en un 4,5% bajo las condiciones de este experimento. En menor proporción las plantas acompañadas por *C. micans* con un aumento promedio de 3,24%. Los resultados de esta fase de campo permiten tener una idea del potencial de repelencia a la broca del café de plantas que crecen en la caficultura colombiana y que pueden ser utilizadas en arreglos agroecológicos.

En la identificación de los compuestos volátiles emitidos por *N. tabacum*, *L. camara*, *C. micans* y *E. Sonchifolia*, se evidenció que las plantas que ejercieron repelencia comparten la emisión de  $\beta$ -caryophyllene. Adicionalmente, en *L. camara* se identificó la emisión de mono y sesquiterpenos, entre los que se encuentran: (E)- $\beta$ -ocimene, (E,E)- $\alpha$ -farnesene,  $\alpha$ -humulene,  $\alpha$ -copaene, p-cimene y  $\gamma$ -terpinene. Las plantas atrayentes, *E. sonchifolia* muestra 9 terpenos diferentes de los compartidos por las plantas repelentes y comparte con *C. micans* el compuesto (Z)-3-hexenyl acetate. En *C. micans* se identificaron varias formas de furan: 2(3H)-furanone, dihydro furan, 2-ethyl- y tetra hydro furan y el ácido acético. Para las cuatro plantas evaluadas se encontró la emisión del alcohol (Z)-3-hexenyl-1-ol, este se encuentra reportado como repelente para *H. hampei* (Dufour et al. 2013).

Con *C. micans* se observaron resultados contradictorios entre laboratorio y campo mostrando repelencia en laboratorio y atracción en campo, generando un aumento de la infestación de broca cuando se usó como planta acompañante. *C. micans* emitió en su mayoría compuestos alcohólicos, siendo este el primer reporte del contenido de volátiles para esta especie en particular. El compuesto (Z)-3-hexenyl-1-ol acetate, encontrado en *C. micans* y *E. sonchifolia*, es un compuesto atrayente de diversos géneros y familias de insectos (James 2003; 2005), este compuesto puede estar relacionado con la atracción en *H. hampei* y tiene el potencial de atraer a insectos benéficos. Sin embargo, el mismo compuesto se encuentra reportado por Borbón et al. (2000) como repelente de *H. hampei*. *E. sonchifolia* mostró atracción en las pruebas de laboratorio, aunque no se pudo corroborar su acción en campo debido al bajo porcentaje de infestación en el montaje (< del 5%) y en donde se esperaban infestaciones del 15%, como sucedió en el resto de los tratamientos, razón por la cual no se tuvo en cuenta para la comparación entre tratamientos. Cabe anotar que en la extracción de compuestos volátiles se identificó  $\alpha$ -pineno, compuesto reportado como atrayente para las hembras de broca del café (Mathieu et al., 1998; Costa, 2002).



Este estudio comparó los resultados de tres diferentes acercamientos: 1. pruebas de olfatometría en laboratorio, 2. análisis químico de compuestos volátiles y 3. ensayos de campo, para evidenciar el efecto de repelencia y atracción a *H. hampei* de algunas plantas diferentes a café.

En muchos agroecosistemas se ha estudiado la relación entre la emisión de los volátiles por parte de una planta y la localización de su hospedante, tanto para insectos plaga como benéficos de manera muy específica (De Moraes et al., 1998). Estos compuestos han sido evaluados para su aplicación en café como extractos vegetales o compuestos sintéticos (Mendesil et al., 2009; Dufour et al., 2013; Jaramillo et al., 2013; Nijhia et al., 2014; Green et al., 2015; Benavides & Góngora, 2015). Sin embargo, es la primera vez que se reporta el uso de plantas completas, como parte de un arreglo que permita dirigir o manipular el comportamiento de la broca del café durante el proceso de colonización del cafetal y como posible medida de control del insecto. Es la primera aproximación a la utilización de la diversidad funcional para el caso de repelencia y atracción en el cultivo de café. Establecer bajo un diseño adecuado, plantas dentro del cafetal puede ser una solución a largo plazo y estable en el tiempo. El desafío está en realizar un diseño agroecológico que permita aprovechar los servicios ecológicos de estas plantas no hospedantes, no solo para el control de la plaga sino también para reactivar los procesos sinérgicos en el cafetal (Altieri & Nicholls, 2007). Con este trabajo se comienzan a dilucidar las interacciones que se pueden reconstruir en un cafetal para el control de las poblaciones de *H. hampei*, entendiendo que es el conjunto de emisiones, sus cantidades, las condiciones del ambiente y el manejo del cultivo lo que van tejiendo la compleja red de un agrosistema.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Dr. Ruben Medina por su asesoría en estadística, a los auxiliares de la Disciplina de Entomología de Cenicafé y al equipo de trabajadores de campo del Centro de Experimentación Naranjal por el apoyo en el establecimiento y desarrollo del experimento.

## **Literatura citada**

ALTIERI MA & NICHOLLS CI 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Perspectivas agroecológicas No.2. Junta de Andalucía. Icaria Editorial, Barcelona.

BARRERA JF, HERRERA J, VILLACORTA A, GARCÍA E & CRUZ L 2006. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica (ed. by JF Barrera & P Montoya) Colima, México pp. 71-83. ISBN 970-9712-28-4.

BENAVIDES P & ARÉVALO H 2002. Manejo integrado: una estrategia para el control de la broca del café en Colombia. *Revista Cenicafé, Colombia* 53 (1): 39-48.

BENAVIDES P, GONGORA C, BUSTILLO AE 2012. IPM Program to control coffee Berry borer *Hypothenemus hampei*, with emphasis on highly pathogenic mixed Straits of *Beauveria Bastiana*, to overcome insecticide resistance in Colombia. In: *Insecticides – Advances in integrated pest Management*. (ed. by F Perveen) pp. 511-540.

BENAVIDES P & GONGORA C 2015. Combination of biological pesticide. U.S. Patent No. 20, 150, 359, 229. 17 December 2015. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

BENAVIDES P, GAITÁN A, MONTOYA SC & MEDINA R 2015b. Diagnóstico continuado de broca y roya en la zona cafetera de Colombia. Cuarta evaluación del 2015. Gerencia técnica. Federación Nacional de Cafeteros, Colombia.

BORBÓN O, MORA O, MORA R, OEHLSCHLAGER C, GONZÁLEZ L, ANDRADE R & ÁLVAREZ 2000. Attraction and inhibition of attraction of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. (Coleoptera: Scolytidae). Proceedings International Society of Chemical Ecology (ISCE) 17th Annual Meeting, Pocos de Caldas, Brasil.

BUSTAMANTE AM 2007. Evaluación de 42 extractos vegetales para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari). Trabajo de grado requisito para optar al título de tecnóloga química. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

BUSTILLO AE 2008. Aspectos sobre la broca del café *Hypothenemus hampei*, en Colombia. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Blanecolor Ltda.

CARDENAS RM 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café. *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). Memorias XIX simposio latinoamericano de caficultura. San José, Costa Rica.

CONSTANTINO LM 2010. La broca del café...un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y altitud. Cenicafé. *Brocarta Colombia* 39: 1-2.

COSTA FG 2002. Avaliação de semioquímicos do café para seu emprego em programas de controle e monitoramento da broca do café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Dissertation, Universidade Federal de Viçosa.

DE MORAES CM, Lewis WJ, Paré PW, Alborn HT & Tumlinson JH 1998. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature* 393: 570-573

DUFOUR BP, ETIENNE L, RIBEYRE F & AVELINO J 2013. Field study of the attractant and repellent potential of VOC for the coffee berry borer. Association for science and information on coffee. 24th International Conference on coffee science –CD-ROM edition. Coffee science International conference.

DUQUE H & BAKER PS 2003. Devouring profit: the socio-economics of coffee Berry borer. IPM. The CommoditiesPress- CABI- Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS 2015. Estadísticas históricas. Visita 20 de enero de 2015. Available at: [http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes\\_somos/119\\_estadisticas\\_historicas/](http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes_somos/119_estadisticas_historicas/) [en línea].

GIRALDO N & VALENCIA CE 2000. Evaluación de productos biológicos para el manejo de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera:Scolytidae). Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Santa Rosa de Cabal, Colombia.

GREEN P, DAVIS AP, COSSÉ A & VEGA F 2015. Can Coffee Chemical Compounds and Insecticidal Plants Be Harnessed for Control of Major Coffee Pests? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 9427–9434.

GÓMEZ A & RIVERA H 1995. Descripción de arvenses en plantaciones de café. Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

HENAO LM 2008. Control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con extractos vegetales de plantas de la flora regional. Proyecto de grado para obtener el título de tecnólogo en química. Escuela de tecnología en química. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

IDARRAGA SM, CASTRO AM, MACEA EP, GAITAN AL, RIVERA LF, CRISTANCHO MA & GÓNGORA CE 2012. Sequences and transcriptional analysis of *Coffea arabica* var. Caturra and *Coffea liberica* plant responses to coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) attack. *Journal of Plant Interactions* 7(1):56-70.

JAMES DG 2003. Synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Environmental Entomology* 32: 977-982.

JAMES DG 2005. Further field evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Journal Chemistry Ecology*. 31 (3):481-495.

JARAMILLO J, TORTO B, MWENDA D, TROEGER A, BORGEMEISTER C, POEHLING HM & FRANCKE W 2013. Coffee Berry Borer joins bark Beetles in Coffee Klatch. *Plos One* 8 (9): e74277. doi:10.1371/journal.pone.0074277.

KHAN ZR, PICKETT JA, VAN DEN BERG J, WADHAMS LJ & WOODCOCK CM 2000. Exploiting chemical ecology and species diversity: stemborer and striga control for maize and sorghum in Africa. *Pest Management Science* 56: 957-962.

KHAN ZR Y PICKETT JA 2004. The "push-pull" strategy for stemborer management: a case study in exploiting biodiversity and chemical ecology. In: *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*. CABI publishing, CABI, Wallingford, Oxon, United Kingdom pp. 155-164.

MATHIEU F, MALOSSE C & FREROT B 1998. Identification of volatile components released by fresh coffee berries at different stages of ripeness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:1106-1110.

MENDESIL E, BRUCE TJA, WOODCOCK CM & CAULFIELD JC 2009. Semiochemicals used in Host Location by the Coffee berry Borer, *Journal Chemistry Ecology*. 35: 944-950. doi: 10.1007/s10886-009-9685-6.

MENDOZA MJR 1991. Resposta da broca-do-café, *hypothenemus hampei*, a est.mulos visuais e semioqu.micos. Tesis. Universidad Federal de Vi.osa, Brasil.

NICHOLLS CI & ALTIERI MA 2007. Agroecology: contributions towards a renewed ecological foundation for pest management. In: *Perspectives in Ecological Theory and Integrated Pest Management*. Cambridge: Cambridge University Press pp. 431-468. doi:10.1017/CBO9780511752353.015

NJIHIA TN, JARAMILLO J, MURUNGI L, MWENDA D, ORINDI B, POEHLING HM & TORTO B 2014. Spiroacetals in the colonization behaviour of the coffee berry borer: a 'push-pull' system. *PLoS One*.9 (11):e1111316. doi: 10.1371/journal.pone.0111316.

ORTIZ A, ORTIZ A, VEGA F & POSADA F 2004. Volatile Composition of Coffee Berries at Different Stages of Ripeness and Their Possible Attraction to the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *J Agric Food Chem.* 52: 5914- 5918.

PARKER JE, SNYDER WE, HAMILTON GC & RODRIGUEZ-SAONA C 2013. Companion planning and insecto pest control. doi:10.5772/550441-29.

PICKETT JA, WOODCOCK CM, MIDEGA C & KHAN ZR 2014. Push–pull farming systems. *Current Opinion in Biotechnology* 26:125–132.

SALAZAR LF Y HINCAPIÉ E 2005. Las arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avance técnico* 333. Cenicafé. Chinchiná, Colombia.

SANTORO PH, ZORZETTI J, CONSTANSKI KC & NEVES PMOJ 2011. Repência da broca-do-cafeeiro, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1876) (Coleoptera: curculionidae) a extratos vegetais. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 22 a 25 de Agosto de 2011, Araxá, Brasil.

SANTOS MRA, SILVA AG, LIMA RA, LIMA DKS, SALLET LAP, TEIXEIRA CAD, POLLI AR & FACUNDO VA 2010. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). *Rev. bras. Bot.* [online]. 33(2): 319-324. ISSN 0100-8404. doi:10.1590/S0100-84042010000200012.

WILLER H & LERNOUD J 2015. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2015.* FiBL-IFOAM Report. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Frick and Bonn. Available at: <http://www.organic-world.net/yearbook-2015.html>

## **Simposio 5. Ampliación de la frontera agrícola en Colombia.**

### **Patrones de riqueza de mariposas en paisajes modificados de la región andina colombiana: una revisión preliminar**

Indiana Cristóbal Ríos-Málaver

*Laboratorio de Biología de Organismos, IVIC, Venezuela, cristomelidae@gmail.com. Grupo de Investigación en Ecología y Biogeografía, Universidad de Pamplona, Colombia.*

#### **Resumen**

La rápida conversión de los paisajes naturales debido a los diferentes efectos antropogénicos, han dado lugar al aumento de la frontera agrícola, y con ello la pérdida y fragmentación del hábitat, siendo esta considerada como la amenaza más importante para la diversidad biológica, especialmente para muchas especies de mariposas, uno de los grupos taxonómicos más apropiados para estudios de evaluación ambiental. Con base en lo anterior, se sintetizó la información disponible a partir de 17 publicaciones en 17 localidades que evaluaron la diversidad de especies de mariposas en paisajes modificados de la región Andina colombiana. Se encontró que la mayor riqueza de especies asociada a paisajes modificados se ubica en la franja del bosque subandino y andino (800-2.000 m.s.n.m). Las subfamilias con mayor representación en los diferentes estudios evaluados fueron: Satyrinae, Hesperinae, Eudaminae, Coliadinae, Biblidinae, Ithomiinae y Theclinae. Los paisajes modificados, contienen un gran número de especies de mariposas, tanto generalistas como especialistas, las cuales se han adaptado a los diferentes niveles de disturbio. En esta revisión preliminar, se evidenció que tanto la riqueza como la composición de especies, esta relacionada con un posible grado de heterogeneidad que se atribuye a los diferentes procesos de sucesión vegetal y la combinación de los cultivos convencionales con especies vegetales nativas que ofrecen recursos importantes para el establecimiento de los ensamblajes de mariposas. Los paisajes naturales transformados a agroecosistemas, son un importante reservorio de la biodiversidad de especies de mariposas, por tal razón es importante implementar estudios para identificar opciones de manejo de la biodiversidad en paisajes modificados.

#### **Introducción**

Los paisajes naturales en América Latina, están siendo transformados significativamente por cuenta del desarrollo económico, el cambio climático, la modernización de la ganadería

tradicional y el crecimiento lento de la agricultura campesina (Pacheco *et al.* 2011; Gonzáles *et al.* 2011). Los bosques y sus remanentes, constituyen importantes repositorios de diversidad biológica y reservas de carbono, sin embargo la deforestación, es responsable de cerca del 20% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (Van Der Weff 2009). Las condiciones bióticas y físicas de las formaciones vegetales naturales, son primordiales como fuente del suministro de bienes y servicios ambientales para la población humana. La región Andina colombiana, posee un amplio conjunto de formaciones vegetales, representadas por páramos, bosques altoandinos, andinos y subandinos con algunos enclaves secos (Rodríguez *et al.* 2006), que han cobrado importancia en el contexto nacional y mundial por ser ecosistemas únicos, frágiles y estratégicos, en donde las presiones antrópicas han reducido el hábitat para las especies que allí se desarrollan (Armenteras *et al.* 2003 citado por Rodríguez *et al.* 2006).

La ampliación de la frontera agrícola en Colombia, ha dado paso a un amplio mosaico de paisajes modificados dominados por agroecosistemas, que a su vez contienen una fracción importante de la biodiversidad. Dentro de las formaciones vegetales naturales más afectadas por la expansión de la frontera agrícola en Colombia, se destacan los bosques subandinos de la Cordillera Central, los cuales están representados solo por el 4.76% de su cobertura vegetal original (Rodríguez *et al.* 2006) actualmente empleados para actividades agrícolas, especialmente el cultivo intensivo de café, lo que convierte esta zona de vida vegetal en una de las más vulnerables a desaparecer por causa del aumento de las áreas agrícolas y urbanas. Para la formación de Bosque seco tropical, actualmente en Colombia se cuenta solo con el 8% de su cobertura natural (Rodríguez *et al.* 2006; Pizano y García 2014) la cual se encuentra representada por fragmentos influenciados por la agricultura y ganadería extensiva especialmente en los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena. Finalmente, los paisajes de alta montaña, también han sido modificados por las diferentes actividades humanas, afectando la cobertura forestal natural en los páramos y bosques altoandinos, para el aprovechamiento del recurso arbóreo, o su eliminación para usos agropecuarios viéndose amenazado más recientemente por la actividad minera (Andrade-C 2011).

Por sus diferentes atributos ecológicos y la sensibilidad ante los disturbios en sus ambientes naturales, las mariposas diurnas son un grupo ampliamente usado como indicadores de diversidad y conservación de sus hábitats (DeVries *et al.* 1997; Van Swaay *et al.* 2015), por lo cual el inventario de sus comunidades con medidas de la diversidad, constituye una herramienta importante para evaluar la salud de un ecosistema (Pollard y Yates 1994; Pereira *et al.* 2016). Además, son componentes fundamentales de los ambientes naturales, debido a su papel relevante en la transformación de materia vegetal y animal, y conforman uno de los grupos de insectos más diversificados en cuanto a los roles ecológicos que desempeñan, especialmente en la región Neotropical (Bonebrake 2010).

En paisajes agrícolas, los remanentes de hábitat cumplen un papel importante en el sostenimiento de varios taxones (León-Gonzales 2014), sin embargo, es poco lo que se conoce de su valor para las mariposas diurnas (Papilionoidea) a esta escala en Colombia. Dada la

ausencia de información sintetizada sobre los patrones de diversidad de especies de mariposas asociadas a ambientes alterados en la región Andina colombiana, se seleccionaron y analizaron 17 publicaciones correspondientes a 17 localidades donde se evaluó la diversidad de mariposas. El principal objetivo de esta revisión, es describir los patrones de riqueza de especies de mariposas (Papilionoidea) en los diferentes sitios de estudio evaluados y destacar las subfamilias más representativas para este grupo de insectos, además de determinar los posibles factores que moldean la diversidad de los ensamblajes de mariposas diurnas en paisajes modificados.

## **Materiales y métodos**

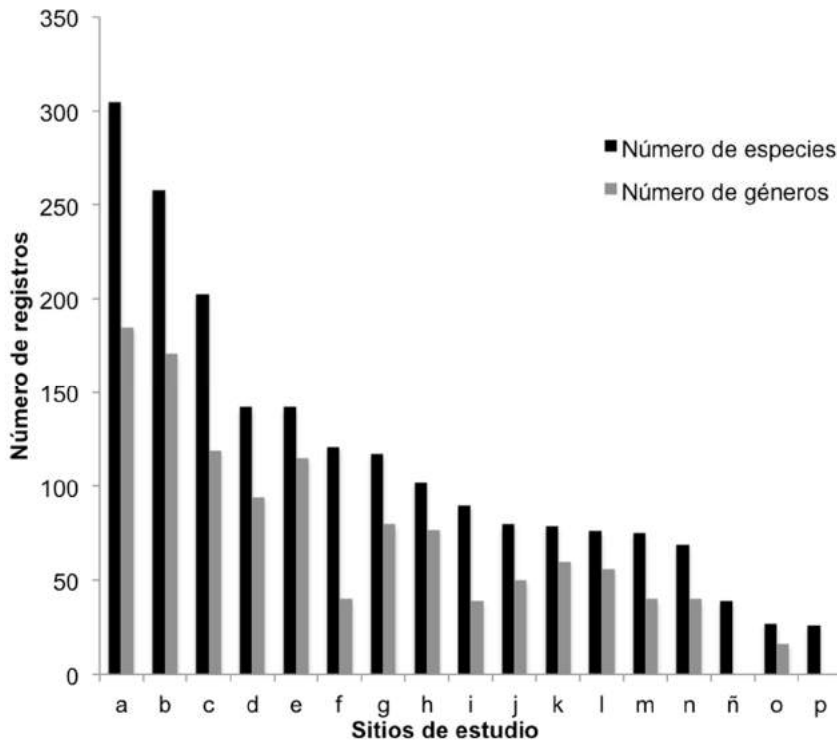
Se realizó la búsqueda de publicaciones que estudiaran la diversidad de los diferentes grupos de mariposas en paisajes modificados en la región Andina colombiana. Se compilaron y tabularon los datos de riqueza de especies, géneros y subfamilias a través del análisis de las listas de especies en las publicaciones que las tuviesen disponibles. Se realizó un análisis descriptivo de la riqueza de especies a partir del número de registros por cada localidad, teniendo en cuenta su elevación, formación vegetal original, tipo de disturbio y efecto del disturbio sobre el ensamblaje de mariposas. Adicionalmente se sintetizó y describió la información más relevante de cada publicación teniendo en cuenta su ubicación geográfica, altitud tipo de disturbio del paisaje, y su efecto en el ensamblaje de mariposas. No se tuvo en cuenta la abundancia relativa de especies registrada en cada estudio, ya que una de las principales limitaciones para realizar comparaciones más profundas entre estos estudios, son el tamaño efectivo del área muestreada, el tiempo y el esfuerzo de muestreo.

## **Resultados**

El mayor número de registros en géneros y especies en las 17 localidades estudiadas, fue para el estudio de Gaviria-Ortíz y Henao-B (2014) en un paisaje modificado por la actividad agrícola y ganadera en Tuluá, Valle del Cauca, Cordillera Central con 305 especies y 185 géneros (Fig. 1), donde los grupos taxonómicos con mayor riqueza de especies fueron Ithomiini, Pyrginae, Satyrinae y Theclinae. En segundo lugar el estudio de Ríos-Málaver (2007) encontró 258 especies y 171 géneros en un fragmento de bosque Subandino ribereño rodeado por una matriz agrícola y un monocultivo de pino, donde las principales subfamilias fueron Pyrginae, Danainae y Nymphalinae. En tercer lugar está el estudio de Tobar-L *et al.* (2002) donde se registraron 203 especies distribuidas en 119 géneros para una localidad con fragmentación del hábitat por agropasturas, donde las subfamilias más representativas fueron Danainae, Riodininae y Charaxinae. El estudio realizado por Giraldo *et al.* (2014) registró 76 especies distribuidas en 56 géneros donde los grupos más ricos en especies fueron Ithomiini y Satyrinae; este es un estudio pionero en la evaluación de la diversidad de mariposas en una plantación cítrica en la región del río Cauca. Los valores más bajos de riqueza en los trabajos evaluados fueron para los estudios de Muriel *et al.* (2011) en un paisaje fragmentado por el cultivo de café, con 27 especies distribuidas en 16 géneros de mariposas (Danainae: Ithomiini), sin embargo en este estudio solo se tuvo en cuenta un solo grupo de mariposas, por lo cual su nivel de riqueza de especies



de Ithomiini es un referente importante en los agroecosistemas cafeteros. Finalmente García-Pérez (2013) registró 26 especies de mariposas en un agroecosistema mixto de: mango, guanabana, cacao-platano y arroz en Nataima, Tolima donde la subfamilia más representativa fue Nymphalinae. Las demás localidades presentaron promedios de riqueza de especies intermedias entre 140 a 26 especies (Fig. 1).



**Figura 1.** Patrones de la riqueza de géneros y especies de mariposas (Papilionoidea) en los diferentes sitios de estudio en paisajes modificados evaluados en la región Andina colombiana. **a.** Gaviria Ortiz y Henao-B (2014). **b.** Ríos-Málaver (2007). **c.** Tobar-L *et al.* (2002). **d.** Ríos-Málaver (2008). **e.** Marín-Gómez *et al.* (2011). **f.** Casas *et al.* (2016). **g.** Orozco *et al.* (2009). **h.** Ascuntar-Osnas *et al.* (2010). **i.** Millán *et al.* (2009). **j.** Vélez-Lemos *et al.* (2009). **k.** Arango *et al.* (2007). **l.** Giraldo *et al.* (2014). **m.** Marín *et al.* (2014). **n.** Olarte-Quiñonez *et al.* (2016). **ñ.** Muriel y Kattan (2009). **o.** Muriel *et al.* (2011). **p.** García-Pérez (2013).

El patrón de riqueza de especies para los diferentes sitios estudiados puede estar relacionado directamente con la formación vegetal original donde se realizó cada estudio. Para este caso, la mayoría de los estudios aquí mencionados, 12 de las 17 localidades se ubicaron en elevaciones entre los 800 a 2.000 metros de altitud, franja altitudinal propia del paisaje de los orobiomas de bosque Subandino y transición al orobioma Andino en las cordilleras Central y Occidental. Tres de las localidades estudiadas se ubicaron dentro del paisaje de Bosque seco tropical para los

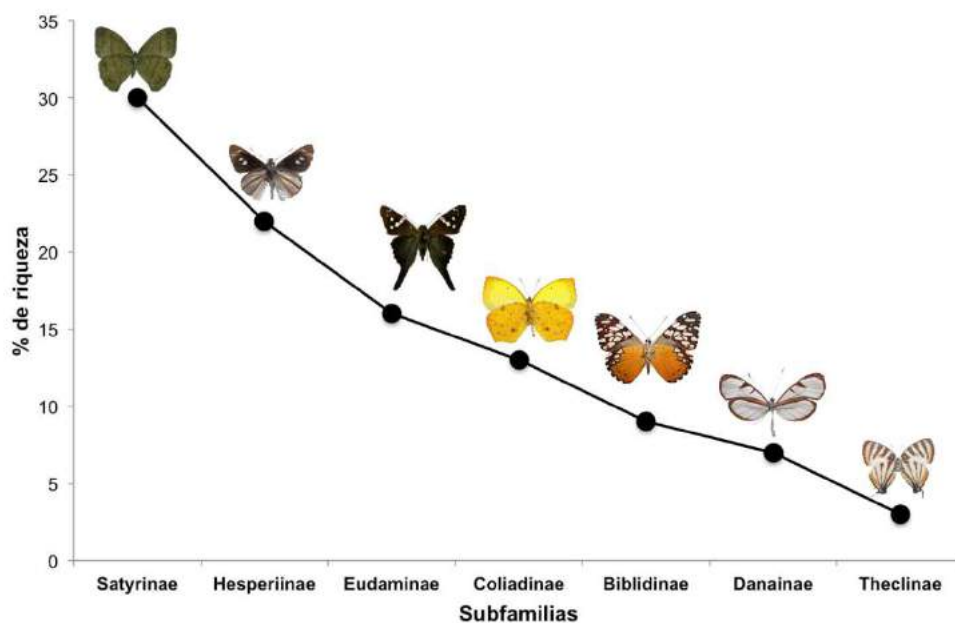
trabajos de Orozco *et al.* (2009), con 117 especies en 80 géneros, Casas *et al.* (2016 en prensa) 121 especies en 40 géneros y García-Pérez (2013) con 26 especies. Dos de estos estudios se realizaron en paisajes de alta montaña, para cordillera Central Marín *et al.* (2014) registraron 75 especies en 40 géneros y una alta representatividad de la subfamilia Satyrinae, y Olarte-Quíñonez *et al.* (2016 en prensa) para diferentes puntos del nororiente de la cordillera Oriental con 69 especies en 40 géneros con las subfamilias Satyrinae y Coliadinae como las mas representativas. Las características y efecto de la modificación en el paisaje sobre el ensamblaje de mariposas para cada estudio evaluado se describen en la (Tabla 1).

**Tabla 1.** Efecto de la modificación del paisaje natural, sobre los ensamblajes de mariposas en la región Andina Colombiana.

Referencia	Sitio	Formación vegetal original	Altitud m.s.n.m	Tipo de disturbio	Ensamblaje de mariposas	Efecto en el ensamblaje
Tobal-L <i>et al.</i> (2002).	Cuenca Alta, Río El Roble, Quindío, Cordillera Central	Transición de bosque Subandino a bosque Andino	1700-2000	Fragmentación del habitat por agro-pasturas	Todas las familias	Se encontraron diferencias en la estructura y composición del ensamblaje de mariposas entre los fragmentos de bosque y pastizales.
Arango <i>et al.</i> (2007).	Ecoparque, Alcazares, Cordillera Central	Bosque Subandino	1730-1960	Fragmentación del habitat por urbanizaciones y actividades agrícolas	Todas las familias	Cambios en la composición y riqueza de especies por efecto de cambios en la cobertura vegetal y mayor número de especies exclusivas.
Ríos-Málaver (2007).	Quebrada El Aguila, Cordillera Central	Bosque Subandino	1750-1900	Fragmentación del habitat por tala selectiva, actividades agrícolas y monocultivos de pino	Todas las familias	Alta riqueza de mariposas, relacionadas al fragmento de bosque ribereño, influenciada por la matriz agrícola y forestal circundante.
Ríos-Málaver (2008).	Resguardo Indígena, Cañamomo y Lomapieta, Cordillera Occidental	Bosque Subandino	1400-1600	Fragmentación por agroecosistema (café, caña, plátano, frutales, yuca, ganadería)	Todas las familias	Mayor riqueza de especies en áreas intervenidas, especialmente la cima de los cerros muestreados.
Millán <i>et al.</i> (2009).	Caloto, Cauca, Cordillera Occidental	Bosque Subandino	1298	Conversión a agroecosistemas (maíz, café, plátano, frutales y tomate)	Todas las familias	Mayor diversidad de especies en zonas abiertas de cercas vivas, con respecto a los cultivos y el bosque riveroño.
Orozco <i>et al.</i> (2009).	San Jeronimo, Antioquia, Cordillera Central	Bosque seco tropical	780	Fragmentación por actividades agrícolas	Todas las familias	Incremento en la diversidad de especies, en el la zona intervenida de arvenses cercana a un parche de bosque continuo.
Muriel y Kattan (2009).	Suroccidente, Antioquia, Cordillera Central	Bosque Subandino	1340-1784	Fragmentación del bosque natural, por cultivos de café	(Nymphalidae: Ithomiini)	El tamaño del fragmento y el tipo de matriz no afectaron la diversidad de especies.
Ascuntar-Osnas <i>et al.</i> (2010).	Cali, Valle del Cauca, Cordillera Occidental	Bosque Subandino a bosque Andino	1600-2500	Fragmentación del habitat natural, por efecto de la eroción	Todas las familias	Mayor riqueza y abundancia de mariposas en las zonas (carcavas) con mayor tiempo de rehabilitación.

Referencia	Sitio y región	Formación vegetal original	Altitud m.s.n.m	Tipo de disturbio	Ensamblaje de mariposas	Efecto en el ensamblaje
Muriel <i>et al.</i> (2011).	Fredonia, Antioquia, Cordillera Central	Bosque Subandino	1350-1850	Fragmentación por cultivos de café	(Nymphalidae: Ithomiini)	La presencia de plantas hospedantes dentro de los cafetales con sombrío, favorece la diversidad de este grupo de mariposas.
Marín-Gomez <i>et al.</i> (2011).	Reserva El Ocaso, Quindío, Cordillera Central	Transición bosque seco tropical, a bosque Subandino	975-1100	Fragmentación por actividades ganaderas	Todas las familias	Mayor riqueza de especies de mariposas en la zona de potrero, con respecto al cultivo de guamo <i>Inga ornata</i> Kunth (Mimosoidea)
García-Perez (2013).	Nataima, Tolima, Valle del Magdalena	Bosque Seco Tropical	380-400	Conversión de la cobertura natural, a un agroecosistema mixto de: mango, guanabana, cacao-platano y arroz	Todas las familias	Mayor riqueza de especies de mariposas en los lotes de mango y guanabano, posiblemente atribuido a la heterogeneidad de estos cultivos
Giraldo <i>et al.</i> (2014).	Anserma, Caldas, Cordillera Central	Bosque Subandino	850	Conversión de la cobertura natural, a un agroecosistema cítrícola	Todas las familias	Alta representatividad de especies de interior de bosque del grupo (Nymphalidae: Danaeinae: Ithomiini)
Marín <i>et al.</i> (2014).	El Romeral, Medellín, Valle de Aburrá, Cordillera Central	Bosque Andino	2500-2800	Fragmentación del hábitat por urbanizaciones y actividades agrícolas	Todas las familias	Se encontraron niveles importantes de diversidad, especialmente en mariposas (Nymphalidae: Satyrinae: Pronophilina)
Gaviria-Ortiz y Henao-B (2014).	Tuluá, Valle del Cauca, Cordillera Central	Transición de bosque seco a bosque Subandino	1300-1500	Alteración de la cobertura vegetal, por actividades agrícolas y ganaderas	Todas las familias	Se encontró una mayor diversidad de mariposas en los estados sucesionales de bosque secundario de 40 años y en rastrojo alto.
Vélez-Lemos <i>et al.</i> (2015).	Cajibío, Cauca, C. Occidental	Bosque Subandino	1765	Fragmentación del hábitat por actividades agrícolas y ganaderas	Todas las familias	Incremento de la riqueza y abundancia de mariposas en el transecto rodeado por una matriz agrícola.
Casas <i>et al.</i> (2016).	Mesa de los Santos, Santander, Cordillera Oriental	Transición de bosque seco tropical, a Subandino	280-1220	Fragmentación del hábitat por ganadería, agricultura y deforestación	Todas las familias	Se encontró una mayor diversidad de mariposas en el paisaje de bosque en transición con respecto al pastizal y bosque maduro "hipotesis del disturbio intermedio.
Olarte-Quiñonez <i>et al.</i> (2016).	Páramos de el Almorzadero y Tamá externo, Cordillera Oriental	Bosque Altoandino y Páramo	2500-3700	Fragmentación de la cobertura vegetal natural, por la ganadería y agricultura	Todas las familias	Incremento de la diversidad asociada a fragmentos de bosque natural, con respecto a las áreas intervenidas por la actividad agrícola y ganadera.

A partir de el promedio de las especies encontradas en las listas de especies en las 17 publicaciones evaluadas, se encontró que la subfamilia Satyrinae (Nymphalidae) tiene una mayor representación en la mayoría de los estudios de diversidad de mariposas en paisajes modificados en la región Andina colombiana (Fig. 2), con el 30% del total de las especies registradas. Las subfamilias Hesperinae y Eudaminae pertenecientes a la familia (Hesperiidae), representaron el 22 y 16% del total de especial en promedio para los estudios evaluados, mientras que grupos como Coliadinae (Pieridae) y Biblidinae (Nymphalidae) estuvieron representados por el 13 y 9%. Las subfamilias con menor representación dentro de esta revisión, fueron Danainae (Nymphalidae) y Theclinae (Lycaenidae) con el 13, nueve, siete y tres por ciento de representatividad en las diferentes localidades (Fig. 2).



**Figura 2.** Porcentaje de la riqueza de las subfamilias de mariposas (Papilionoidea) más representativas en paisajes modificados de la región Andina colombiana.

Muchas de las mariposas pertenecientes a las subfamilias anteriormente mencionadas, contienen especies de amplia distribución geográfica por sus hábitos generalistas y su fácil adaptación a ambientes perturbados (DeVries 1987). Especialmente, grupos como Nymphalinae e Ithomiini poseen un alto grado de adaptación a las diferentes alteraciones de los ambientes naturales (Brown y Freitas 2002) (Tabla 2). Durante su etapa adulta las mariposas diurnas se alimentan de líquidos ricos en minerales como el néctar floral (Krenn 2008), por esta razón los paisajes modificados pueden contener una importante oferta floral la cual es aprovechada por un gran número de especies de mariposas. Al

mismo tiempo existen gremios especialistas que utilizan extractos del polen y hojas como alimento, o también jugos de frutos fermentados y exudados de árboles de los cuales succionan líquidos ricos en componentes importantes para el desarrollo de las mariposas adultas (DeVries 1987).

Estos gremios especialistas también se pueden establecer en paisajes modificados como agroecosistemas, donde la heterogeneidad ambiental, puede estar relacionada con el incremento de la riqueza de especies, incrementando del mismo modo su valor como reservorios de la biodiversidad de especies de mariposas y otros organismos (Ríos-Málaver y Díaz 2013).

La composición y riqueza de los ensamblajes de mariposas, presenta cambios evidentes en los diferentes grupos taxonómicos, por efecto de la modificación en la cobertura vegetal original. Es precisamente la fragmentación de los paisajes naturales, por actividades agrícolas, una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad. La distribución de la riqueza y abundancia de mariposas en paisajes modificados, también esta relacionada con las preferencias alimenticias de las especies. Por ejemplo, en el estudio realizado por Tobar-L (2002), se consideraron dos grupos de especies, el grupo A donde se incluyeron a las mariposas generalistas que predominaron en pastizales donde la estructura de la vegetación es simple, y el grupo B donde se incluyeron las especies de hábitos especialistas, con preferencia a bosques o estructuras de vegetación complejas y de composición florística variada.

En Colombia, se han realizado algunos estudios que evalúan la diversidad de especies de mariposas, especialmente en la región cafetera, donde se ha encontrado que la diversidad de especies, puede ser mayor en áreas intervenidas con matrices de bosque circundante (Ríos-Málaver 2007; Ríos-Málaver 2008; Orozco *et al.* 2009; Millán *et al.* 2009; Marín-Gomez *et al.* 2011; Vélez-Lemos *et al.* 2015). Para la zona cafetera, de Caldas y Antioquia se tienen referentes importantes de la composición de especies de mariposas en diferentes unidades del paisaje en los agroecosistemas cafeteros. Valencia *et al.* (2005) seleccionaron las especies de mariposas diurnas indicadoras de alteración del paisaje, para tres tipos de hábitats: cafetales a libre exposición, cafetales bajo sombrío, y fragmentos boscosos o regeneraciones vegetales. En cada ecosistema se presentaron diferencias, en la riqueza y composición de especies en los diferentes grupos taxonómicos para las diferentes unidades de paisaje (Tabla 2).

**Tabla 2.** Especies de mariposas indicadoras, en tres tipos de paisaje del cultivo de café en dos regiones representativas de la zona central cafetera colombiana, Chinchiná (Caldas) y Venecia (Antioquia). (modificado de Valencia *et al.* 2005).

Cafetales a libre exposición	Cafetales bajo sombrío	Relictos de bosque natural
<i>Anartia amathea</i> (Nymphalinae)	<i>Pareuptychia</i> sp. (Sayrinae)	<i>Ithomia iphianassa alienassa</i> (Danainae: Ithomiini)
<i>Anartia jatrophae</i> (Nymphalinae)	<i>Magneuptychia tiessa</i> (Sayrinae)	<i>Episcada cabensis</i> (Ithomiini)
<i>Junonia evarete</i> (Nymphalinae)	<i>Parataygetis lineata</i> (Sayrinae)	<i>Greta andromica</i> (Ithomiini)
<i>Urbanus simplicius</i> (Eudaminae)	<i>Siproeta epaphus</i> (Nymphalinae)	<i>Dircena jemina jemina</i> (Ithomiini)
<i>Urbanus proteus</i> (Eudaminae)	<i>Hypanartia lethe</i> (Nymphalinae)	<i>Tithorea tarricina parola</i> (Ithomiini)
<i>Urbanus procne</i> (Eudaminae)	<i>Chlosyne lacinia</i> (Nymphalinae)	<i>Mechanitis menapis occaciva</i> (Ithomiini)
<i>Eurema daira</i> (Coliandinae)	<i>Heliconius charitonia bassieri</i> (Heliconiinae)	<i>Oleria amaldina</i> (Ithomiini)
<i>Eresia polina</i> (Nymphalinae)	<i>Pyrgus adepta</i> (Pyrginae)	<i>Heliconius cydno cydnides</i> (Heliconiinae)
<i>Tegosa anieta</i> (Nymphalinae)	<i>Catasticta prioneris albescens</i> (Pierinae)	<i>Heloconius doris obscurus</i> (Heliconiinae)
<i>Actinote equatoria</i> (Heliconiinae)	<i>Catasticta flisa flisoides</i> (Pierinae)	<i>Heliconius erato chestertonii</i> (Heliconiinae)
<i>Dryas iulia iulia</i> (Heliconiinae)	<i>Heraclides thoas realces</i> (Papilioninae)	<i>Pareuptychia metaleuca</i> (Satyrinae)
	<i>Parides eurimedes antheas</i> (Papilioninae)	<i>Oressinoma typlha</i> (Satyrinae)
		<i>Dismorphia crisia foedora</i> (Dismorphiinae)

## Discusión

Los patrones de riqueza de especies para los diferentes ensamblajes de mariposas en paisajes modificados en la región Andina colombiana, muestran que las zonas ubicadas entre los 800 a 2.000 metros de altitud, en la transición del paisaje de bosque seco a subandino, contienen una gran riqueza de especies de mariposas a pesar de los diferentes procesos de intervención. Es precisamente en este nivel altitudinal, donde se

encuentran importantes asentamientos humanos donde la actividad agrícola ha modificado drásticamente el paisaje, especialmente en la región cafetera de la cordillera Central.

La riqueza de especies de mariposas en fragmentos de bosque en la región Andina colombiana, esta influenciada por la matrices agrícolas circundantes (Horner-Devine *et al.* 2003). Estos relictos, pueden ayudar a retener la diversidad de mariposas e incrementar el valor para su conservación además de mantener especies raras y endémicas (Ríos-Málaver 2007)

Los agroecosistemas cafeteros, contienen una importante riqueza de especies de mariposas, y en Colombia se han estudiado especialmente los patrones ecológicos en el grupo (Danainae: Ithomiini). El estudio realizado por Muriel y Kattan (2009) demostró que el tamaño del fragmento y el tipo de matriz no afectaron la riqueza y abundancia de especies en los fragmentos de bosque facilitando el movimiento de las especies de mariposas entre la matriz de café y los fragmentos de bosque. De igual manera, Muriel *et al.* (2011) encontraron siete especies vegetales, importantes en los ciclos de vida de ocho especies de mariposas Ithomiini, donde la diversidad de este grupo de mariposas fue explicada a través de la diversidad de plantas hospedantes y por el sistema de sombrero en el cultivo de café. Las zonas cultivadas de café con sombrero, pueden tener una estructura similar a la de bosques en buen estado de conservación (Perfecto *et al.* 2005) y de este modo un nivel importante de heterogeneidad que ofrece recursos esenciales para mantener la diversidad de mariposas, contribuyendo a evitar la pérdida de especies como resultado de la fragmentación de los bosques naturales (Bhagwat *et al.* 2008). Dentro de los agroecosistemas cafeteros, esta estructura vegetal similar a la de un bosque, favorece el establecimiento de las mariposas Ithomiini, las cuales se caracterizan por preferir ambientes húmedos y con buena cobertura vegetal y son reconocidas como un grupo sensible ante los disturbios de sus ambientes naturales (Uehara-Prado y Freitas, 2008), además de ser importantes indicadores de riqueza de especies de mariposas en los paisajes de la región Neotropical (Beccaloni y Gaston 1995; Giraldo *et al.* 2014)

El aumento de las áreas agrícolas, también promueve el establecimiento de especies de mariposas propias de zonas de cultivos como *Leptophobia aripa* (Boisduval, 1836) de la familia Pieridae (Andrade 2002) y la colonización de otras áreas urbanas y suburbanas por la introducción de plantas de ornamentales, donde también es típico encontrar mariposas como *Anartia amathea* (Linnaeus, 1758) y *Anartia jatrophae* (Linnaeus, 1763) (Nymphalidae) especies propias de áreas abiertas e intervenidas.

Al analizar el patrón de riqueza de las subfamilias en los diferentes estudios, se encontró que grupos como Satyrinae, Biblidinae e Ithomiini, pertenecientes a la familia Nymphalidae tienen una alta representación en los diferentes estudios evaluados, donde su riqueza se incrementa, dependiendo del origen y estructura del paisaje en los diferentes tipos de disturbio y sucesión vegetal en los estudios evaluados.



La cobertura de muestreo es un factor determinante para la mejor precisión en la estimación de la diversidad (Brose *et al.* 2003), razón por la cual este análisis preliminar se debe interpretar a la luz de las limitaciones que ofrece intentar comparar la riqueza de especies de los diferentes ensamblajes de mariposas teniendo en cuenta las diferencias de esfuerzo de muestreo y tamaño del área muestreada que se emplea en las metodologías de cada estudio. Pese a esto, es evidente que existe una variación a nivel de escala, paisaje y origen del disturbio en los estudios involucrados en esta revisión.

Los estudios de la diversidad asociados a sistemas de producción agrícola son un tema actual de interés a nivel mundial (Giraldo *et al.* 2014), por este motivo es importante documentar los patrones de diversidad de los diferentes organismos que aprovechan los paisajes modificados, especialmente por actividades agrícolas y resaltar su importancia como reservorios para el establecimiento de ensamblajes de mariposas y su conservación.

Los diferentes grados de heterogeneidad que presentan los paisajes modificados, se reflejan a través de la presencia de las diferentes comunidades de plantas y animales que en ellos interactúan (Halffter y Rös 2013). El paisaje, al igual que sus componentes geográficos, abióticos y biológicos, tiene una historia y esta puede estar relacionada con los patrones de riqueza de especies de mariposas en ambientes intervenidos. Del mismo modo, es a nivel del paisaje donde se ofrecen mejores condiciones para ver los efectos de las acciones humanas sobre su dinámica (Chown y McGeoch 2011).

## **Conclusiones**

A pesar de que las diferentes actividades humanas ocasionan cambios negativos sobre las coberturas vegetales naturales, las mariposas son insectos con un alto grado de adaptación a los disturbios en sus ambientes naturales, razón por la cual las diferentes matrices de paisajes, especialmente agroecosistemas, contienen una fracción importante de la biodiversidad de especies de mariposas.

El efecto de la transformación de tierras para la agricultura y ganadería propicia un mosaico de hábitats, con cierto grado de heterogeneidad que a través del proceso de sucesión vegetal puede tener una relación directa con los patrones de riqueza de las especies de mariposas en paisajes modificados de la región Andina colombiana.

El estudio de los patrones de la diversidad, dinámica y los requerimientos de recursos de las especies de mariposas en paisajes modificados, es vital para la identificación de opciones de manejo que aborden las necesidades tanto para la conservación de los ensamblajes de mariposas como de los campesinos

## Referencias

ANDRADE-C M.G. 2002. Biodiversidad de las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia. pp. 2: 153-172- En: COSTA, C VANIN, S.A y MELIC, A. (Eds), Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática.

ARANGO-B, L.; MONTES-R, J.M.; LÓPEZ-P, D.A.; LÓPEZ, J.O. 2007. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas-Colombia). Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas 1: 390-409.

ARMENTERAS D. 2003. Modelling the potential distribution of tree species at the national scale using Geographic Information Systems. Tesis PhD, King's College London, Univ. of London, UK.

ANDRADE-C M. G. 2011. Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 35(137): 491-507.

ASCUNTAR-OSNAS, O.; ARMBRECHT, I.; CALLE, Z. 2010. Butterflies and vegetation in restored gullies of different ages at the Colombian western Andes. Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas 14 (2): 169 - 186.

BECCALONI, G.; GASTON, K.J. 1995. Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. Biological Conservation, 71 (1): 77-86.

BONEBRAKE, T.C.; PONISIO, L.C.; BOGGS, C.; EHLRICH, P. 2010. More than just indicators: A review of tropical Butterfly ecology and conservation. Biological Conservation 143: 1831-1841.

BROSE, U.; N. D. MARTÍNEZ; R. J. WILLIAMS. 2003. Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. Ecology 84:2364-2377.

BROWN, K.; FREITAS, A. 2002. Butterfly communities of urban forest fragments in Campinas, Sao Paulo, Brazil: structure, instability, environmental correlates, and conservation. Journal of Insect Conservation, 6: 217-231.

CASAS, C.; DUMAR, J.C.; MAHECHA, O.; RÍOS-MÁLAVAR, I.C. 2016. Diversidad de mariposas (Papilionoidea) en un paisaje de bosque seco tropical, en la Mesa de los Santos Santander, Colombia. SHILAP-Revista de Lepidopterología. (en prensa).

CHOWN S.; MCGEOCH, M. 2011. Measuring biodiversity in managed landscapes. In: Magurran, A. & McGill, B. (Eds.). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford University Press, pp. 252-264.

DEVRIES P., 1987. *The Butterflies of Costa Rica and their natural history, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*: 327 pp. Princeton University Press, Princeton.

DEVRIES, P.J.; MURRAY, D.; LANDE R. 1997a. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rain forest. *Biological Journal of the Linnean Society* 62:343–364.

GARCÍA-PÉREZ J.F. 2013. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) del Centro de Investigación Nataima (Tolima, Colombia). *Scientia Agroalimentaria* 1:11-18.

GAVIRIA-ORTIZ, F.G; HENAO-B, E.R. 2014. Diversidad de mariposas diurnas (Hesperioidea–Papilionoidea) en tres estados sucesionales de un bosque húmedo premontano bajo, Tulua, Valle del Cauca. *Revista Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 3 (2): 49- 80.

GIRALDO, C.E.; MARÍN, M.A; URIBE, S. 2015. Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) asociadas a una plantación cítrica del cañón del río Cauca, Caldas - Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 19 (2): 83-94.

GONZÁLEZ, J.J.; ETTER, A.A.; SARMIENTO, A.H.; ORREGO, S.A.; RAMÍREZ, C.; CABRERA, E.; VARGAS, D.; GALINDO, G.; GARCÍA, M.C.; OORDONEZ, M.F. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 64 p.

HORNER-DEVINE, M.C.; DAYLI, G.C.; EHRLICH, P.R.; BOGGS, C.L. 2003. Countryside Biogeography of Tropical Butterflies. *Conservation Biology*. (17): 168–177.

JOST, L. 2006. - Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.

JOST, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88: 2427–2439.

KOH, L.P.; GARDNER, N. S. 2010. Conservation in human-modified landscapes. pp. 236-258. En: SODHI, N, S.; EHRLICH, P, R. (Eds). *Conservation Biology for All*. Oxford University Press Inc. New York. USA. 358 p.

KRENN H. 2008. Feeding behaviours of Neotropical butterflies. (Lepidóptera, Papilionoidea) zugleich. *Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie* 80: 295-304.

LEÓN-GONZALES E.J. 2014. Diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un paisaje fragmentado de uso ganadero en el Magdalena Medio Antioqueño. Trabajo de grado de M.Sc., Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 79 p.

MARÍN, M.A.; ÁLVAREZ, C.F.; GIRALDO, C.E.; PYRCZ, T.W.; URIBE, S.I.; VILA, R. 2014. Mariposas en un bosque de niebla periurbano en el valle de Aburrá, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 200-208.

MARÍN-GÓMEZ, O.H.; GARCÍA-C, R.; GÓMEZ-M, W.F.; PINZÓN, W. 2011. Diversidad de mariposas y su relación con la fenología reproductiva de *Inga ornata* Kunth (Mimosoidea) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 15 (2): 105 – 118.

MORENO C. 2001. Métodos para medir diversidad. *M&T Manuales y Tesis*. SEA. I: 84, Zaragoza, España. 84.

MILLÁN, C.; CHACÓN, P.; GIRALDO, A. 2009. Estudio de la comunidad de lepidópteros diurnos en zonas naturales y sistemas productivos del municipio de Caloto (Cauca, Colombia). *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*. 13 (1): 185 - 195

MURIEL, S.B.; KATTAN, G. 2009. Effects of Patch Size and Type of Coffee Matrix on Ithomiine Butterfly Diversity and Dispersal in Cloud-Forest Fragments. *Conservation Biology*, Volume 23(4): 948–956

MURIEL, S.B.; MONTOYA, J.; RESTREPO, A.; MUÑOZ, J. 2011. Nuevos registros de plantas hospederas y disponibilidad de recursos para mariposas Ithomiini (Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae) en agroecosistemas de café colombianos. *Actualidades Biológicas* 33 (95): 275-285.

OLARTE-QUIÑONEZ, C.A.; ACEVEDO-RINCÓN, A.; RÍOS-MÁLAVAR, I.C.; CARRERO-SARMIENTO, D.A. 2016. Variación del ensamblaje de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) y su relación con el clima en paisajes de alta montaña en los Andes nororientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical* (en prensa).

OROZCO, S.; MURIEL, S.B.; PALACIO, J. 2009. Diversidad de lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del Occidente Antioqueño. *Actualidades Biológicas* 31 (90): 31-41.

PACHECO, P.; AGUILAR-STØEN, M.; BÖRNER, J.; ETTER, A.; PUTZEL, L.; VERA-DÍAZ, M.D.C. 2011. Transformación de los paisajes tropicales en América Latina. pp. 113-138. En: PETKOVA, E.; LARSON, A.; PACHECO, P. (Eds.). *Gobernanza forestal y REDD+: Desafíos para las políticas y mercados en América Latina*. CIFOR, Bogor, Indonesia. 311 p.

PERFECTO, I.; VENDERMEER, J.; MASS, A.; PINTO, S. L. 2005. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54: 435-446.

PEREIRA-SANTOS, J.; MARINI-FILHO, O.J.; FREITAS, A.V.L.; UEHARA-PRADO, M. 2016. Monitoramento de Borboletas: o Papel de um Indicador Biológico na Gestão de Unidades de Conservação. *Biodiversidade Brasileira*, 6(1): 87-99.

PIZANO, C.; GARCIA, H. 2014.- *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C, Colombia.

POLLARD, E.; YATES, T.J. 1994. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman & Hall London. 288 pp.

RÍOS-MÁLAVAR C. 2007. Riqueza de especies de mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de la quebrada "El Águila" Cordillera Central (Manizales-Colombia). *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas* 11: 272-291.

RÍOS-MÁLAVAR C. 2008. Mariposas diurnas del Resguardo Indígena Cañamomo y Loma prieta Cordillera Occidental (Riosucio –Caldas-Colombia). Informe Técnico, Jardín Botánico Universidad de Caldas, 17 p.

RIOS-MÁLAVAR, C.; DIAZ, P. 2013. Estudio preliminar, de la riqueza y composición de especies de lepidópteros diurnos, en un paisaje agrícola de los Altos Mirandinos (Cordillera de la Costa Venezuela). *Entomotropica* 28(2): 172.

RODRÍGUEZ, M.; ARMENTERAS, D.; MORALES, M.; ROMERO, M. 2006. Ecosistemas de los Andes Colombianos. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C, Colombia. 154p.

UEHARA-PRADO, M.; FREITAS, AV.L. 2008. The effect of rainforest fragmentation on species diversity and mimicry ring composition of Ithomiine butterflies. *Insect Conservation and Diversity*. *Insect Conservation and Diversity*, 2, 23–28.

VALENCIA, M.C.; GIL, P.Z.N.; CONSTANTINO-CH.; L.M. 2005. Mariposas diurnas de la zona Central cafetera colombiana. Guía de campo. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 244 pp.

VAN DER WERF, G.R.; MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S.; OLIVIER, J.G.J.; KASIBHATLA, P.S.; JACKSON, R.B.; COLLATZ, G.J.; RANDERSON, J.T. CO<sub>2</sub> Emissions from forest loss. *Nature. Geoscience*, 2: 737-738.

VAN SWAAY, C.; REGAN, E.; LING, M.; BOZHINOVSKA, E.; FERNANDEZ, M.; MARINI-FILHO, O.J.; HUERTAS, B.; PHON, C.-K.; KORÖSI, A.; MEERMAN, J.; PEER, G.; UEHARA-PRADO, M.; SÁFIÁN, S.; SAM, L.; SHUEY, J.; TARON, D.; TERBLANCHE, R.; UNDERHILL, L. 2015. Guidelines for Standardised Global Butterfly Monitoring. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network, Leipzig, Germany. GEO BON Technical Series 1, 32pp.

VÉLE-LEMONS, D.M.; GALLEGU-ROPERO, M.C.; RIASCOS-FORERO, Y. 2015.- Diversidad de mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera) de un bosque subandino, Cajibío, Cauca. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 19 (1): 263-285.

## **Diversidad en paisajes modificados por el hombre**

Matthias Rös

*Instituto Politécnico Nacional, Catedrático CONACYT, CIIDIR OAXACA, México. Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, C. P. 71230, Oaxaca, México. Contacto: Dr. Matthias Rös, mros@conacyt.mx*

### Introducción

La conservación de la biodiversidad en América tropical depende principalmente de exitosas estrategias aplicadas en paisajes modificados por el hombre. Mientras las áreas naturales grandes (ANPs) son claves para proteger una parte de ecosistemas y especies, su superficie en el año 2014 fue de 15.4% a nivel mundial. Países megadiversos como México y Colombia tienen un porcentaje similar de área bajo protección, alrededor de 13% (CONANP, 2016, SINAP, 2016). Esto significa que los paisajes modificados por el hombre (PMH) ocupan mucho más área, y en consecuencia albergan un mayor porcentaje de la biodiversidad que hay que proteger. En todos los países de Latinoamérica, las poblaciones humanas están creciendo, por lo que es de esperar que áreas que todavía no están bajo uso serán aprovechadas y en general el uso se intensificará. La modificación de paisajes, principalmente la pérdida del hábitat y su fragmentación, son consideradas las mayores amenazas para la biodiversidad (Skole and Tucker, 1993). Por un lado, se ha demostrado que estos procesos antropogénicos han tenido efectos devastadores sobre la diversidad tropical en algunas localidades, y por otro lado se ha mencionado la altísima riqueza de PMH. Entonces, ante este panorama, ¿Cuáles estrategias serían las más eficientes para conservar una alta diversidad en paisajes modificados por el hombre? Para responder esta pregunta, en este trabajo resumo algunos conceptos que describen la modificación de los paisajes, y presentare algunos de los métodos que nos permiten analizar los patrones de la diversidad y los procesos que los determinan. Basado en algunos trabajos de zonas tropicales naturalmente dominadas por bosques y selvas propongo estrategias de investigación, manejo y conservación de la biodiversidad en PMH.

### **Los conceptos**

Dos procesos se asignan principalmente a PMH: La pérdida del hábitat y la fragmentación, lo primero sería la disminución del área de los tipos de vegetación natural y lo segundo su discontinuación. Como detalló Fahrig (2003), aunque sean procesos relacionados, sus efectos pueden ser muy diferentes. Mientras la pérdida de hábitat es considerada en todos los casos negativa, respecto a la fragmentación se han descrito tanto patrones positivos como negativos sobre la diversidad (Haila, 2002). Adicionalmente, relacionado a PMH hay que considerar dos puntos: a) referirnos a

“hábitat”, solamente como el ecosistema natural es insuficiente, ya que realmente deberíamos considerar cada nicho ecológico de todas las especies, que no concuerda simplemente con el ecosistema, y b) el patrón de distribución de muchas especies en un ecosistema natural tampoco es continuo, sino las poblaciones están separadas (o fragmentadas) en tiempo y espacio.

Recientemente se inició un debate sobre dos conceptos opuestos que describen un patrón de uso de paisajes, los cuales son (Greenberg, 1996): a) *Land sharing* –en gran parte del paisaje hay un uso poco o medianamente intensivo, con el cual se mantiene una estructura amigable para la biodiversidad; b) *Land sparing* – hay un uso muy intensivo en una mitad del paisaje, mientras la otra mitad está totalmente libre de uso (Perfecto & Vandermeer (2012) usaron los términos *integración* y *segregación*, respectivamente). En varios trabajos se concluyó que *Land sparing* tiene un mayor potencial para proteger la diversidad (e.g. Phalan et al., 2011, Egan and Mortensen, 2012, Hulme et al., 2013, Green et al., 2005, Edwards et al., 2014). Existen menos trabajos que llegan a resultados donde *Land sharing* debe ser la estrategia al elegir para mantener la diversidad original (Perfecto and Vandermeer, 2012). Algunos estudios concluyen que la estrategia a elegir depende de los contextos de los paisajes, su historia de uso y del ambiente sociocultural (Fischer et al., 2008, Gilroy et al., 2014).

Esto nos lleva a los modelos de paisajes, que se han usado para describir la modificación. Basado en la teoría de la biogeografía de islas (MacArthur and Wilson, 1967) se desarrollaron modelos de paisajes discretos, principalmente binarios (hábitat vs no hábitat). El más conocido es el de parche corredor matriz, propuesto por Forman (1995), donde fragmentos de hábitat original están rodeados por una matriz principalmente inhóspita, y en donde elementos lineales o puntuales podrían servir de corredor para que las especies se desplacen entre fragmentos. Todavía es el modelo más dominante en la ecología del paisaje, lo que ha llevado a que muchos estudios se enfoquen en estudiar los patrones y procesos dentro de los fragmentos (a una escala local) y se ha ignorado el estudio en la matriz (Kupfer et al., 2006). Sin embargo, varios autores han hecho énfasis en que la matriz no es inhóspita (Driscoll, 2005), sino que sirve también de hábitat (Fischer et al., 2005, Franklin and Lindenmayer, 2009, Kupfer et al., 2006, Manning et al., 2004b), lo que ha llevado a que en las últimas dos décadas las investigaciones se hayan enfocado más en el conjunto del paisaje, y nuevos modelos han surgido (Manning et al., 2004a, McIntyre, 2007). Los más importantes son modelos de paisaje continuos, propuestos primero por McIntyre and Hobbs (1999): La modificación del paisaje por el hombre se puede describir como un gradiente continuo, por lo que se puede clasificar un paisaje según el porcentaje del tipo de vegetación original, aunque en estado modificado (porcentajes en paréntesis): intacto (>90%), variegado (90-60%), fragmentado (60-10) o relictual (<10%). A estos diferentes tipos se les asignó un porcentaje del tipo de vegetación original. El modelo de paisajes variegados describe PMH heterogéneos donde varios usos de suelo se intercambian a distancias cortas, con bordes difusos, y se ha constatado que es un mejor modelo para muchos paisajes en los trópicos (Numa et al.,



2005, Rös et al., 2012, Schultz et al., 2014), principalmente en las montañas (Halffter and Rös, 2013).

Muchas veces se ha referido a la Teoría del Disturbio Medio (Connell, 1978) como un ejemplo para explicar la alta diversidad en PMH, lo que en mi opinión es erróneo, aunque hay aspectos en común. La TDM fue propuesta para explicar la alta diversidad en ecosistemas tropicales originales, moldeados por disturbios naturales, que evitan la dominancia de pocas especies, y así permiten una diversidad local mayor. Como consecuencia, no podemos usar la TDM para explicar tanto la diversidad del ecosistema natural como su estado alterado. Sin embargo, los patrones de los disturbios pueden estar relacionados con los patrones de diversidad en PMH. Muchas veces se ha considerado que los disturbios naturales y antropogénicos son muy diferentes respecto a los efectos sobre la diversidad, pero no existe mucha evidencia de que realmente lo sean (Haila, 2002). Al considerar que, dependiendo del contexto geográfico y climático, todas las especies tienen que enfrentarse a perturbaciones naturales (volcanes, terremotos, deslaves, inundaciones, incendios, etc.), estas estrategias de adaptación podrían ayudar a sobrellevar perturbaciones humanas también, lo que se muestra en comportamientos plásticos de muchas especies que aparentemente no parecen estar afectados por las últimas.

### **Los métodos para analizar paisajes**

Aunque hay varias definiciones del término “paisaje”, todas concuerdan en que es un conjunto de elementos diferentes, que se repiten en el espacio con un cierto patrón, y diferente de otros paisajes. Los elementos incluyen tipos de vegetación y de suelo, precipitación y temperatura, disponibilidad de ríos y lagos, gradientes de altitud, etc. Es decir, la heterogeneidad es una característica intrínseca de los paisajes. De la misma manera se establece, que el conjunto de todos los elementos es más que la suma de los elementos, es decir, el conjunto puede tener características, que no tiene ningún elemento que lo conforma por sí solo. Al estudiar paisajes, es importante tomar en cuenta esta heterogeneidad y tener diseños de muestreo adecuados. Un diseño complementario a los tradicionales, que normalmente están enfocados a uno o diferentes tipos de vegetación, representados por unidades de muestreo supuestamente homogéneas, es la aplicación de ventanas. Las Ventanas son muestras representativas del paisaje, que contienen diferentes configuraciones de todos o de los elementos más abundantes (Figura 1). Este diseño no se enfoca en encontrar réplicas de unidades de muestreo, sino más bien se basa en la heterogeneidad de cada paisaje donde réplicas homogéneas difícilmente se encuentran, y que tampoco son representativas para el paisaje. Las preguntas principales que se buscan responder son ¿Cuál es la diversidad que se encuentra en diferentes escenarios de uso en PMH, que parecida o diferente es entre los escenarios (tanto entre como dentro de ventanas), existen umbrales de configuración o composición del paisaje que cambia la diversidad?



**Figura 1.** Una propuesta para estudiar paisajes modificados por el hombre (PMH) son ventanas, muestras representativas del paisaje. En este ejemplo, todas las ventanas consisten de todos los elementos (en este caso cuatro diferentes tipos de vegetación/ uso de suelo), pero difieren con configuración y composición. El diseño de muestreo con las unidades básicas de muestreo difiere según los organismos estudiados (la figura fue tomada de Halffter and Rös, 2013). Los análisis de las diversidades gamma y beta son claves para este tipo de diseño.

Este muestreo se puede aplicar independientemente del modelo de paisaje empleado, pero es especialmente adecuado para modelos de paisaje continuos, e.g. paisajes variegados (Halffter and Rös, 2013, Rös et al., 2012). Los análisis necesarios para calcular métricas de paisaje son bien conocidos y accesibles, pero la gran mayoría fue desarrollada para modelos de paisaje discretos, mientras métricas para los modelos continuos son menos abundantes y discutidas.

### **Los métodos para estudiar diversidad**

Lou Jost (2007, 2006) ofreció a los ecólogos un método poderoso para analizar la diversidad, que además unificó varias medidas de diversidad tradicionales, como los números de Hill, perfiles de diversidad, diversidad beta de Whitaker, índices de Jaccard, Sorensen, Morisita-Horn, índices de dominancia, eficiencia de muestreo y varios más. Esta medida es determinada por la orden  $q$ , que cambia la importancia de la abundancia para el valor de la diversidad. Por supuesto, existe un sinfín de medidas útiles para analizar la diversidad, pero las propuestas de Jost son completas y pueden servir de base para cualquier análisis de diversidad (Ellison, 2010).

## Ejemplos de patrones de diversidad en PMH

Arroyo et al. (2009) estudiaron la diversidad de árboles en un paisaje altamente fragmentado (Los Tuxtlas, México), con parches de selva tropical rodeados por pastizales y cultivos, pero en cercanía de un área grande de selva bien conservada. Encontraron que los parches pequeños tenían incluso mayor riqueza que los grandes, y aportaron especies únicas al paisaje (99% especies de la región). En otro estudio en el mismo paisaje, la diversidad beta fue alta, pero mostró patrones diferentes según el grado de fragmentación de los paisajes (fue aplicado un diseño de ventanas, donde el área de bosque vario entre 4, 11 y 24% del área) y el orden de la diversidad usado.

Murillo-Pacheco et al. (2016), en un paisaje altamente fragmentado del Piedemonte andino-orinoquense (Meta, Colombia), estudiaron la diversidad de árboles alrededor de humedales lenticos, rodeados de una matriz de diferentes usos de suelo y un fuerte desarrollo urbano. Tanto la diversidad gamma como la diversidad beta mostraron valores muy altos. Incluso una gran parte de las especies abundantes difirieron entre los humedales. Alrededor de 80% de las especies fueron típicas para piedemonte en el Meta.

Martínez et al. (2015) investigaron la diversidad de plantas y artrópodos en cultivos de maíz tradicionales en un paisaje heterogéneo, medianamente fragmentado y con un porcentaje de bosques alrededor de 30%. La diversidad de todos los grupos fue alto, pero la diversidad beta fue especialmente alta entre plantas. La cercanía del bosque benefició la diversidad de artrópodos.

Rös et al. (2012) muestrearon en un paisaje variegado montañoso, donde el bosque mesófilo vario entre 60 y 4%, pero en conjunto con bosques secundarios varió entre 90 y 50%. La diversidad de escarabajos del estiércol en el paisaje se incrementó debido a la modificación, 40% de las especies se encontraron exclusivamente en los tipos de vegetación perturbados, y tuvieron principalmente una amplia distribución en tierras bajas tropicales. Sin embargo, las especies del bosque mesófilo se encontraron en todos los tipos de vegetación y en todas las ventanas, la condición variegada resultó en una alta conectividad, aunque las especies tropicales no entraron al bosque mesófilo. La diversidad beta aumento con el grado de modificación de la ventana.

Montoya-Molina et al. (2015) estudiaron un paisaje con un patrón de uso de *Land sharing*, y mostraron que la diversidad de escarabajos del estiércol en sistemas silvopastoriles, que siempre tenían la misma o una mayor diversidad que los bosques o los pastizales sin árboles.

Klein (1989) llevo a cabo un estudio de diversidad de escarabajos del estiércol en la Amazonía, en un paisaje fragmentado, pero rodeado de selvas extensas. La diversidad en

las áreas de tala total bajó dramáticamente comparado con la de la selva. Quintero y Roslin (2005), 14 años después, repitieron un muestreo muy similar en exactamente el mismo lugar, con la diferencia que el bosque secundario había recuperado grandes partes de las áreas de la tala total. En estas áreas la diversidad fue muy similar a la de la selva.

Gardner et al. (2008) muestrearon escarabajos del estiércol en la Amazonia, en un paisaje dominado por selva, bosque secundario, y plantaciones de eucalipto. La diversidad fue una de las más altas de escarabajos que se ha colectado en Latinoamérica. Aunque las plantaciones de eucalipto, una especie introducida de Australia, soportaron mucho menos especies que la selva y el bosque secundario, fue mucho más alta que la de áreas sin árboles (cultivos o pastizales) colectados en otros trabajos en la misma región.

Conclusiones para estrategias de manejo para mantener la mayor diversidad posible en PMH

Varios trabajos en diferentes regiones y ecosistemas tropicales de Latinoamérica muestran que los PMH pueden mantener una alta diversidad a nivel de paisaje. A escalas menores, e.g. tipos de vegetación y uso, muchas veces se observa una menor diversidad comparado con la original. Eso muestra que el uso de la escala adecuada es crucial para la interpretación del impacto del grado de modificación en los paisajes. Como mencionaron von Wehrden et al. (2014), respecto a las ventajas de *Land sharing* o *Land sparing*, tiene mayor importancia hacer conclusiones sobre las diversidades gamma y beta (y menos alfa). Dado que la mayoría de la producción de alimentos se lleva a cabo en parcelas o terrenos sin árboles, mantener la diversidad en estos espacios parece poco posible. El foco debería estar, bajo cualquier esquema de uso, en mantener una alta cantidad de bosques secundarios, sistemas silvopastoriles (Schroth, 2004) e incluso arboles dispersos (Le Roux, 2016) en las áreas modificadas. Cada elemento puede tener un impacto positivo sobre la diversidad gamma, aunque la diversidad alfa sea baja o menor que la de otros elementos del paisaje. La dinámica inherente de un PMH, principalmente causado por perturbaciones naturales (con menor frecuencia) y artificiales (con mayor frecuencia), es un factor clave de considerar. En los últimos años se ha generado evidencia de que sistemas tradicionales, como *roza, tumba y quema* tienen un efecto incluso positivo sobre la diversidad, formando un mosaico de parcelas con diferente dinámica de sucesión. Lo que nos lleva a importancia de la escala temporal, sobre la cual muchas veces carecemos de estudios, debido principalmente a la falta de suficiente recurso económico y personal. La ciencia ciudadana ha sido considerada como una herramienta fuerte de conservación y desarrollo sustentable al apoyar el monitoreo de la diversidad, la planeación del uso de recursos naturales, que podría disminuir el problema de no contar con un numero de datos suficiente en áreas rurales. Por ejemplo, mientras el uso de imágenes satelitales para análisis de paisajes no estaba al alcance de muchas poblaciones rurales, el uso de drones con cámaras, que permite un mapeo del paisaje en cualquier momento y las veces que sea necesaria, ha despertado el interés de varios comunidades y agricultores en México y Centroamérica. Aparte del mejor conocimiento

local que tienen lugareños de un paisaje, también son los más interesados en mantenerlo intacto para su propio beneficio. En Latinoamérica, principalmente en comunidades indígenas, es una realidad sociocultural que su uso tradicional forma PMH que concuerdan con el concepto de *Land sharing*, y es reconocido que estos paisajes son altamente diversos. Aparte, varios de estos PMH se encuentran en las montañas, donde un uso de alta tecnología, basado en máquinas y agroquímicos a escala grande, no es rentable o a incluso imposible. En estos paisajes, la aplicación de *Land sparing* parece, de antemano, inadecuado. Cuál de los dos conceptos se podrían aplicar en un cierto paisaje, depende tanto del contexto socioeconómico e histórico como del ecológico (Fischer et al., 2008, Fischer et al., 2011). Incluso una mezcla de *Land sparing* y *Land sharing* en un mismo paisaje es posible. En cuanto más intensivo se vuelve el uso agropecuario, más espacio exclusivo para la conservación debería estar asignado en un paisaje. Mientras menos intensivo es el uso de tierra, en más espacio debería estar permitido.

Existen evidencias positivas que indican que la conservación de la diversidad original en paisajes modificados por el hombre en zonas tropicales puede ser exitosa a mediano y largo plazo.

## **Bibliografía**

ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; PINEDA, E.; ESCOBAR, F.; BENÍTEZ-MALVIDO, J. 2009. Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. *Conservation Biology*, 23 (3): 729-739.

CONANP 2016. Resolución sobre las cifras oficiales correspondientes a las superficies de las Áreas Naturales Protegidas de competencia federal en México. Versión 1.0: 18pp.

CONNELL, J. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199 (4335): 1302.

DRISCOLL, D. 2005. Is the matrix a sea? Habitat specificity in a naturally fragmented landscape. *Ecological Entomology*, 30 (1): 8-16.

EDWARDS, D. P.; GILROY, J. J.; WOODCOCK, P.; EDWARDS, F. A.; LARSEN, T. H.; ANDREWS, D. J.; DERHÉ, M. A.; DOCHERTY, T. D.; HSU, W. W.; MITCHELL, S. L. 2014. Land-sharing versus land-sparing logging: reconciling timber extraction with biodiversity conservation. *Global change biology*, 20 (1): 183-191.

EGAN, J. F.; MORTENSEN, D. A. 2012. A comparison of land-sharing and land-sparing strategies for plant richness conservation in agricultural landscapes. *Ecological applications*, 22 (2): 459-471.

ELLISON, A. 2010. Partitioning diversity. *Ecology*, 91 (7): 1962-1963.

FAHRIG, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-515.

FISCHER, J.; BATÁRY, P.; BAWA, K. S.; BRUSSAARD, L.; CHAPPELL, M. J.; CLOUGH, Y.; DAILY, G. C.; DORROUGH, J.; HARTEL, T.; JACKSON, L. E. 2011. Conservation: Limits of Land Sparing. *Science*, 334 (6056): 593-593.

FISCHER, J.; BROSI, B.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; GOLDMAN, R.; GOLDSTEIN, J.; LINDENMAYER, D. B.; MANNING, A. D.; MOONEY, H. A.; PEJCHAR, L. 2008. Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6 (7): 380-385.

FISCHER, J.; FAZEY, I.; BRIESE, R.; LINDENMAYER, D. 2005. Making the matrix matter: challenges in Australian grazing landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 14 (3): 561-578.

FORMAN, R. T. T. 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions.*, Cambridge University Press.

FRANKLIN, J.; LINDENMAYER, D. 2009. Importance of matrix habitats in maintaining biological diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (2): 349.

GARDNER, T.; HERNÁNDEZ, M.; BARLOW, J.; PERES, C. 2008. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, 45 (3): 883-893.

GILROY, J. J.; EDWARDS, F. A.; MEDINA URIBE, C. A.; HAUGAASEN, T.; EDWARDS, D. P. 2014. Surrounding habitats mediate the trade-off between land-sharing and land-sparing agriculture in the tropics. *Journal of Applied Ecology*, 51 (5): 1337-1346.

GREEN, R. E.; CORNELL, S. J.; SCHARLEMANN, J. P.; BALMFORD, A. 2005. Farming and the fate of wild nature. *science*, 307 (5709): 550-555.

GREENBERG, R. 1996. Managed forest patches and the diversity of birds in southern Mexico. En: SCHELHAS, J.; GREENBERG, R. (eds.) *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press. Washington D.C.

HAILA, Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*, 12 (2): 321-334.

HALFFTER, G.; RÖS, M. 2013. A strategy for measuring biodiversity. *Acta Zoologica Mexicana (ns)*, 29 (2): 400-411.

HULME, M. F.; VICKERY, J. A.; GREEN, R. E.; PHALAN, B.; CHAMBERLAIN, D. E.; POMEROY, D. E.; NALWANGA, D.; MUSHABE, D.; KATEBAKA, R.; BOLWIG, S.; ATKINSON, P. W. 2013. Conserving the Birds of Uganda's Banana-Coffee Arc: Land Sparing and Land Sharing Compared. *PLoS ONE*, 8 (2): e54597.

JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113 (2): 363-375.

JOST, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88 (10): 2427-2439.

KLEIN, B. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, 70 (6): 1715-1725.

KUPFER, J. A.; MALANSON, G. P.; FRANKLIN, S. B. 2006. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. *Global Ecology and Biogeography*, 15 (1): 8-20.

LE ROUX, D. 2016. Maintaining and perpetuating habitat structures for wildlife in modified landscapes.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*, Princeton Univ Pr.

MANNING, A.; LINDENMAYER, D.; NIX, H. 2004a. Continua and Umwelt: Novel perspectives on viewing landscapes. *Oikos*, 104 (3): 621-628.

MANNING, A. D.; LINDENMAYER, D. B.; BARRY, S. C. 2004b. The conservation implications of bird reproduction in the agricultural "matrix": a case study of the vulnerable superb parrot of south-eastern Australia. *Biological Conservation*, 120 (3): 363-374.

MARTÍNEZ, E.; RÖS, M.; BONILLA, M. A.; DIRZO, R. 2015. Habitat Heterogeneity Affects Plant and Arthropod Species Diversity and Turnover in Traditional Cornfields. *Plos One*, 10 (7): e0128950.

MCINTYRE, S. 2007. The Whole Elephant: Classification and Terminology as Tools for Achieving Generality in Landscape Ecology. En: LINDENMAYER, D.; HOBBS, R. (eds.) *Managing and designing landscapes for conservation: moving from perspectives to principles*. Blackwell Pub.

MCINTYRE, S.; HOBBS, R. 1999. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation Biology*, 13: 1282-1292.

MONTOYA-MOLINA, S.; GIRALDO-ECHEVERRI, C.; MONTOYA-LERMA, J.; CHARÁ, J.; ESCOBAR, F.; CALLE, Z. 2015. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. *Applied Soil Ecology*.

MURILLO-PACHECO, J. I.; RÖS, M.; ESCOBAR, F.; CASTRO-LIMA, F.; VERDÚ, J. R.; LÓPEZ-IBORRA, G. M. 2016. Effect of wetland management: Are lentic wetlands refuges of plant-species diversity in the Andean-Orinoco Piedmont of Colombia? *PeerJ Preprints*, 4: e2138v1.

NUMA, C.; VERDÚ, J.; SÁNCHEZ-PALOMINO, P. 2005. Phyllostomid bat diversity in a variegated coffee landscape. *Biological Conservation*, 122 (1): 151-158.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 2012. Separación o integración para la conservación de biodiversidad: La ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing". *Revista Ecosistemas*, 21 (1-2).



PHALAN, B.; ONIAL, M.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. 2011. Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science*, 333 (6047): 1289-1291.

QUINTERO, I.; ROSLIN, T. 2005. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in central Amazonia. *Ecology*, 86 (12): 3303-3311.

RÖS, M.; ESCOBAR, F.; HALFFTER, G. 2012. How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions*, 18 (4): 377-389.

SCHROTH, G. 2004. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*, Island Press.

SCHULTZ, N. L.; REID, N.; LODGE, G.; HUNTER, J. T. 2014. Broad-scale patterns in plant diversity vary between land uses in a variegated temperate Australian agricultural landscape. *Austral Ecology*.

SINAP. 2016. <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-de-parques-nacionales-naturales/> 2016].

SKOLE, D.; TUCKER, C. 1993. Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988. *Science*, 260 (5116): 1905-1910.

VON WEHRDEN, H.; ABSON, D. J.; BECKMANN, M.; CORD, A. F.; KLOTZ, S.; SEPPELT, R. 2014. Realigning the land-sharing/land-sparing debate to match conservation needs: considering diversity scales and land-use history. *Landscape ecology*, 29 (6): 941-948.

## **Ampliación de la frontera agropecuaria y servicios ecosistémicos**

Fabio R Leiva

*PhD, Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Oficina 422, Facultad de Ciencias agrarias (edificio 500). frleivab@unal.edu.co*

### **Resumen**

Colombia carece de estudios recientes que muestren la magnitud de la ampliación de la frontera agropecuaria. No obstante hay evidencia de procesos de deforestación, conflictos de uso del suelo y pérdida de espejos de agua que indican que la ampliación de la frontera agropecuaria es un fenómeno relevante en Colombia. Ese proceso puede tener consecuencias perjudiciales para el país, particularmente cuando la ampliación de dicha frontera ocurre en zonas frágiles, en áreas de interés ambiental o en ecosistemas estratégicos que ofrecen diferentes servicios ecosistémicos a la sociedad, algunos de los cuales aún son desconocidos, pero no por ello inexistentes. El presente artículo tiene como objetivo revisar aspectos del proceso de ampliación de la frontera agropecuaria en Colombia e ilustrar algunos impactos de dicha ampliación en los servicios ecosistémicos. Al inicio se presentan conceptos asociados a la ampliación de la frontera agropecuaria, incluyendo algunas causas y evidencias de ese proceso; luego se define el concepto de servicios ecosistémicos y se ilustran como casos de estudio los bosques, espejos de agua, suelos, páramos y abejas, exponiendo algunos posibles efectos negativos de esa ampliación en los servicios ecosistémicos. Al final se presentan las conclusiones del documento. El artículo muestra que la ampliación de la frontera agropecuaria sin criterios ambientales conlleva a daños ecológicos considerables, algunos de los cuales pueden resultar de carácter irreversible. El enfoque de servicios ecosistémicos es un paradigma que permite evaluar de manera integral esos daños y brinda herramientas para la gestión ambiental y del territorio. La ampliación de la frontera agropecuaria en Colombia viene ocurriendo en un contexto de debilidades de políticas públicas referidas a tierras y a ordenamiento territorial. En el actual proceso de paz en nuestro país se tiene previsto avanzar en la democratización del acceso a la tierra y en el mejoramiento del ordenamiento territorial.

## **Introducción**

La frontera agropecuaria es la zona de división entre las tierras ocupadas con cultivos o ganado y las tierras ocupadas por vegetación natural (bosques, páramos, praderas, selva) o espejos de agua (lagos, lagunas, humedales). La ampliación de esa frontera ocurre cuando los seres humanos realizan actividades agropecuarias en tierras que no estaban vinculadas a la producción.

La ampliación de la frontera agropecuaria ocurre por diversas razones. Históricamente han existido procesos de colonización de tierras baldías que fueron incorporadas a la actividad agropecuaria (Ramírez 2015); luego con la expansión de esta actividad, vino la presión por nuevas áreas, en un contexto de falta de políticas estatales efectivas para la distribución de la tierra y el ordenamiento del territorio (OT). De otro lado, la violencia armada ha obligado al desplazamiento de campesinos, indígenas, afrodescendientes y pequeños productores hacia nuevas tierras en áreas boscosas o suelos poco aptos para estas actividades (PNUD 2011). Otro fenómeno que explica la expansión de esa frontera está relacionado con grandes proyectos agroindustriales de empresarios nacionales e internacionales (Salinas 2011.).

El concepto de servicios ecosistémicos permite relacionar los ecosistemas y el bienestar humano y se definen como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Este enfoque permite una mirada más integral a los ecosistemas y facilita su comprensión y valoración.

El presente artículo tiene como objetivo revisar aspectos del proceso de ampliación de la frontera agropecuaria en Colombia e ilustrar algunos impactos de dicha ampliación en los servicios ecosistémicos.

## **La ampliación de la frontera agropecuaria**

El país carece de estudios recientes que muestren la magnitud de la ampliación de la frontera agropecuaria. No obstante cuando se consideran indicadores asociados a los conflictos de uso del suelo, a los graves procesos de deforestación y a la pérdida de espejos de agua, se deduce que esa ampliación es un fenómeno relevante en Colombia.

El conflicto en el uso del suelo ocurre cuando la utilización actual no corresponde con la oferta ambiental, bien sea por sobreutilización o por subutilización. El IGAC (2012) reportó sobreutilización en el 15% de los suelos y subutilización en un 13%, y recomendó declarar como áreas de protección y conservación aproximadamente 87 millones de hectáreas. Además, ese estudio mostró la existencia de 22 millones de hectáreas con vocación

agrícola, 4 millones con vocación agroforestal y 15 millones con vocación ganadera. Sin embargo, solo 7.1 millones de hectáreas son utilizadas para agricultura y 34 millones de hectáreas se destinan para ganadería (Censo Nacional Agropecuario 2014). Para garantizar el equilibrio entre la conservación y la producción en Colombia, faltan por declarar con alguna figura de protección aproximadamente 68.7 millones de hectáreas de las 87 millones de hectáreas mencionadas (IGAC 2012).

Según Foley et al. (2005), la mayor huella que el ser humano ha dejado sobre la superficie terrestre ha sido la conversión de los bosques en campos dedicados a la producción agropecuaria. Dichos autores estimaron que alrededor del 40% de la superficie terrestre del planeta se dedica a dicha producción. En Colombia, la deforestación promedio anual para el periodo 1900 – 2010 se estimó en 310.000 hectáreas por año (IDEAM 2009), que corresponde a un 0.3% del territorio nacional y resulta cercana a la superficie del departamento del Atlántico. Las causas de la deforestación son diversas e incluyen además de la ampliación de la frontera agropecuaria, la colonización, la producción de madera para la industria, el uso intensivo de leña, las actividades mineras, la construcción de obras de infraestructura, los cultivos ilícitos y los incendios forestales (MINAMBIENTE, MINCOMERCIO, MINDESARROLLO, DNP, MADR 2000; MADS 2013; IDEAM 2015a). Se estima que la pérdida de cobertura forestal natural está asociadas aproximadamente en un 75% a la expansión de la frontera agropecuaria y a la colonización (PNUD, 2014).

La desecación de ciénagas, lagunas y humedales para fines agropecuarios se ha reportado en la zona Caribe colombiana, en la región Andina y en la Orinoquía. Por ejemplo, en la laguna de Tota, la Ciénaga Grande de Santa Marta, algunos morichales en el Meta y en la laguna de Fúquene (MINAMBIENTE 2002b, Aguilera 2011; González, Romero 2013; IDEAM 2015a), En esta última laguna, Cortés (2004) reportó una pérdida de más de 700 hectáreas en un período inferior a 30 años.

La ampliación de la frontera agropecuaria sigue presentándose en el país en un contexto de debilidad de políticas públicas efectivas para la distribución de la tierra y el OT. Con respecto a la distribución de tierras en Colombia, para el año 2009 el PNUD (2011) reportó que el índice Gini de propietarios ascendió a 0,87 y el de tierras a 0,86 (mientras más cercano a 1 más concentrada está la propiedad). Esto resulta alarmante y colocan a Colombia como uno de los países con más alta desigualdad en la propiedad rural en América Latina y el mundo. Actualmente se busca subsanar parcialmente el problema de tierras mediante la ley 1448 de 2011, “por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones”. Esta ley pretende la restitución de tierras, como un derecho de las víctimas a que se les devuelva su predio cuando este fue despojado o abandonado a causa del conflicto armado. Según esa ley; la restitución de tierras es una parte de la reparación integral de la Ley de Víctimas, por lo cual si una persona fue afectada por otro

tipo de delitos podrá reclamar la indemnización, la rehabilitación, garantías de satisfacción y garantías de no repetición.

De otro lado, el Acuerdo 1 del actual proceso de paz en Colombia plantea el acceso a la tierra como una condición necesaria, mas no suficiente, para garantizar el bienestar de los habitantes del campo y el desarrollo eficiente de la producción; además propone diferentes alternativas según sea la condición de quien reclame el derecho a la tierra (con tierra, sin tierra o con tierra insuficiente) y se establece un fondo de tierras para “democratizar el acceso a la tierra”<sup>1</sup>. Por su parte, la Misión para la Transformación del Campo (Misión rural), propuso reducir la alta concentración de la propiedad y la fragmentación del minifundio, y superar la informalidad generalizada que caracteriza la tenencia de la tierra en el país (DNP 2015).

Con respecto al OT, el PNUD (2011) destaca serias ineficiencias sociales, productivas e institucionales a causa de la inadecuada ocupación productiva y poblacional del territorio; esto ha facilitado la persistencia de conflictos en el uso de los recursos y entre los diferentes actores, a saber quienes invierten para reproducir el capital, los productores agropecuarios y las comunidades que conciben el territorio más allá de su utilización económica. En ese documento, se destaca el OT como un instrumento clave para detener la ampliación incontrolada de la frontera agropecuaria y lograr una reforma rural transformadora. De otro lado, en el Acuerdo 1 del actual proceso de paz, se planea que el OT es un elemento fundamental para garantizar un desarrollo sostenible; allí se, establece un plan para delimitar la frontera agrícola y proteger las áreas de especial interés ambiental, generando alternativas para los pobladores que colindan con ellas o las ocupan y garantizando los principios de participación de las comunidades rurales. Por su parte, la Misión rural propone el “desarrollo ambientalmente sostenible” y el “ordenamiento ambiental” como dos de sus estrategias para avanzar hacia el bienestar y la paz (DNP, 2015).

### **Servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos, esto es “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”, se pueden agrupar en cuatro grandes categorías (Millennium Ecosystem Assessment, 2005):

Servicios de provisión: alimentos, agua fresca, maderas, fibras y combustibles.

---

1 [https://www.mesadeconversaciones.com.co/sites/default/files/Borrador%20Conjunto%20-%20Pol\\_tica%20de%20desarrollo%20agrario%20integral.pdf](https://www.mesadeconversaciones.com.co/sites/default/files/Borrador%20Conjunto%20-%20Pol_tica%20de%20desarrollo%20agrario%20integral.pdf)

Servicios de regulación: climática, de inundaciones, deshechos, purificación del agua, y regulación de enfermedades

Servicios culturales: estéticos, espirituales, educativos y recreacionales

Servicios de soporte que mantienen todos los demás servicios: ciclo de nutrientes, formación del suelo y producción primaria (fotosíntesis).

Los procesos de degradación ambiental afectan negativamente los servicios ecosistémicos, con lo cual se restringe el bienestar humano. Por consiguiente, es necesario que las diferentes actividades económicas sean amigables con el ambiente y tengan en cuenta dichos servicios para el bienestar de todos. No obstante, en las actividades productivas actualmente priman las visiones sectoriales, p. ej. agropecuario, catastral, minero, construcción, en las cuales sólo interesa el bien particular en detrimento del social. Estas visiones conceptualizan los ecosistemas de manera parcial y según sus intereses, reduciendo el ambiente a un “recurso” o conjunto de recursos para ser aprovechado o explotado en beneficio privado (Mesa 2010; Mesa 2013). La visión sistémica, por el contrario, tiene una perspectiva integral de los ecosistemas y sus diferentes componentes (agua, suelo, aire, biodiversidad), y propende por actividades económicas que causen el menor daño ambiental posible o bien su mejoramiento. En esa visión integral, por supuesto, deben considerarse la conservación de los servicios ecosistémicos que prestan ecosistemas en particular (MADS, 2012).

El enfoque de los servicios ecosistémicos se ha convertido en un paradigma dentro de la gestión ambiental, involucrando diferentes disciplinas científicas para la búsqueda de desarrollos conceptuales y metodológicos que permitan su vinculación con la toma de decisiones (MADS 2012; IAvH 2015). En particular, el Instituto von Humboldt viene adelantando estudios para hacer operativos varios de los puntos que se señalan en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE (MADS 2012), mediante la Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (VIBSE) y otros métodos complementarios construidos desde una perspectiva del análisis de los sistemas socioecológicos, de los juegos económicos y de los juegos de rol. Se destaca la reconceptualización del territorio “como un sistema socioecológico, en el cual la relación entre el ser humano y la naturaleza constituye una nueva visión del sistema con propiedades emergentes de autoorganización, en donde no solo interesan los componentes sociales o ecológicos individuales sino que también son de gran importancia las interacciones entre estos”. (IDEAM 2015a).

El conocimiento de los servicios ecosistémicos es aun limitado. Actualmente desconocemos muchos aspectos del funcionamiento de la naturaleza, pero esto no significa que los servicios que nos presta sean irreales. Mediante el enfoque de los

servicios ecosistémicos se pretende brindar herramientas e insumos para la gestión ambiental y del territorio.

### **Servicios ecosistémicos en casos de estudio específicos**

A continuación se ilustran los principales servicios ecosistémicos de algunos casos de estudio, incluyendo impactos negativos de la degradación ambiental en bosques, espejos de agua, suelos, páramos y abejas.

**Bosques:** Los bosques son uno de los ecosistemas más complejos que existen. En Colombia, se encuentra diferentes ecosistemas de bosques, entre estos: bosques basales (por debajo de 800 msnm), subandinos (entre 800 y 1800 msnm), andinos (1800 a 2800 msnm) y alto andinos (2800 a 3500 msnm), que a su vez pueden ser de carácter seco (p. ej. Bosque andino seco), húmedo (Bosque subandino húmedo) o inundable (p. ej. bosque de galería inundable basal), según el ciclo hidrológico que corresponda (IDEAM, 2015a).

Los bosques prestan servicios ecosistémicos fundamentales tales como (CONIF, FAO 2004; PNUMA 2012; PNUD 2014; IDEAM 2015a):

- i. Refugio y hábitat para seres humanos
- ii. Albergue y conservación de la biodiversidad
- iii. Madera para combustible (leña) y carbón vegetal
- iv. Madera industrial
- v. Productos no madereros (ej. caucho, palmito, colofonia)
- vi. Producción de alimento, forraje, fibra y productos medicinales
- vii. Formación de suelos y reciclaje de nutrientes
- viii. Retención y provisión de agua
- ix. Regulación y recarga de acuíferos
- x. Control y regulación de caudales
- xi. Prevención de desastres (inundaciones, deslizamientos)
- xii. Retención de sedimentos
- xiii. Fijación de CO<sub>2</sub> y almacenamiento de carbono
- xiv. Empleo
- xv. Valores culturales
- xvi. Recreación y turismo
- xvii. Ayuda a estabilizar el clima global, mitigación del cambio climático y adaptación a éste

La intervención del bosque nativo en muchas ocasiones conduce a su degradación, con efectos negativos sobre sus servicios ecosistémicos, y por consiguiente pérdida de biodiversidad, reducción de productos madereros y no madereros, procesos de erosión, sedimentación, inundaciones y derrumbes que afectan la estructura vial, la producción agropecuaria y la calidad de vida (PNUMA 2012; PNUD 2014).

Los bosques se encuentran bajo presión creciente debido al cambio climático que ha inducido cambios en las temperaturas medias anuales y en los patrones de precipitación, y a eventos climáticos más extremos y frecuentes. Además, las actividades antrópicas orientadas a la extracción de madera y leña en respuesta a la demanda global creciente de productos forestales, y la expansión de la frontera agropecuaria siguen siendo causas primarias de la deforestación y destrucción de los bosques (PNUMA, 2012).

**Espejos de agua:** las lagunas, los lagos, las ciénagas y los humedales son fundamentales en la provisión de agua y en general en el ciclo hidrológico; además, son el hábitat de un sinnúmero de especies, algunas endémicas, que pueden ser de interés alimentario y económico, tales como los peces comestibles y los ornamentales. Los espejos de agua prestan los siguientes servicios ecosistémicos (RAMSAR sf; MINAMBIENTE 2002b):

- i. Control de inundaciones
- ii. Reposición de aguas subterráneas
- iii. Estabilización de costas y protección contra tormentas
- iv. Retención y exportación de sedimentos y nutrientes
- v. Depuración de aguas
- vi. Reservorios de biodiversidad
- vii. Productos de los humedales
- viii. Empleo
- ix. Valores culturales
- x. Recreación y turismo
- xi. Mitigación del cambio climático y adaptación a éste

La desecación de lagos, lagunas, ciénagas y humedales conduce a la eliminación de la mayoría de las especies que habitaban dichos ecosistemas; algunas especies son desplazadas y deben ir a habitar los espejos de agua restantes, mientras que otras especies sin capacidad de movimiento, desaparecen localmente. El drenaje de espejos de agua que se realiza para ampliar los derechos de propiedad de tierras y/o para expandir la frontera agropecuaria genera a la larga, efecto de “boomerang” sobre los mismos agricultores o ganaderos, puesto que el ciclo hidrológico que fue afectado tiende a reestablecerse, particularmente en periodo de lluvias intensas. Este fenómeno ocurrió en la Sabana de Bogotá y en la laguna de Fúquene en Boyacá (2010 – 2011) cuando se



presentaron grandes inundaciones con enormes pérdidas económicas y de animales (IDEAM, 2015a).

El cambio climático puede afectar seriamente los espejos de agua debido a los cambios de temperatura que afectan los procesos de evaporación, y debido a los cambios en los regímenes de lluvias que pueden afectar la recarga de dichos espejos (IDEAM, 2015b).

**Suelos:** Los suelos son un componente fundamental del ambiente y son la base de la subsistencia de las civilizaciones. Actualmente se enfatiza en su multifuncionalidad, más allá de su importancia para la producción de alimentos, ornamentales y biomasa.

La Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (MADS 2014), a partir de diferentes fuentes (Blum, 2005; Bone et al., 2010), destaca los siguientes servicios ecosistémicos del suelo:

- I. Producción de biomasa: comida, forrajes, fibras, generación energía
- II. Protección de la humanidad y del ambiente: filtrado, amortiguación, intercambio de gases, ciclo del agua y de los elementos, medicinas, protección contra la contaminación
- III. Reserva de genes y base de la biodiversidad
- IV. Soporte de la estructura socioeconómica: industria, infraestructura, recreación y estética
- V. Valor cultural y conservación del patrimonio histórico: conservación arqueológica, paleontológica, rasgos de la historia humana y del planeta.

La degradación del suelo puede ocurrir por procesos naturales o antrópicos y se define como la disminución de su capacidad de producción o de su capacidad para cumplir con sus funciones ambientales (Lal, 1993; Lal, 1997). Con la degradación del suelo se presenta reducción en la calidad del mismo (Doran, Parkin, 1994), con disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de servicios ecosistémicos, y en muchas ocasiones es imposible volver al estado inicial. Cuando se presenta degradación del suelo, su recuperación es difícil, costosa, toma bastante tiempo y en casos críticos ocurren procesos prácticamente irreversibles (IDEAM 2010).

La expansión de la frontera agropecuaria que se realiza en suelos frágiles y/o mediante prácticas inapropiadas conduce usualmente a proceso de degradación, tales como erosión (pérdida del suelo), compactación (reducción de la porosidad e incremento de la

resistencia del suelo, reducción de la materia orgánica y de los organismos vivos del mismo. En términos de cambio climático, considerado uno de los grandes impactos ambientales globales, el manejo del suelo determina si este se constituye en una fuente o en un reservorio de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, la labranza excesiva del suelo conlleva a reducción considerable de la materia orgánica, que al mineralizarse produce dióxido de C (principal gas de efecto invernadero), por el contrario, el manejo con labranza cero conduce a la acumulación de materia orgánica en el suelo, mejorando sus propiedades y calidad, convirtiéndose en un reservorio de C. La conservación del suelo o su deterioro depende en alto grado del uso y del manejo que se dé al mismo (MADS 2014).

**Páramos:** Son ecosistemas complejos que pertenecen al conjunto de ecosistemas de alta montaña; corresponden a un clima tropical frío que se extiende desde el límite superior del bosque hasta el límite inferior de las nieves. Los páramos tienen un paisaje único, con una gran variedad de organismos adaptados para tolerar las condiciones climáticas extremas y las marcadas diferencias diurnas y nocturnas. Una especie endémica característica de los páramos es el frailejón (*Espeletia\_sp.*) (IDEAM, 2015a; MMA, 2002). Los páramos en Colombia están protegidos mediante la Ley 1753 de 2015 Artículo 173, en la cual se establece que “En las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de recursos naturales no renovables, ni construcción de refinerías de hidrocarburos”. No obstante su delimitación geográfica ha sido un reto. Algunos estiman que apenas el 10% del área paramuna ha sido delimitada<sup>2</sup>, por lo cual se hace difícil su adecuada protección.

Los páramos prestan servicios ecosistémicos fundamentales tales como (IAvH, 2015; IDEAM, 2015a):

I. Servicios de abastecimiento: provisión de agua, alimento por ganadería, alimento por agricultura, recursos ornamentales, pesca, plantas para combustibles y energía, recursos medicinales, medios de comunicación y transporte, carbón y turba.

II. Servicios de regulación: regulación hídrica, regulación microclimática, fertilidad del suelo, control de erosión, depuración de agua, purificación del aire, amortiguación de perturbaciones, hábitat para especies, control biológico, polinización

III. Servicios culturales: valor de existencia, valores sagrados, valores espirituales, valores estéticos, conocimiento ecológico local, actividades recreativas, turismo y ecoturismo, conocimiento científico y educación ambiental.

---

<sup>2</sup> <http://www.elcolombiano.com/opinion/editoriales/la-proteccion-de-los-paramos-LL3805397>

El cambio climático puede tener como consecuencia inmediata cambios en los ciclos biológicos de las plantas, alteraciones en migraciones y áreas de distribución, tanto de especies vegetales como animales, y pérdida de zonas y ecosistemas de alta montaña, como los nevados y páramos (MINAMBIENTE 2002a). Adicionalmente, la minería y la expansión de la frontera agropecuaria generalmente conducen a la degradación de estos ecosistemas, afectando negativamente sus servicios ecosistémicos, con graves efectos en los ciclos hidrológicos y pérdida de biodiversidad (PNUD 2014; PNUMA 2012).

**Abejas:** Las abejas son insectos de gran valor económico, en particular por la producción de miel y productos derivados. Entre los servicios ecosistémicos que prestan se tienen (MADS 2012; FAO 2009):

- I. Polinización
- II. Producción de miel, cera, propóleo, jalea real
- III. Empleo e ingresos económicos

La polinización de plantas es uno de los servicios ecosistémicos más importantes para la seguridad alimentaria del planeta. Se estima que aproximadamente el 70% de los principales cultivos en el mundo dependen de polinizadores, particularmente abejas; sin estas no se tendría buena parte de los alimentos que consumimos. El valor económico de la polinización a nivel mundial se calculó en 153 billones de euros, que representa el 9.5% del valor de la producción de alimentos para humanos en el año 2005 (Gallai et al. 2009).

La ampliación de la frontera agropecuaria, a causa del impacto ecológico que ocurre en la vegetación natural y debido al uso de plaguicidas, generalmente afecta la población de abejas y por consiguiente su servicio como polinizadoras (FAO 2013). Existe evidencia de la reducción de polinizadores a nivel mundial (Biesmeijer, et al. 2006; National Research Council 2007; FAO 2009).

## **Conclusiones**

Diferentes indicadores muestran que la ampliación de la frontera agropecuaria sin criterios ambientales es un fenómeno relevante en Colombia.

El enfoque de los servicios ecosistémicos es un paradigma relativamente reciente, el cual mediante una visión integral busca brindar herramientas e insumos para la gestión ambiental y del territorio.

Los servicios ambientales que los ecosistemas prestan a la sociedad son variados y son claves para la subsistencia humana, por consiguiente deben ser conservados evitando las actividades productivas que degraden los ecosistemas.

Parte de la ampliación de la frontera agropecuaria se viene presentando en zonas frágiles, en áreas de interés ambiental o en ecosistemas estratégicos con afectación de los servicios ambientales que dichos ecosistemas prestan a la sociedad, mediante procesos que pueden resultar irreversibles. Estos fenómenos de degradación se pueden ver agravados debido al cambio climático.

Los procesos de ampliación de la frontera agropecuaria en Colombia se vienen dando en un contexto de debilidades de políticas públicas en términos de tierras y de ordenamiento territorial. En el actual proceso de paz en Colombia se ha planteado avanzar en la democratización del acceso a la tierra y en el mejoramiento del ordenamiento territorial a nivel nacional.

## **Bibliografía**

Aguilera, D. (ed.). 2011. La economía de las ciénagas del Caribe colombiano Colección de Economía Regional Banco de la República

Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J., Kunin, W.E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313, 251–353.

Blum, W. 2005. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Sciences and Biotechnology* 4:75-79

Bone, J., Head, M., Barraclough, D., Archer, M., Scheib, C., Flight, D., Voulvoulis, N. 2010. Soil quality assessment under emerging regulatory requirements: a review. *Environment International* 36 (6): 609-622

CONIF, FAO. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de Trabajo. Informe Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.

Cortés, L., A. 2004. Suelos colombianos: una mirada desde la academia. U. Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

DNP. 2015. El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Misión para la Transformación del Campo. Dirección Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia. 112 pp.

Doran, J., T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. pp. 3-21. En: Doran, J.W., D.C. Coleman, D.F. Bezdicek y B.A. Stewart (eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Special Publication #35. Soil Science Society of America (SSSA), Madison, WI.

FAO. 2009. Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.

FAO. 2013. Aspects determining the risk of pesticides to wild bees: risk profiles for focal crops on three continents. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. y Snyder, P.K. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309(5734), 570–574

Gallai, N, J. Salles, J. Settele & B.E. Vaissière. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810-21.

González B., L. H., Romero R., A. P. 2013. Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palma en el territorio del municipio de Villanueva Casanare. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gestión Ambiental. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. D.C Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011. Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C.

IAvH. 2015. Análisis de servicios ecosistémicos. Provisión y regulación hídrica. Colección hojas de ruta: Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia, libro 5. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) Bogotá.

IDEAM. 2009. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia: Bosques. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Colombia.

IDEAM. 2010. Protocolo para la identificación y evaluación de los procesos de degradación de suelos y tierras por desertificación. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Colombia.

IDEAM. 2015a. Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales 2014. Renovables en Colombia Tomo II: Deforestación y afectación de los ecosistemas por ocupación del territorio y actividades económicas. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Colombia.

IDEAM. 2015b. Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2100 Herramientas científicas para la toma de decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Colombia.

Lal, R. 1993. Soil degradation, soil quality and soil resilience. Soil Tillage Res. 29: 1-8.

Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. Land Degrad. Develop. 12:519-539.

MADS. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. Colombia

MADS. 2013. La política de bosques, oportunidad para la valoración de servicios ecosistémicos y su contabilidad. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Colombia.

MADS. 2014. Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Colombia.

Mesa C., G. (ed.). 2010. Debates ambientales contemporáneos. Bogotá: UNIJUS. 183

Mesa C., G. 2013. Derechos ambientales en perspectiva de integralidad. Concepto y fundamentación de nuevas demandas y resistencias actuales hacia el “Estado ambiental de derecho”. 3. ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. La primera edición es de 2007 y la 2. ed. de 2010.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington: Island Press.

MINAMBIENTE, MINCOMERCIO, MINDESARROLLO, DNP, MADR 2000. Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Ministerio del Medio Ambiente (MINAMBIENTE), Ministerio de Comercio Exterior (MINCOMERCIO), Ministerio de Desarrollo Económico (MINDESARROLLO), Departamento Nacional de Planeación (DNP), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (MADR). Colombia.

MINAMBIENTE. 2002a. Páramos. Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña colombiana. Ministerio del Medio Ambiente (MINAMBIENTE). Colombia.

MINAMBIENTE. 2002b. Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia – PNHI. Ministerio del Medio Ambiente (MINAMBIENTE). Colombia

National Research Council of the National Academies, 2007. Status of Pollinators in North America. National Academy of Science, Washington, D.C.

PNUD. 2011. Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo. Colombia.

PNUD. 2014. V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo. Colombia.

PNUMA. 2012. GEO-5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Medio ambiente para el futuro que queremos. 2012. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. Colombia.

Ramírez, N. 2015. Ampliación de la frontera agrícola en Colombia: El caso del sur del Cesar (1850-1950). Editorial Académica Española.

RAMSAR. Sf. Servicios de los ecosistemas de humedales – Introducción. Convención sobre los humedales. RAMSAR. Suiza.

Salinas A., Y. 2011. Dinámica en el mercado de la tierra en Colombia. Documento elaborado para la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.



## **Oferta Ambiental y ocupación del territorio en Colombia. Una mirada de larga Duración**

Fabio Zambrano Pantoja

*Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia<sup>3</sup>*

La historia de Colombia, al igual que la de cualquier grupo humano, ha sido un esfuerzo constante por controlar la naturaleza. Desde esta perspectiva, la comprensión de la arquitectura territorial y sus ofertas de recursos nos ayuda a explicar las lógicas como se sucedieron las diferentes etapas y sentidos de la ocupación del territorio colombiano en la larga duración de más de cinco siglos de ocupación humana, desde el poblamiento indígena, seguido por la ocupación española, para concluir en el poblamiento republicano.

En el primer momento histórico, encontramos el sentido como se define la distribución de la población en el espacio, lo cual resulta fundamental para la formación histórica de la actual Colombia. De manera esquemática, podemos señalar que hay una clara tendencia al poblamiento de las tierras altas por las sociedades sedentarias, y las tierras bajas por las sociedades nómadas. Los agricultores se ubicaron de preferencia en los altiplanos, mientras que los cazadores en las llanuras bajas. Así, se definió un mapa donde las altas densidades demográficas se encontraban en los cuatro altiplanos, mientras que el poblamiento de las llanuras bajas fue tenue. Esta tendencia va a perdurar hasta principios del siglo XX.

Sin embargo, a pesar del destacado desarrollo social de las sociedades que habitaron los altiplanos, como fue el caso de la civilización Muisca, no se construyeron Estados, ni ciudades, como tampoco caminos. De nuevo la explicación se encuentra en la geografía, y en particular en la fragmentación de los espacios andinos, en los cuales, más que las horizontalidades de amplios espacios, lo que predominó fue la utilización de las verticalidades andinas, las cuales impidieron la formación de grandes estructuras políticas.

La imposición de instituciones para administrar los territorios conquistados por parte de España, como fueron el Estado, las ciudades y las que controlaban la fuerza de trabajo (encomienda y esclavitud), introdujeron dislocaciones definitivas al espacio conquistado. Se creó una nueva lógica como fue la definición de corredores que comunicaban el Interior con el Exterior. Sin embargo, a pesar de esta dislocación, el poblamiento español se hizo calcando el indígena: las ciudades administrativas se fundaron en las tierras altas,

---

<sup>3</sup> Historiado, Maestría en Historia de América Latina, Universidad de la Sorbona, París I.

las ciudades mineras en las tierras bajas. A este esquema se le agregan los corredores de comunicación necesarios para drenar los recursos a la metrópoli.

Este mapa de la distribución de las poblaciones en el espacio presenta una profunda transformación desde finales del siglo XVIII con el poblamiento de las vertientes cordilleranas. Los diferentes procesos de colonización que se suceden desde las tierras altas comienzan a producir una profunda transformación de la ocupación del espacio, como nunca, entre 1740 y 1780 se pueblan cerca de la cuarta parte de los actuales municipios colombianos. Este impulso colonizador cambia el mapa poblacional y crea una nueva estructura urbana con el surgimiento de las ciudades de vertiente, sistema urbano que se consolida en la segunda mitad del siglo XIX con la agricultura de exportación, el café. Surgen nuevas ciudades y nuevos corredores de drenaje de las exportaciones.

En las primeras décadas del siglo XX se inicia el control sanitario de las tierras bajas con el manejo de las enfermedades tropicales, que estuvo acompañado de nuevas tecnologías agrícolas, acciones que incentivaron el poblamiento de amplios espacios. Resultado de esto es que desde 1985, por primera vez en la historia de Colombia, habitan más colombianos en las llamadas “tierras calientes” que en el resto del territorio nacional.

En medio de esta historia territorial, encontramos el tema de la frontera agraria como un elemento central para la comprensión de la ocupación territorial. Para ilustrar este proceso, vamos a presentar el caso de la región antioqueña, su formación histórica y las estructuras territoriales contemporáneas.

## **Simposio 6. Sistemática y nuevas especies en Colombia.**

### **Descripción de nuevas especies en Colombia: sus alcances en Coleoptera.**

German Amat-García

*M.Sc. Director Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.  
gdamatg@unal.edu.co*

#### **Resumen**

Se hace una revisión del ejercicio taxonómico de la delimitación de especies en los Coleoptera del país, basada en la experiencia investigativa del autor, que desde hace 26 años emprendió tareas relacionadas con el conocimiento de los Passalidae de Colombia. Esta revisión se enfoca en cinco aspectos fundamentales:

1. Conocer en qué contextos del conocimiento se delimitan las nuevas especies de Coleoptera para el país?
2. Retomar algunos de los problemas, tanto conceptuales como metodológicos, que determinan la calidad de los trabajos taxonómicos relacionados con la delimitación de especies en este grupo.
3. Conocer el estado actual del tema en cuanto a la riqueza y composición taxonómica de los Coleoptera conocida en Colombia?
4. Reflexionar sobre los verdaderos alcances de la descripción de nuevas especies?

La delimitación de especies puede responder a las tareas propias de la investigación sistemática que un investigador se ha propuesto a largo plazo, con respecto a un grupo taxonómico de su interés, o estudios a mediano plazo (tesis doctorales), focalizados en un problema de orden filogenético. En el primero de los casos la investigación contiene una variedad de aristas, como es la faunística, la taxonomía (fundamentada en la morfología), la sistemática, la bigeografía, la ecología e incluso la genómica

Dada la gran diversificación de especies en Coleoptera y los estudios clásicos emprendidos desde mediados del siglo XIX, el conocimiento del grupo se consolidó en 1910 por la publicación de *Coleopterorum Catalogus*, primer documento mundial, compuesto de 31 volúmenes, que listaba cerca de 222.000 especies. Este primer catálogo se actualizó ininterrumpidamente hasta 1940 (Junk & Schenckling 1940) y posteriormente Blackwelder hizo lo propio para las especies neotropicales, entre 1944 y 1977. Crowson (1960), Lawrence y Newton (1984), entre otros, han tratado de estructurar taxonómicamente al grupo a través del tiempo. Actualmente se conocen, a nivel mundial, aproximadamente 360.000 especies, agrupadas en cuatro subórdenes y unas 170 familias (Lawrence & Britton 1991, Lawrence *et. al* 2011).

Los llamados "Checklists" del siglo XX significaban los esfuerzos de los taxónomos por descubrir nuevas especies, caracterizadas por un enfoque primordialmente Linneano. Sin embargo, la propuesta del concepto biológico de especie Mayr, (1940) no representaba ningún insumo práctico para quienes delimitaban las especies y se asumió finalmente el criterio morfológico. En la actualidad hay más de 20 conceptos de especie, situación que refleja un grave problema de carácter epistemológico (Morrone, 2013). Se puede afirmar que los conceptos preponderantes y de gran soporte lógico corresponden al morfológico de Cain (1951), al ecológico de Van Valen (1976) y al filogenético de Eldredge & Cracraft (1980). El primero de ellos ha resuelto en Coleoptera la delimitación de un alto número de familias, géneros e incluso especies con una alta riqueza de caracteres no ambiguos y bajo el criterio de la brecha morfológica (Fernández, en esta publicación). Tres ejemplos de este último caso corresponden a los trabajos clásicos de Endrodi (1966), para separar familias en Scarabeoidea; a los estudios de Thompson (1992) sobre la morfología externa, determinante de la clasificación de los Curculionoidea (con una delimitación clara de subfamilias) y por último, los trabajos de Reyes-Castillo (1970) para la delimitación de géneros y un gran número de especies neotropicales de la familia Passalidae.

Con relación a las especies de los Coleoptera en Colombia, la literatura dispersa puede documentar aproximadamente 6000 especies (Fernández *et. al* 2014), que representa el 1.66% de toda la coleopterofauna mundial. Se comparan las cifras de la fauna coleóptera con países como México y Brasil, como elementos que pueden dilucidar unas estimaciones reales y de gran soporte. El autor de estas notas ha venido listando géneros y especies referenciados en la literatura que pueden asegurar un catálogo en el futuro.

En esta presentación se comentan algunas novedades de carácter metodológico, sumados a los estudios de taxonomía alfa y filogenéticos, como son: barcoding, caracterizaciones filogeográficas o técnicas morfométricas que aumentan el espectro de conocimiento de los grupos taxonómicos y que pueden conducir a la delimitación efectiva de las especies.

Una pregunta de gran interés es establecer bajo qué condiciones se propicia operativamente la delimitación de especies; al respecto, se deben considerar las siguientes premisas:

- 1) En aquellos géneros donde se manifiesta una alta diversificación de especies, con el patrón de 'brecha morfológica'.
- 2) En aquellas regiones, como la montaña andina, en donde se puede expresar espacialmente tal diversificación.
- 3) Donde hay un historial de especies raras en la biota de una localidad o región, dándose la posibilidad de establecer endemismos.
- 4) En regiones o hábitats sin explorar.

Finalmente, se discute críticamente los verdaderos alcances de la delimitación de especies en el nivel de detalle de una información taxonómica, el nivel de escala y la calidad del conocimiento generado.

## **Los insectos descritos de Colombia, con énfasis en insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha)**

Andrea Amalia Ramos-Portilla

*Ingeniera Agrónoma, Doctora en Ciencias Agrarias, línea entomología. Profesional especializado Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Dirección técnica de Sanidad Vegetal. Oficinas Nacionales. Carrera 41 No. 17-81, Bogotá D.C. andrea.ramos@ica.gov.co, andreaamañaramos@gmail.com*

### **Introducción**

Los insectos (Arthropoda: Hexapoda: Insecta) son el grupo de animales más exitoso en el planeta tierra, con 1'004.898 especies formalmente descritas; parte de esta riqueza se debe a su variada biología, unida a una larga historia de más de 400 millones de años y muy poca respuesta a las extinciones en masa (Adler y Footitt, 2009). Diversos estudios y estimaciones califican a Colombia como un país megadiverso, es decir, poseedor de alto número de especies de plantas y animales aunque buena parte de esta riqueza se debe a grupos relativamente bien conocidos de plantas y animales como angiospermas o vertebrados; sin embargo, la diversidad potencial de artrópodos podría ratificarlo como tal (Amat y Fernández 2011).

Actualmente, en el país no se cuenta con una base de datos que contenga, de manera completa, el número de especies descritas o registradas de Colombia. Un acercamiento serio a la compilación sistematizada de la información ha sido el proyecto WIKINSECTA, desarrollado por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, cofinanciado por el Ministerio de Educación Nacional, bajo la interventoría de CINTEL (Centro de Investigaciones de las Telecomunicaciones). Pese a este esfuerzo, la información que ahí reposa no cubre todas las producciones científicas que dan cuenta de la riqueza biológica de nuestro país (<http://wikinsecta.org>).

Por otra parte, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia) es una iniciativa de país que tiene como propósito brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica de Colombia para la construcción de una sociedad sostenible; esta iniciativa facilita la publicación en línea de datos sobre biodiversidad y su acceso a una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad; fue creada mediante el decreto 1603 de 1994, puesta en marcha a partir del año 2000 y constituye el primer resultado del nuevo enfoque de gestión de información en el ámbito nacional (<http://www.sibcolombia.net/web/sib/cifras>).

Desafortunadamente, hacer una valoración del número de insectos descritos en Colombia es difícil, entre otras cosas por la dificultad en el acceso a literatura primaria sobre las publicaciones que describen o relacionen taxones para el país (Amat y Fernández 2011). El total de las especies existentes en Colombia puede ser de 300.000 (SiB 2016) a 320.000 (Amat y Fernández 2011) y se estima que de ellas se conocen solamente del 10 al 20% (SiB 2016).

Arbeláez-Cortéz (2013) realizó un análisis de las especies descritas para Colombia durante 2000-2009 (en todos los reinos). Su estudio muestra que para esa década, fueron descritas 1772 especies de seres vivos, 600 de ellas insectos, ocupando el primer lugar en número. Arbeláez-Cortéz comenta (comunicación personal 2014) que “aunque el Instituto von Humboldt tiene la labor de levantar el inventario nacional de especies descritas, tal vez una sola Institución no pueda hacerlo para un país como Colombia y tal vez establecer un "consorcio" con los numerosos entomólogos activos permitirá aproximar una cifra de las especies descritas del país”.

El número de especies de insectos descritos formalmente en Colombia puede estar alrededor de los 20.000 (Amat y Fernández 2011). Para el país, el SiB (2016) indica que el número de insectos corresponde al 9,9% de las 65.535 especies registradas; de éstas, 3274 especies corresponden al orden Lepidoptera, 1298 a Hymenoptera (900 a Formicidae y 398 a abejas) y 7000 a Coleoptera.

### **Sobre los insectos escama:**

Los insectos escama son hemípteros succionadores de savia donde se incluyen todos los miembros del infraorden Coccoomorpha (Hemiptera: Sternorrhyncha) (Hodgson 2012). Están muy estrechamente relacionados con los áfidos (Aphidomorpha), moscas blancas (Aleyrodomorpha) y psíditos (Psylodomorpha), los cuales conforman el suborden Sternorrhyncha (Gullan y Martin, 2003). Hay aproximadamente 8000 especies descritas en este infraorden, agrupadas en más de 30 familias al rededor del mundo (Ouvrard *et al.* 2013). Estos insectos muestran características morfológicas, genéticas y biológicas muy particulares, dimorfismo sexual marcado, con hembras pedomórficas y adultos con un par de alas y pérdida de partes bucales funcionales (Ouvrard *et al.* 2013).

Según Ouvrard *et al.* (2013) las razones por las cuales los insectos escama afectan las plantas son la succión y la ingestión de savia en cualquier sitio de la planta por la penetración física de los estiles y la inyección de saliva tóxica dentro del tejido de las plantas; la mayoría de las especies de insectos escama se alimentan en el floema (excepto los Diaspididae que se alimentan en el parénquima) y producen grandes cantidades de miel de rocío, rica en azúcares, la cual puede ser usada por las hormigas para establecer las relaciones mutualistas y facilitar la infección de las plantas por parte de hongos, algunas veces causando complicaciones secundarias. Los mismos autores

afirman que varios factores han hecho que los insectos escama sean especies invasivas potenciales: i) son exitosamente dispersados en la madera, plantas vivas y frutas en todo el mundo a través del comercio internacional, ii) poseen diferentes modos de reproducción, incluida la partenogénesis y el hermafroditismo y iii) la rápida dinámica poblacional y la frecuente pérdida de especificidad en las plantas hospedantes (polifagia) permiten que muchas especies de insectos escama proliferen en diferentes plantas y distintos hábitats y lleguen a ser invasivas, especialmente si los enemigos naturales que ejercen el control son removidos o reducidos

### **Sobre el concepto de “plaga”**

Muchas definiciones se han acuñado históricamente alrededor del término y darle un contexto de plaga a cada uno de los taxones descritos tendrá los sesgos del concepto que manejen los profesionales o especialistas que los reportan. Quizá sólo algunos registros más actuales pueden tener asidero en la definición de “plaga” propuesto por la FAO (1995): “cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales”.

En Colombia no existe un compendio actualizado, ni físico ni digital, sobre los taxones reportados como plagas en los cultivos del país. Los textos de referencia son los listados de Posada (1989), Figueroa (1946, 1952, 1977) y Gallego y Vélez (1997) y Vélez (1997), entre otros. Información más actualizada y concerniente a sistemas productivos específicos se encuentra sorprendentemente atomizada. Los mayores esfuerzos por proponer listados de plagas que atacan a algunos cultivos particulares son hechos por Federaciones de productores como Fedepalma (Rahmana 1994), Fedearroz (Cuevas sin.año.), Fedepapa, Centros e Instituciones de investigación como Cenicafé (Bustillo, 2008), Cenipalma (1994), Cenicaña (Bustillo 2013), Universidades (Madrigal 1978), CORPOICA (Kondo *et al.* 2008, 2008a León 2005, Zapata *et al.* 2002) y algunas Instituciones como el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (Boletines de Sanidad vegetal, diferentes años, diferentes cultivos), entre otros. El ICA posee una base de datos que consolida las especies registradas como plagas, denominada SIPCO, la cual está en construcción y se registran permanente las nuevas publicaciones (<http://sipco.ica.gov.co>).

### **Metodología**

Para determinar la diversidad biológica de Insecta, con énfasis en insectos escama (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoomorpha) descrita en el país se abordaron las siguientes fuentes:

Consultas de bases de datos nacionales (Wikinsecta, Universidad Nacional de Colombia, SiB Colombia) e internacionales (Museo Smithsonian, SEL-BARC-USDA)



Preguntas a especialistas nacionales (Dermaptera: Mantidae; Diptera: Tephritidae; Coleoptera: Scarabaeidae; Hemiptera: Psylloidea, Hymenoptera: Symphyta; Lepidoptera: Gracilariidae, Noctuidae)

Revisión en físico y digital de catálogos y otras publicaciones especializadas provenientes de Colombia, el Neotrópico y el Mundo (Coleoptera: Passalidae y Carabidae, Diptera: Syrphidae, Hymenoptera: Formicidae, entre otros), depositados en la Colección de Publicaciones Taxonómicas (CPT) del Museo UNAB de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia y en la Web (Anexo 1).

Consulta en la base de datos de insectos escama Scalenet (García *et al.* 2016)

Referencias de otros autores (alrededor de 100 documentos consultados)

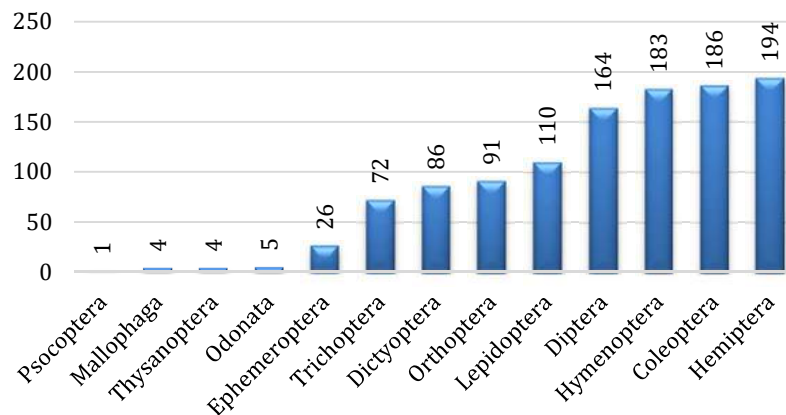
## **Resultados y discusión**

### **Insecta en Colombia**

Se recuperó información de 1128 taxones de Insecta, descritos entre los años 1811 y 2016. Éstos están agrupados en 13 órdenes y 103 familias (Figura 1). La riqueza de especies de cada orden en Colombia concuerda, en parte, con la registrada por Gullan y Cranston (2005) a nivel mundial (Coleoptera>Diptera>Hymenoptera>Lepidoptera>Hemiptera). El orden Hemiptera se encuentra en primer lugar en esta revisión, a diferencia del quinto en los reportes de Gullan y Cranston (2005), probablemente porque en el país éste orden está representado en un 40% por el infraorden Coccothorax del cual, gran parte de la información se encuentra disponible en la base de datos Scalenet (García *et al.* 2016) y probablemente también, a que este grupo ha recibido especial atención por parte de tres especialistas del grupo que han investigado en él en la última década y porque se ha constituido en un problema sustancial en la producción nacional y en un requisito fundamental para la apertura de mercados.

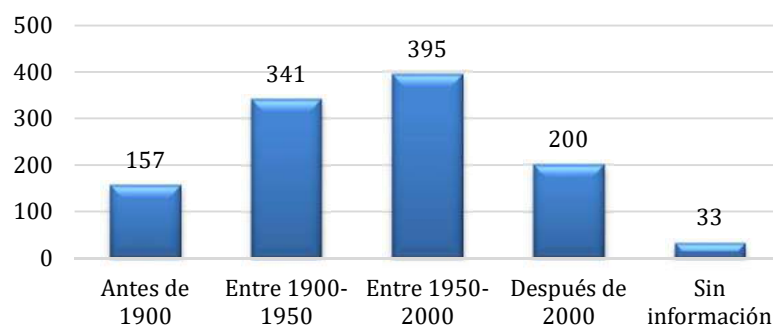
En esta revisión, se recuperaron 104 taxones descritos entre los años 2000-2009, correspondientes al 16% de aquellos reportados por Arbeláez-Cortez (2013) para el mismo periodo. Esto denota la necesidad de invertir más tiempo para hacer búsquedas más exhaustivas, que incluyan bases de datos cosmopolitas, empleando probablemente la misma metodología que el autor menciona.

**Figura 1.** Número de especies de Insecta, por órdenes, descritas en Colombia entre 1800-2014



Cronológicamente, el mayor número de insectos de Colombia ha sido descrito entre 1950 al 2000, ligeramente superior a la primera mitad del siglo XX (Figura 2). Sin embargo, considerando que solamente ha pasado una década y media del siglo XXI, los 200 taxones entomológicos descritos hasta la fecha, pueden indicar una gran actividad taxonómica o la visualización de la información a través de medios masivos de comunicación como la web. Este ritmo de investigación taxonómica seguramente incrementará de manera sustancial el conocimiento de nuestra biodiversidad. Según Arbeláez-Cortés (2013) en Colombia se describen 2,3 especies nuevas (todos los reinos) por semana, lo cual equivale al 1% de las especies nuevas descritas para el planeta; esfuerzo científico considerable pese al ínfimo porcentaje de inversión en investigación en el país (0.15% del PIB).

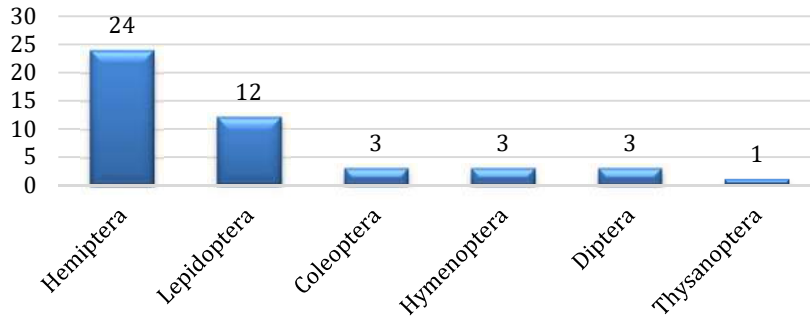
**Figura 2.** Número de especies de Insecta descritas de Colombia, entre 1800-2016.



Con respecto a la relación entre el número de especies descritas y la connotación de “plaga”, sólo el 50% (554) de los taxones recuperados poseen información de su relación con el hospedante. De éstos, 51 (9.2%) poseen registros como “plagas” en ecosistemas agrícolas colombianos. Este valor resulta ser muy alto para reportes mundiales que muestran que menos del 0,5% del total de insectos conocidos son considerados plagas (Sallam, s.a).

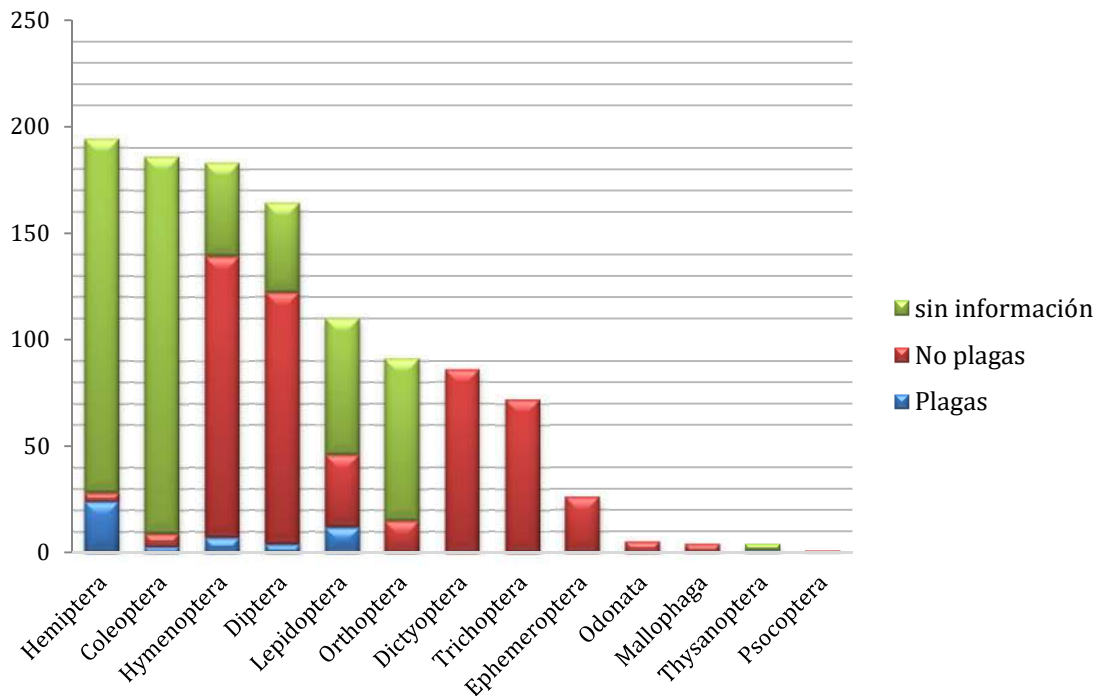
De los taxones registrados como plagas, el orden con mayor representatividad es Hemiptera (47%), Lepidoptera (23%), Coleoptera (6%), Hymenoptera (6%) y Thysanoptera (2%) (Figura 3). Esta distribución corresponde a la reportada por Pérez-Contreras (1999) sobre el rango de especialización, discriminado por órdenes, de la fitofagia que ejercen los insectos. Orthoptera es el único orden reportado por Pérez-Contreras (1999) que no figura en la tabla de los taxones recuperados para Colombia y esto puede deberse a que en la mayoría de las descripciones no se presenta información asociada con sus hábitos alimentarios.

**Figura 3.** Número de especies insectiles, discriminada por órdenes, descritas en Colombia y reportadas como plagas en cultivos.



En los taxones considerados como “no plagas” se encuentran algunos que poseen hábitos no fitófagos como los pertenecientes al orden Mallophaga, algunos Hymenoptera, Hemiptera, entre otros. Los órdenes que presentan más taxones sin información asociada son: Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera (Figura 4).

**Figura 4.** Discriminación del número de taxones descritos en Colombia y registrados como plaga, no plaga o sin información en cada orden.

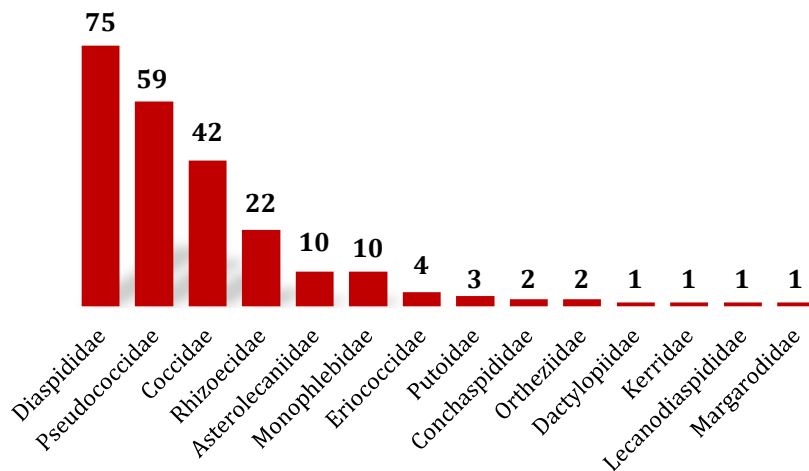


## Coccomorpha en Colombia

En Colombia hay registros de 234 especies de Coccomorpha (**Balachowsky** 1959, 1959<sup>a</sup>, **Ben-Dov** 1994, **Evans y Hodges** 2007, **Figueroa** 1946, 1952, **García et al.** 2016, **Gimpel y Miller** 1996, **Granara de Willink**, 2009, **Hambleton** 1946, 1977, 1978, **Kaydan y Gullan**, 2012, **Kondo et al.** 2008, 2008a 2012, 2014, 2016, **Kondo** 2001, 2008, 2010, 2013, **Kondo y Gullan** 2005, **Kondo y Williams** 2004, **McKenzie** 1967, **Miller y Davidson** 2005, **Montes y Kondo** 2016 **Morrison** 1952, **Mosquera** 1976, **Ramos-Portilla y Serna** 2004, **Ramos-Portilla et al.** 2014, 2014<sup>a</sup>, **Ramos-Portilla y Caballero** 2016, **Tanaka y Kondo** 2015, **Williams** 2004, **Williams y Granara de Willink** 1992), agrupadas en 14 familias: Diaspididae (75 spp.), Pseudococcidae (59 spp.), Coccidae (43 spp.), Rhizoecidae (22 spp.), Asterolecaniidae (10 spp.), Monophlebidae (10 spp.), Eriococcidae (4 spp.), Putoidae (3 spp.), Conchaspidae (2 spp.), Ortheziidae (2 spp.), Dactylopiidae (1 sp.), Kerridae (1 sp.), Lecanodiaspididae (1 sp.) y Margarodidae (1 sp.).

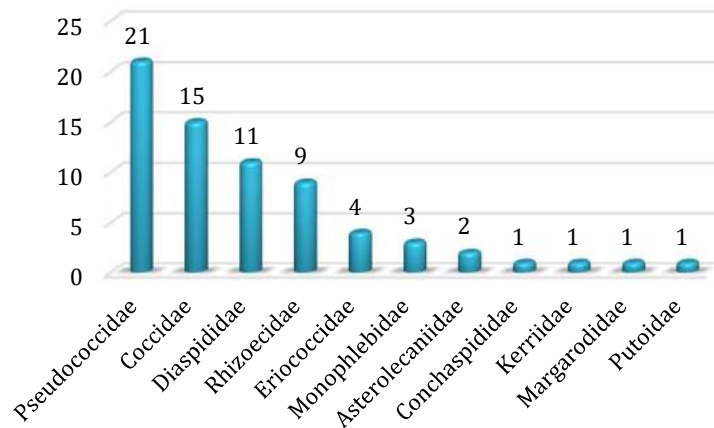
De las 234 especies registradas en Colombia, 69 de ellas (30%) son descritas de nuestro país. La distribución por familia de todas las especies de Coccomorpha registradas en Colombia se presentan en la Figura 5.

**Figura 5.** Número de especies de Coccomorpha reportadas para Colombia, agrupadas por familias.



La distribución por familias, de las 69 especies de Coccoomorpha descritas de Colombia se presentan en la Figura 6.

**Figura 6.** Distribución por familia de las especies de Coccoomorpha descritas de Colombia.



Desde el punto de vista cronológico, las descripciones de Coccoomorpha procedentes de Colombia, se registran desde 1852 con Walker y la especie *Coccus caudatus* Walker, obtenida de una colección personal del Dr. Cuming, sin más información de hospedantes o distribución (García et al. 2016). Las décadas con mayor aporte a la Coccidología colombiana son la del 50 con la participación del investigador francés Balachowsky y su excursión por los departamentos de Caldas, Cauca, Córdoba, Cundinamarca, Magdalena y Valle del Cauca. Las investigaciones del Dr. Balachowsky tuvieron por objeto no sólo levantar un primer inventario de la fauna de los cocomorfos de Colombia, sino también determinar la importancia económica y la biología de las especies nocivas de este grupo insectil a las plantas cultivadas, principalmente en las tierras medias y calientes de este país, gracias a la misión encomendada a él por el Fondo Universitario Nacional de la República de Colombia y por la Dirección de relaciones Culturales del Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia (Balachowsky 1959).

En la década del 70 y 90 se hicieron aportes sustanciales con las investigaciones del Dr. Felipe Mosquera, el Dr. Douglas Williams y la Dra. María Cristina Granara de Willink. El primer investigador desarrolló su trabajo como funcionario del Instituto Colombiano Agropecuario ICA y el segundo y tercero llevaron a cabo la investigación sobre

pseudocóccidos de Centro y Suramérica para aportar al conocimiento taxonómico de este grupo de insectos después de las pérdidas económicas en el cultivo de yuca en África causadas por *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, 1977 (Williams y Granara de Willink 1992).

Después del 2000, se ha aportado el 35% de las especies descritas para el país, con la vinculación del Dr. Takumasa Kondo y otros investigadores del contexto mundial a la búsqueda del conocimiento de las escamas en nuestro país. El Dr. Takumasa Kondo se desempeña como investigador de la Corporación para la Investigación Agropecuaria CORPOICA y en sus investigaciones también participan taxónomos de insectos escama a nivel internacional. Un trabajo taxonómico que está haciendo aportes al conocimiento de los insectos escama del país es el adelantado en el Museo Entomológico UNAB, dirigido por el Dr. Francisco Serna y con la participación de jóvenes investigadores como Alejandro Caballero, en conjunto con el Dr. Takumasa Kondo.

En total, son 25 los investigadores que han participado en el conocimiento de la Coccidofauna colombiana, los que mayor impacto tienen en el conocimiento de este grupo en el país son: Douglas Williams y María Cristina Granara de Willink y Takumasa Kondo con 12 especies cada uno, Edson Jorge Hambleton con 6, Penny J. Gullan y Luis Felipe Mosquera con 5, Nikolay Sergejevitch Borchsenius, Imre Foldi, Bora Kaydan, Frederick Laing, Paris Lambdin y Vera Wolff con 2 y Yair Ben-Dov, Alejandro Caballero, Christopher J. Hodgson, Antoni Wladyslaw Jakubski, Raymond Joseph Mamet, Douglass R. Miller, Luis Maria Murillo, Andrea Amalia Ramos-Portilla, Christof F. Stumpf, Hirotaka Tanaka, Cory Unruh, Francis Walker y Gillian Watson han participado en la descripción de una especie. De estos investigadores, cinco son Colombianos, los cuales han participado de la descripción de 20 especies (casi el 30%), el resto son extranjeros, la mayoría de ellos europeos.

### **Museos en donde se preserva el material tipo de las especies de escamas descritas de Colombia**

El material tipo de 10 de las 69 especies (14,5%) está depositado en museos del país (Museo ICA-Tibaitatá y Museo Entomológico Universidad Nacional Agronomía-Bogotá UNAB), principalmente aquellas provenientes de los escritos Mosquera (deferentes años), Kondo y colaboradores (diferentes años) y Ramos-Portilla y Caballero (2016). El material tipo de las especies restantes se encuentra distribuido en seis museos del mundo: Museo Nacional de Historia Natural (Paris-Francia) (17 spp.), Museo de Historia Natural (Londres-Inglaterra) (11 spp.), Colección Nacional Sudafricana de Insectos (Pretoria: Sudáfrica) (1 sp.), Museo Zoológico (San Petesburgo-Rusia) (2 spp.), Colección Entomológica Nacional de Estados Unidos (Beltsville-Maryland- EE.UU.) (27 spp.) y en el Museo Entomológico Bohart de la Universidad de California (Davis-California-EE.UU.) (1 sp.). En los últimos años la tendencia es que los museos entomológicos del país custodien el material tipo de las especies descritas en Colombia, salvaguardando el

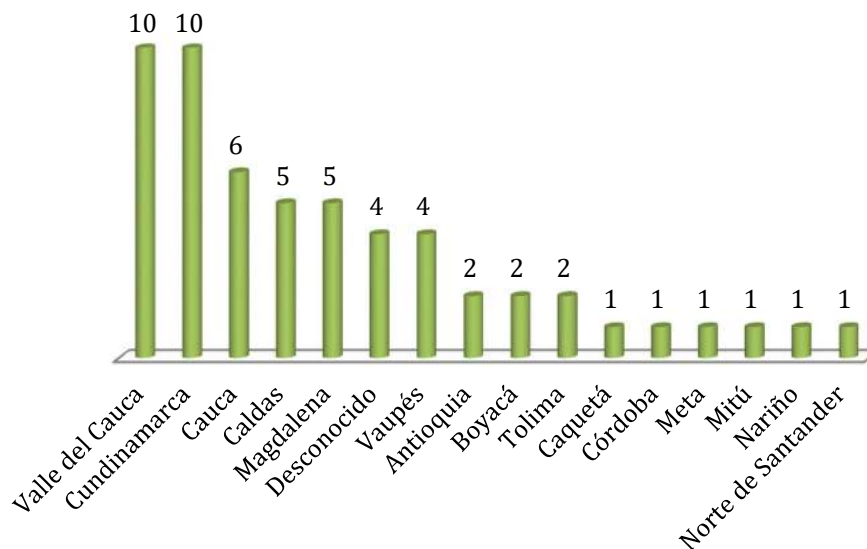
soporte de la investigación nacional y facilitando el acceso al material tipo para estudios básicos y aplicados subsiguientes.

### Distribución geográfica de las especies de insectos escama descritas de Colombia

De las 69 especies descritas en el país, 53 (77%) permanecen con distribución restringida al territorio nacional. Las 16 restantes se encuentran más ampliamente distribuidas, 13 exclusivamente en la región Neotropical y tres en el nuevo mundo. *Rhizoecus americanus* es la única especie que presenta una distribución cosmopolita. Esta situación indica un alto endemismo de las especies descritas de Colombia.

La mayoría de las especies descritas de Colombia registran la localidad tipo; sin embargo, en pocas de ellas se ha realizado un seguimiento a la distribución hacia otras regiones. Algunos ejemplos en donde se ha realizado un estudio de su distribución son: *Capulinia linarosae* (costa Atlántica, Norte de Santander, Casanare y Meta), *Crypticerya multicatrices* (varios departamentos de Colombia y la región insular), *Rhizoecus colombiensis* (Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Nariño), *Toumeyella coffeae* (Norte de Santander). El número de especies descritas por departamento se registra en la Figura 7. Actualmente, está en curso una investigación sobre las cochinillas asociadas a la raíz del café en varios departamentos cafeteros de Colombia que dará cuenta de la distribución de las especies asociadas a las raíces de este cultivo, probablemente endémicas para el país.

**Figura 7.** Número de especies de insectos escama descritos por departamento en Colombia





## Hospedantes

Se conocen los hospedantes botánicos para 60 (87%) de las 69 especies descritas de Colombia. De éstas, 46 (51%) especies se registran como monófagas y las otras como polífagas, con registros de tres a 50 géneros. Las especies que se registran como más polífagas son *R. americanus* (Ben-Dov 1994) y *Crypticerya multicatrices* (Kondo et al. 2014).

Las familias botánicas sobre las cuales se conoce que se han descrito las especies de Coccoomorpha de Colombia corresponden a 24: Fagaceae y Rubiaceae con 7 especies descritas en cada familia, Anacardiaceae y Malvaceae con 6, Poaceae con 5, Lauraceae y Melastomataceae con 3, Annonaceae, Araceae, Asteraceae, Myrtaceae, Moraceae y Musaceae con dos y Agavaceae, Arecaceae, Asparagaceae, Capparaceae, Hypericaceae, Labiatae, Meliaceae, Rosaceae, Santalaceae y Verbenaceae con una especie de insecto escama descrito en cada familia (García et al. 2016).

En las familias botánicas en donde se han hecho más hallazgos, se incluyen especies vegetales de interés económico para el país y en las cuales se considera a algunas especies de insectos escama como causantes de pérdidas económicas para el cultivo (Sipco 2016). 25 especies de insectos escama se han descrito de plantas cultivadas, especialmente en las familias Rubiaceae en donde está el café (*Coffea arabica*), Anacardiaceae, en donde está el mango (*Mangifera indica*) y Lauraceae en donde está el aguacate (*Persea americana*).

De las especies de las cuales se dispone información, 50 han sido descritas de la parte aérea y únicamente nueve de raíces. Los autores que han trabajado en las hipógeas son: Jakubski (1965), Kondo (2013), Hambleton (1946, 1946, 1977, 1978), Williams y Granara de Willink (1992) y Ramos y Caballero (2016) y los taxones descritos pertenecen a las familias Coccidae, Margarodidae y Rhizoecidae.

## Importancia económica de las especies de insectos escama descritos de Colombia

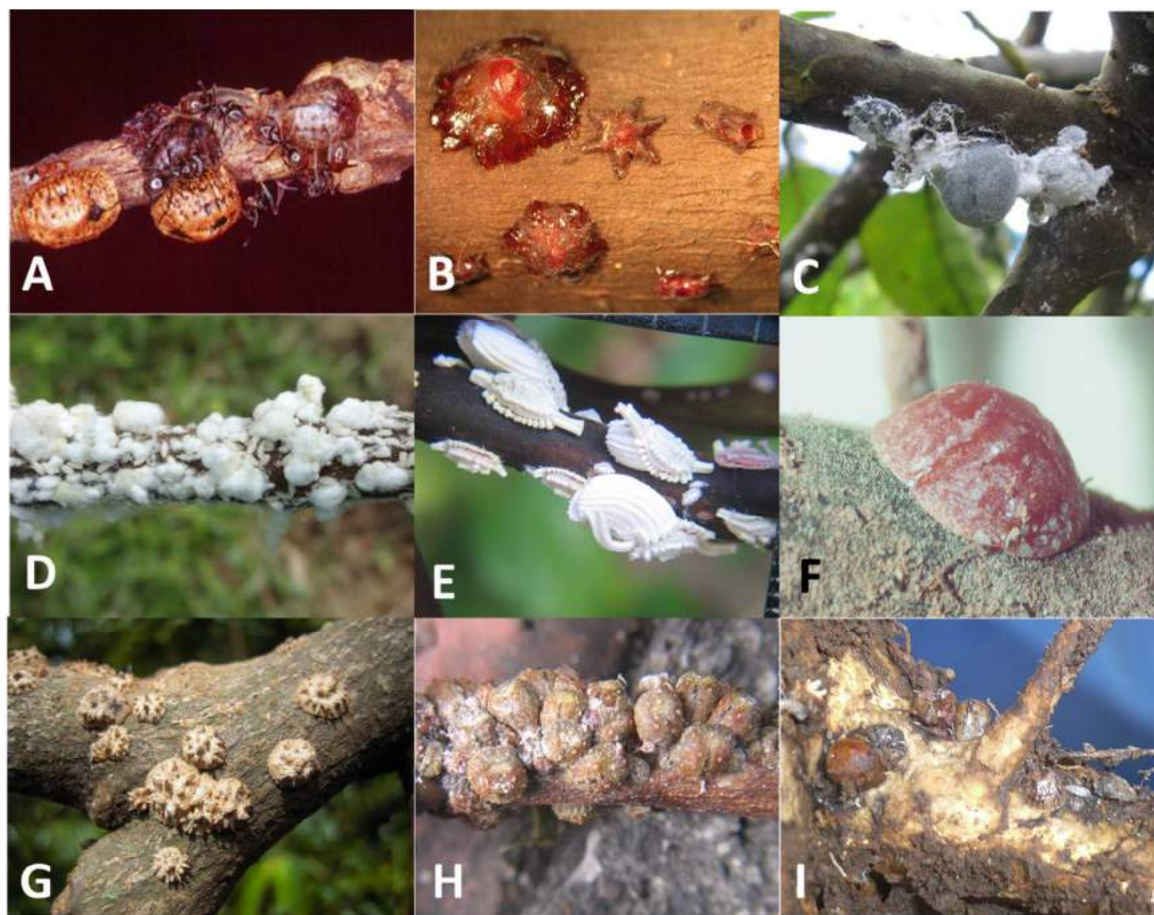
De las 69 especies descritas de Colombia, 12 (17%), agrupadas en cinco familias, se registran como plagas en hospedantes de importancia agrícola para el país (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de insectos escama descritos de Colombia y registrados como plaga.

Familia/Especie	Hospedantes de interés económico afectados	Fuente
<b>Coccidae</b>		
<i>Akermes colombiensis</i> Kondo y Williams, 2004	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae), <i>Persea americana</i> (Lauraceae)	Kondo y Williams (2003)
<i>Bombacoccus aguacatae</i> Kondo, 2010	<i>Persea americana</i> (Lauraceae)-aguacate	Kondo (2010 <sup>a</sup> )
<i>Cryptostigma rhizophilum</i> Kondo, 2010	Polifaga (plaga de raíces: <i>Anthurium</i> sp. (Araceae), <i>Elaeis guineensis</i> (Arecaceae), <i>Ananas</i> sp. (Bromeliaceae), <i>Musa sapientum</i> , <i>M. textiles</i> (Musaceae), <i>Peristeria elata</i> (Orchidaceae), <i>Theobroma</i> sp. (Malvaceae) y <i>Zingiber officinale</i> (Zingiberaceae).	Kondo (2010), Kondo <i>et al.</i> (2013).
<i>Hemilecanium guanabana</i> Kondo y Hodgson, 2013	<i>Annona muricata</i> (Annonaceae)	Kondo y Hodgson (2013)
<i>Pulvinaria caballeroramosae</i> Tanaka y Kondo, 2015	<i>Ficus andensis</i> (Moraceae)-caucho sabanero	Tanaka y Kondo (2015)
<i>Toumeyella coffeae</i> Kondo, 2013	<i>Coffea arabica</i> (Rubiaceae)-Café	Kondo (2013)
<b>Eriococcidae</b>		
<i>Capulinia linarosae</i> Kondo y Gullan, 2016	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)-guayaba	Kondo <i>et al.</i> (2016)
<b>Kerriidae</b>		
<i>Austrotachardiella colombiana</i> Kondo y Gullan, 2005	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)-guayaba	Kondo y Gullan (2005)
<b>Margarodidae</b>		
<i>Eurhizococcus colombianus</i> Jakubski, 1965	<i>Rubus glaucus</i> (Moraceae)-Mora <i>Ficus</i> sp. (Moraceae)-Higo <i>Vitis vinifera</i> (Vitaceae)-Uva	Jakubski (1965) Kondo y Gómez (2008)
<b>Monophlebidae</b>		
<i>Crypticerya multicatrices</i> Kondo y Unruh, 2009	Muchos hospedantes del ornato urbano, especialmente Arecaceae	Kondo <i>et al.</i> (2014)
<i>Laurencella colombiana</i> Foldi y Watson, 2001	<i>Persea americana</i> (Lauraceae)-aguacate	Foldi y Watson (2001)
<b>Rhizoecidae</b>		
<i>Rhizoecus colombiensis</i> Ramos y Caballero, 2016	<i>Coffea arabica</i> (Rubiaceae)-Café	Ramos y Caballero (2016)

<i>Neochavesia caldasiae</i> (Balachowsky, 1957)	<i>Coffea arabica</i> (Rubiaceae)- Café	Balachowsky (1957)

**Figura 8.** Algunas especies endémicas de Colombia registradas como plaga en algunos cultivos. A. *Akermes colombiensis* Kondo y Williams, 2004 (Foto: T. Kondo); B. *Austrotachardiella colombiana* Kondo y Gullan, 2005 (Foto: T. Kondo); C. *Bombacoccus aguacatae* Kondo, 2010 (Foto: A. Ramos); D. *Capulinia linarosae* Kondo y Gullan, 2016 (Foto: A. Ramos); E. *Crypticerya multicatrices* Kondo y Unruh, 2009 (Foto: A. Ramos); F. *Cryptostigma rhizophylum* Kondo, 2010 (Foto: T. Kondo); G. *Hemilecanium guanababa* Kondo y Hodgson, 2013 (Foto: T. Kondo); H. *Pulvinaria caballeroramosae* Tanaka y Kondo, 2015 (Foto: A. Ramos); I. *Toumeyella coffeae* Kondo, 2013 (Foto: T. Kondo).



La mayoría de estas especies presentan una distribución restringida, por lo que se puede concluir que son endémicas del país y que sus agentes controladores no han ofrecido sustancial supresión de la plaga.

### Asociación con otros insectos, con hormigas

Solamente se tiene información de asociación con hormigas para cinco especies de las 69 de que se trata este documento y se registran en la Tabla 2. Esta información probablemente no corresponda a la realidad biológica de la simbiosis que presentan este grupo de insectos con las hormigas, puede deberse probablemente a que no hay un interés conocer la relación de éstos con los insectos escama y por lo tanto no se registra la información al momento de la recolección. Solamente se conoce información de las especies descritas por parte del Dr. Takumasa Kondo y las asociaciones con *Neochavesia caldasiae* que es una escama de raíz, cuya descripción obedeció a que inicialmente se creía que eran las hormigas las generadoras de daño en cultivos del café.

**Tabla 2.** Registro de la asociación de hormigas con especies de insectos escama descritas de Colombia

Insecto escama	Hormiga asociada (Hymenoptera: Formicidae)	Citado por:
<i>Hemilecanium guanabana</i>	<i>Azteca</i> sp.	Kondo y Hodgson (2013)
<i>Foldilecanium multisetosum</i>	<i>Azteca</i> sp.	Kondo (2011)
<i>Neotoumeyella caliensis</i>	<i>Azteca</i> sp.	Kondo y Williams (2009)
<i>Akermes colombiensis</i>	<i>Myrmelachista</i> sp., <i>Azteca</i> sp. y <i>Crematogaster</i> sp.	Kondo y Williams (2004)
<i>Neochavesia caldasiae</i>	<i>Acropyga robae</i> Denisthorpe	Balachowsky, (1957a)
	<i>Acropyga berwicki</i> Wheeler	Williams (2004) (En Brasil)
	<i>Rhizomyrma fuhrmanni</i>	En Colombia Flanders (1957) En Brasil Delabie et al.(2008)

### Proyección en el corto plazo

Finalmente, es de resaltar que la región Neotropical es megadiversa, Suramérica posee cinco Zonas Calientes (Hotspots) de biodiversidad del mundo, en donde la región de los Andes Tropicales es la más diversa de la tierra ya que contiene una sexta parte de todas las plantas del mundo en menos del 1% de la superficie terrestre (Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International 2016). Investigadores como Williams y Granara de Willink (1992) y Chandler y Watson (1999) mencionaron que en Centro y Sur América hay muchas especies de Coccoidea que esperan ser descubiertas. Miller (2005) anota que existen cientos de especímenes montados en láminas para microscopía en

grandes colecciones del mundo marcados como "Pseudococcidae undet.", lo que hace posible el aumento del conocimiento de la fauna de este grupo a nivel mundial y regional.

Por lo tanto, dada la potencialidad de encontrar nuevos taxones y develar, en parte, la megadiversidad de Colombia, los recursos públicos dedicados a esta especialidad debe ser incrementados sustancialmente y el acompañamiento institucional en el financiamiento de proyectos de investigación básica y la responsabilidad general para publicar en revistas asequibles a la consulta, deben estar garantizados.

## **Conclusiones**

El número de entidades biológicas insectiles descritas de Colombia es muy grande, su publicación se encuentra atomizada en medios impresos y digitales, tanto dentro como fuera del país y su acceso está restringido en muchos casos, o es de dispendiosa compilación en otros.

El registro de nuestra biodiversidad debería ser una labor que compete a todos los científicos tanto de las áreas de la taxonomía y sistemática, como de aquellas de las ciencias aplicadas, soportados por el concurso de entidades gubernamentales y no gubernamentales. Por lo tanto, es necesario apoyar, cada uno desde sus posibilidades, las iniciativas de consolidación de información que algunas Entidades están desarrollando.

La gran mayoría de las descripciones de especies corresponden a géneros que no están asociados con hábitos fitófagos en cultivos de importancia para el país.

Hay un profundo desinterés en la ciencia básica por parte de las entidades gubernamentales encargadas de la financiación de proyectos de ésta naturaleza, ignorando el papel de la taxonomía en la resolución de los problemas de plagas agrícolas.

La sentida falta de taxónomos en la mayoría de los grupos y el desinterés por el estudio de la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas por parte de los estudiantes de las ciencias del suelo pueden ser las razones para explicar este fenómeno.

En el mundo y en el país, es notable la ausencia de especialistas en grupos de gran trascendencia para la agricultura tales como Thysanoptera, Aphidoidea, Aleyrodoidea, Lepidoptera (Noctuoidea y otros relacionados con polillas), Coleoptera, entre otros, limitando de manera sustancial la posibilidad de conocer las especies asociadas con estos ambientes.

En el desarrollo de este trabajo se evidenciaron algunas limitantes, aparte de las descritas en la introducción de este texto, entre ellas son i) la descripción taxonómica de las especies nuevas para la ciencia generalmente carece de información biológica o ecológica asociada y menos aún de datos de su impacto económico en los cultivos en donde se encuentran ii) algunos catálogos de especies presentes en el país, por ejemplo los publicados en Biota Colombiana, registran las especies presentes, pero no denotan su condición de endemismo, además, no informan sobre la distribución de la especie en otras regiones biogeográficas diferente al Neotrópico, iii) en diferentes textos informativos sobre la condición de plagas de los insectos en cultivos, no se hace referencia al lugar de descripción de la especie, haciendo imposible extraer la información que se requiere, iv) los libros que referencian las plagas de los cultivos se encuentran desactualizados nomenclaturalmente, por lo tanto la labor de coincidir los reportes con los nombres científicos correctos resulta casi imposible.

### **Agradecimientos**

Gracias al Dr. Takumasa Kondo por la revisión de este escrito y por el registro fotográfico de algunas especies.

### **Bibliografía**

ADLER P, FOOTIT R. Introduction. In: Footit, R.; P. Adler, eds. Insect Biodiversity. Science and Society. UK: Blackwell Publishing Ltd.; 2009. p. 1–6.

AMAT-GARCÍA, G., FERNÁNDEZ, F. La diversidad de insectos (Arthropoda: Hexapoda) en Colombia I. Entognatha a Polyneoptera. Acta Biológica Colombiana 16(2): 205–220.

ARBELÁEZ-CORTÉS, E. 2013. Describiendo especies: un panorama de la biodiversidad colombiana en el ámbito mundial. Acta Biológica Colombiana 18 (1): 165-178.

BALACHOWSKY, A.S. 1957 Sur un nouveau genre aberrant de cochenille radicole myrmécophile nuisable au caféier en Colombie. Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France 36: 157–164.

BALACHOWSKY, A.S. 1959 Nuevas cochinillas de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 10: 337–361.

BALACHOWSKY, A.S. 1959a Otras cochinillas nuevas de Colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 10: 362–366.

BEN-DOV, Y. 1994 A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance. Intercept Limited Andover, UK 686 pp.

BUSTILLO, A. 2008. Los insectos y su manejo en la caficultura Colombiana. Cenicafé. 207 pp.

BUSTILLO, A. 2013. Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia. 170 pp.

CENTER FOR APPLIED BIODIVERSITY SCIENCE AT CONSERVATION INTERNATIONAL. 2011. Producers Jennifer Carr, Penny Langhammer. Editors: Thomas Brooks, Naamal De Silva, Matt Foster, Mike Hoffmann, David Knox, Penny Langhammer, John Pilgrim, Nathan Ratledge, Amy Sweeting [http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/hotspots\\_by\\_region/Pages/default.aspx](http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/hotspots_by_region/Pages/default.aspx) (9 de Julio de 2016).

CUEVAS, A. Manejo Integrado del Cultivo del Arroz. ICA-Fedearroz. [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/MIP%20arroz.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/MIP%20arroz.pdf).

DELABIE, J.H.C; SERRÃO, J.E; DOS SANTOS, F.M.C; MATILE-FERRERO, D. 2008 Comportements de communication de la cochenille néotropical *Neochavesia caldasiae* (Balachowsky 1957) (Pseudococcidae : Rhizoecinae) avec sa fourmi symbiote *Acropyga fuhrmanni* (Forel 1914) (Formicidae : Formicinae). Annales de la Société Entomologique de France 44(4): 471–475.

EVANS, G.A.; HODGES, G.S. 2007. *Duplachionaspis divergens* (Hemiptera: Diaspididae), a new exotic pest of sugarcane and other grasses in Florida. Florida Entomologist 90(2): 392–393.

FAO. 2005. Glosario de términos fitosanitarios. <http://www.fao.org/docrep/w3587e/w3587e03.htm>



FIGUEROA, A. 1952. Catálogo de los artrópodos de las clases Arachnida e Insecta encontrados en el hombre, los animales y las plantas de la República de Colombia – I. Acta Agronómica 2: 199–223.

FIGUEROA, A. 1977. Insectos y Acarinos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 357 pp.

FIGUEROA, A. 1946 Catalogación inicial de las cochinillas del Valle del Cauca (Homoptera - Coccoidea). Revista Facultad de Agronomía, Montevideo Universidad 6: 196–220.

FLANDERS, S.E. 1957. The complete interdependence of an ant and a coccid. Ecology 38: 535-536.

FOLDI, I.; WATSON, G.W. 2001. A new pest scale insect on avocado trees in Colombia, *Laurencella colombiana*, sp n. (Hemiptera: Coccoidea: Margarodidae). Annales de la Société Entomologique de France 37(3): 367–374.

GALLEGO, F., Y VÉLEZ, L. A. 1992. Lista de los principales insectos que afectan cultivos, plantas forestales, animales domésticos y al hombre en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 198 pp.

GARCÍA, M.; DENNO, B.D.; MILLER, D.R.; MILLER, G.L.; BEN-DOV, Y.; HARDY, N.B. 2016. *ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics*. Database. doi: 10.1093/database/bav118. <http://scalenet.info>. (Último ingreso 9 de julio de 2016)

GIMPEL, W.F.; MILLER, D.R. 1996. Systematic analysis of the mealybugs in the *Pseudococcus maritimus* complex (Homoptera: Pseudococcidae). Contributions on Entomology, International 2: 1–163.

GRANARA DE WILLINK, M.C. 2009. *Dysmicoccus* de la Región Neotropical (Hemiptera: Pseudococcidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 68(1–2): 11-95.

GULLAN P.J.; MARTIN, J.H. 2003. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids and scale insects). In: Resh VH, Cardé RT. (eds), Encyclopedia of Insects. Amsterdam, Academic Press, p. 1079–1089.

GULLAN, P.J. y CRANSTON, P.S. 2005. The insects. An outline of Entomology. 529 pp.

HAMBLETON, E.J. 1946 Studies of hypogeic mealybugs. Revista de Entomología. Rio de Janeiro 17: 1-77.

HAMBLETON, E.J. 1977. A review of *Pseudorhizoecus* Green, with a description of a related new genus (Homoptera: Pseudococcidae). Journal of the Washington Academy of Sciences 67: 38-41.

HAMBLETON, E.J. 1978. Three new Neotropical *Rhizoecus* (Homoptera: Pseudococcidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 80: 156-163.

HODGSON, C.J. 2012. Comparison of the morphology of the adult males of the rhizoecine, phenacoccine and pseudococcine mealybugs (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea), with the recognition of the family Rhizoecidae Williams Zootaxa 3291: 1-79.

<http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/435/435>.

[http://wikinsecta.org//index.php/P%C3%A1gina\\_Principal](http://wikinsecta.org//index.php/P%C3%A1gina_Principal) (último ingreso 9 de julio 2106)

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/faunayflora/insectos/cap4.htm>

[http://www.cenicana.org/publicaciones/libro\\_plagas/libro\\_plagas\\_2013.php](http://www.cenicana.org/publicaciones/libro_plagas/libro_plagas_2013.php).

[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/inpho/docs/Post\\_Harvest\\_Compodium\\_-\\_Pests-Insects.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compodium_-_Pests-Insects.pdf)

<http://www.sibcolombia.net/web/sib/cifras>. (Último ingreso 9 julio de 2016)

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. Sistema de Información de Plagas de Colombia. <http://sipco.ica.gov.co> (ultimo ingreso 9 de julio de 2016)

JAKUBSKI, A.W. 1965. *A critical revision of the families Margarodidae and Termitococcidae (Hemiptera, Coccoidea)*. Trustees of the British Museum (Natural History) London 187 pp.

KAYDAN, M.B.; GULLAN, P.J. 2012. A taxonomic revision of the mealybug genus *Ferrisia* Fullaway (Hemiptera: Pseudococcidae), with descriptions of eight new species and a new genus *Zootaxa* 3543: 1–65

KONDO, T.; BECERRA, C.G.; QUINTERO, E.M.; MANRIQUE, B.M.B. 2014. Distribución y niveles de infestación de *Crypticerya multicatrices* Kondo y Unruh (Hemiptera: Monophlebidae) en la isla de San Andrés. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 15(1): 63–72.

KONDO, T.; GULLAN, P.; PORTILLA, A.A.R. 2012. Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicatrices* Kondo and Unruh (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia. *Insecta Mundi* 0265: 1–17.

KONDO, T., PEÑA, E., TOLOSA, W. 2013. Reporte de *Cryptostigma rhizophilum* (Hemiptera: Coccidae) en el híbrido de palma de aceite OxG: *Elaeis oleifera* x *E. guineensis* en Tumaco, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 14(2): 22–26.

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.; GULLAN, P.J.; PERONTI, A.; RAMOS-PORTILLA, A.; CABALLERO, A., VILLARREAL-PRETEL, N. 2016. First records of the Iceryine scale insects *Crypticerya brasiliensis* (Hempel) and *Crypticerya genistae* (Hempel) (Hemiptera: Monophlebidae) for Colombia. *Insecta Mundi* 0480: 1–9.

KONDO, T.; GULLAN P.J.; COOK, L. 2016. A review of the genus *Capulinia* Signoret (Hemiptera: Coccoidea: Eriococcidae) with description of two new species. *Zootaxa* 4111 (4):471–491.

KONDO, T. 2001. Las cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccoidea). *Biota Colombiana* 2(1): 31-48.

KONDO, T. 2008. Las escamas de la guanábana: *Annona muricata* L. Novedades Técnicas, Revista Regional. Corpoica, Centro de Investigación Palmira Año 9 No. 10 Septiembre 2008: 25-29

KONDO, T. 2010. Los insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) el mango, *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) en Colombia. Novedades Tecnicas, Revista Regional. Corpoica, Centro de Investigación Palmira Year 10, No.13/December/2009: 41-44

KONDO, T. 2013. A new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) on coffee roots, *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), from Colombia and Venezuela Corpoica Cienca y Tecnologia Agropecuaria 14(1): 39-51

KONDO, T.; GULLAN, P.J. 2005. A new lac insect from Colombia, with revised keys to lac insect genera and to species of *Austrotachardiella* Chamberlin (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae). Neotropical Entomology 34(3): 395-401.

KONDO, T.; HODGSON, C. 2013. A Third Species of *Hemilecanium* Newstead (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) from the New World, with Keys to Species in the Genus Neotropical Entomology 42:508-520.

KONDO, T.; WILLIAMS, M.L. 2004. A new species of myrmecophilous soft scale insect from Colombia in the genus *Akermes* Cockerell (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). Revista Colombiana de Entomología 30(2): 137-141.

KONDO, T.; QUNTERO, E.; MEDINA, J.; IMBAHÍ, K.; DELGADO, A.; MANRIQUE, M. 2008a. Insectos plagas de importancia económica en el cultivo de pitahaya amarilla. [http://people.scalenet.info/wp-content/uploads/2009/11/Insectos\\_Plaga\\_pitaya.pdf](http://people.scalenet.info/wp-content/uploads/2009/11/Insectos_Plaga_pitaya.pdf).

KONDO, T.; GULLAN, P.J.; WILLIAMS, D. 2008. Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2008) 9(2), 55-61,

LEON, M. 2005. Insectos de los cítricos. CORPOICA.

MADRIGAL, A. 1978. Chinchas de Encaje (Hemiptera: Tingidae) de Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 8 (3-4):76-95.

MCKENZIE, H.L. 1967. *Mealybugs of California with taxonomy, biology, and control of North American species (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae)*. University of California Press Berkeley 526 pp.

MILLER, D.R. 2005 Selected scale insect groups (Hemiptera: Coccoidea) in the southern region of the United States. *Florida Entomologist* 88(4): 482–501.

MILLER, D.R.; DAVIDSON, J.A. 2005. *Armored Scale Insect Pests of Trees and Shrubs*. Cornell Univ. Press Ithaca, NY 442 pp.

MONTES. J.; KONDO. T. 2016. First record of the Bermuda grass scale *Odonaspis ruthae* Kotinsky, 1915 (Hemiptera: Coccoomorpha: Diaspididae) in Colombia. *Insecta Mundi* 0485: 1-6.

MORRISON, H. 1952. Classification of the Ortheziidae. Supplement to "Classification of scale insects of the subfamily Ortheziinae." United States Department of Agriculture Technical Bulletin 1052: 1–80.

MOSQUERA, P.F. 1976. Escamas protegidas más frecuentes en Colombia. *Boletín Técnico*, Ministerio de Agrícola Instituto Colombiano Agropecuario, División de Sanidad Vegetal 38: 1–103.

OUVRARD, D., KONDO, T., GULLAN, P. Scale Insects: Major Pests and Management. *In*

PÉREZ-CONTRERAS, T. 1999. La especialización en los insectos fitófagos: una regla más que una excepción. Evolución y filogenia de Arthropoda. Sección V: Ecología Evolutiva. *Bol. S.E.A.* No. 26: 759-776.

POSADA, L. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. *Boletín técnico*, 1989. No. 43. ICA, Colombia. 662 p.

RAHMANA, D. 1994. Estudio del manejo de plagas en palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 15(2): 68 pp.

RAMOS PORTILLA, A.A.; SERNA CARDONA, F.J. 2004. Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista (Facultad Nacional de Agronomía Medellín)* 57(2): 2383–2412.

RAMOS-PORTILLA, A. A.; CABALLERO, A. 2016. *Rhizoecus colombiensis* Ramos y Caballero, a new species of hypogeal mealybug (Hemiptera: Coccoomorpha: Rhizoecidae) and a key to the species of *Rhizoecus* from Colombia. *Zootaxa* 4092(1): 055–068

RAMOS-PORTILLA, A.A.; CABALLERO, A.; KONDO, T. 2014. *Rhizoecus cyperalis* (Hambleton) (Hemiptera: Rhizoecidae). *Boletín del Museo Entomológico de la Universidad del Valle*. 14(2):27–30

RAMOS-PORTILLA, A.A., CABALLERO, A. KONDO, T., SERNA, F. 2014. First record of *Ripersiella kellogi* Ehrhon and *Coclerella* (Hemiptera:Rhizoecidae) for the Neotropic, with redescription of the adult female. *Insecta Mundi*. 10 pp.

SALLAM, M. s.a. Insect Damage. Post Harvered operations. FAO. 37 pp. Consultado en:

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.

VELEZ, A. R. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: Bionomía y manejo integrado. Medellín. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 1997. 482 pp.

WATSON, G.W.; CHANDLER, L.R. 1999. *Identification of mealybugs important in the Caribbean region*. Commonwealth Science Council and CAB International London, Inglaterra. 40 pp.

WILLIAMS, D.J. 2004. A synopsis of the subterranean mealybug genus *Neochavesia* Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae: Rhizoecinae). *Journal of Natural History* 38(22): 283–289

WILLIAMS, D.J.; GRANARA DE WILLINK, M.C. 1992. *Mealybugs of Central and South America*. CAB International London, Inglaterra. 635 pp.

ZAPATA, J.L. SALDARRIAGA, A., LONDOÑO, B. M., DÍAZ., C. 2002. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. *Boletín Técnico*. CORPOICA. 40 pp.

## **Herramientas para la delimitación y estudio de especies en hormigas (Hymenoptera: Formicidae).**

Fernando Fernández

*PhD. U. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.  
ffernandezca@unal.edu.co Nacional, Bogotá*

### **Resumen**

Se revisa el tema de delimitación de especies en hormigas bajo la tradicional morfología y el uso moderno de combinación de herramientas como genes nucleares, mitocondrial, morfometría, perfil de hidrocarburos y nicho. Aunque algunos grupos de hormigas se pueden separar razonablemente con morfología y/o morfometría, en algunos géneros diversos el uso combinado de herramientas y análisis ayuda a dilucidar la riqueza (y a veces la historia) de un grupo determinado. Se ofrece una relación de claves y ayudas de identificación para la mayoría de géneros de hormigas.

### **Abstract**

The species delimitation in ants are revised under the traditional morphology and the modern use of combination of tools such as nuclear genes, mitochondrial, morphometry, hydrocarbons outline of cuticle and niche modeling. Although some groups of ants can be reasonably separated by morphology and / or morphometrics, in some diverse genera only the combined use of tools and analysis helps to elucidate the species boundaries (and their history). A list of keys and identification aids for most ant genera in Neotropics is offered.

### **Introducción**

Las hormigas son uno de los grupos más conspicuos e importantes en los ecosistemas del Mundo, en especial los tropicales (Lach et al. 2010). Consecuencia de esta preponderancia es el uso de estos himenópteros en multitud de estudios en biología general, comportamiento, coevolución, filogenia, biogeografía, así como estudios de biodiversidad y monitoreo de áreas con disturbios (p.e. Agosti et al. 2000). En el Mundo se han descrito 328 géneros y unas 13300 especies vivientes (Bolton 2016) y la Región Neotropical comprende 127 géneros y alrededor de 3200 especies (Fernández et al., en preparación). Todo esto implica que muchos biólogos y naturalistas deben enfrentarse con el problema de la identificación de especies en estos insectos. Para una correcta

identificación se necesita, previamente, de monografías o revisiones que ofrezcan claves taxonómicas, lo cual implica como aspecto central una apropiada delimitación de especies.

Delimitar especies es la tarea más urgente, esperada y difícil que se espera de un taxónomo especialista en algún grupo de insectos. Desde Linneo y hasta hace relativamente poco esta tarea se hacía más con criterios de “conocimiento de grupo” y de brechas morfológicas que sugirieran aislamiento reproductivo y por lo tanto especies válidas bajo el concepto biológico de especie, que es el más aplicado en animales. Desde los años 90 hay herramientas variadas para hacer más precisa y cuantitativa la delimitación de especies, lo que ha provocado un renacimiento en la sistemática de los insectos. Esta breve contribución repasa alguna de esas herramientas.

### **Separación por morfología**

Desde los tiempos de Linneo y, en cierta forma, hasta las épocas actuales, la separación de especies se ha basado principalmente en atributos visibles al investigador, en especial externos (tegumento, escultura, pilosidad, variación en número de partes de apéndices) y algo menos en internos (anatomía y estructura de genitales), rara vez en aspectos de ecología o comportamiento. Esta separación en general funciona, pues las llamadas “brechas morfológicas” entre poblaciones de supuestas especies diferentes son una pista o aproximación de linajes independientes que probablemente presenten aislamiento reproductivo entre sí y con esto cumplan una de las definiciones más populares de especie. Un primer problema que surge es la dificultad en esclarecer variación intra de inter-específica, así como reconocer dimorfismos sexuales. En hormigas el problema se hace más agudo ante la presencia de castas y a veces intercastas que oscurecen los criterios de separación de especies. El uso de medidas e índices del cuerpo, establecido principalmente por William Brown en su revisión de las hormigas Dacetini (s.l.) ha sido una valiosa forma de separar con cierto grado de confianza especies vecinas.

La aproximación por “brecha morfológica” en general funciona con géneros con pocas especies o especies con riqueza de atributos externos que permite al taxónomo ofrecer claves con dilemas claramente contrastantes y permite al usuario colocar nombres en sus ejemplares con cierta confianza. Un buen ejemplo es la revisión de Dacetini de Bolton (2000) donde las claves y fotos permiten en la mayoría de los casos identificaciones seguras, a pesar de enfrentarse con más de 200 especies en el Neotrópico.

Existe un número de géneros de hormigas con varios retos en delimitación e identificación, como son: diversidad (más de 100 especies), escasos atributos externos (monotonía morfológica), tamaño (hasta 1 mm de longitud total), polimorfismos, intercastas y escaso o nulo uso del genital del macho. En las especies dimórficas por lo general la obrera menor prácticamente no es útil para separar especies. Buenos ejemplos



de estos grupos difíciles son *Hypoconera*, *Solenopsis*, *Pheidole*, *Camponotus*, *Nylanderia* y *Azteca*.

En algunos grupos se habla de especies crípticas, donde la separación descansa más en aspectos de biología o geografía que en morfología. Esto implica que, si es cierto que hay géneros con especies donde no funciona el criterio de “brecha morfológica” se debe buscar otras aproximaciones o herramientas.

### **Una promesa fallida**

Con el uso de genes en exploración de filogenia de organismos, más o menos desde los años 90 del pasado siglo, se inició una nueva y estimulante era en la sistemática. Las hipótesis de filogenia, aplicadas a especies o poblaciones implicaban una forma independiente de evaluar límites entre especies descritas primariamente por morfología. Aunque inicialmente se trabajaba con apenas un gen, era claro que el uso de varios genes (mitocondrial y nucleares) podrían ofrecer, bajo ciertos métodos (parsimonia, Bayes, máxima verosimilitud) árboles cuyo consenso permitiese visualizar linajes que representarían especies. Un cruzamiento de datos de morfología y distribución permitiría al investigador tomar decisiones taxonómicas, como sinonimias, resurrección de nombres y descripción de nuevos taxones.

El uso de la COI (Unidad 1 de Citocromo Oxidasa) llegó a proponerse, con excesivo entusiasmo, como la solución eficaz en delimitación y reconocimiento de especies (Hebert et al. 2003). Una diferencia de apenas un 1% podría ser suficiente para separar especies, y el COI se convertiría en la herramienta “mágica” para enfrentar el estudio de toda la biodiversidad, sin importar el tipo de organismo, el sexo o la casta, el estado de desarrollo o la parte objeto de uso (hoja, pata, ala ...). Con esto se llegó a hablar del “Barcoding of Life” (Tautz et al. 2003; Janzen 2004), en una nueva era donde los taxónomos tradicionales y recalcitrantes se irían extinguiendo.

Pronto se hizo claro que la taxonomía molecular ofrecía tantos problemas como promesas. Además de los aspectos logísticos (disponibilidad de ejemplares y costos de secuenciación) surgió el dilema de la cantidad de variación que se debe considerar para hablar de linajes diferentes. En un estudio de Delsinne et al. Con recambio de faunas de hormigas en un transecto altitudinal en Ecuador quedó claro, por el uso de varias herramientas, que en algunas especies de *Solenopsis* la variación en secuencias de COI podría ser hasta del 7%.

Como lo han enfatizado Will et al. (2005) y otros autores, el “*barcoding*” de Hebert y otros proponentes encierra varios peligros. Uno es la excesiva confianza en un atributo (COI) en separar especies cuando está claro que puede hacer parte de la variación dentro se

especies. Otro puede ser la gran amplificación de especies separadas apenas por unas pocas secuencias. En algunos casos, cuando se usan otros genes además de COP los árboles pueden ser contradictorios. Y otro problema, no menos importante, es la identificación de especies para usuarios que no tengan los fondos y tiempo para repetir los protocolos de laboratorio y dar nombres a los ejemplares.

### **Taxonomía integrativa**

Está claro para los biólogos que en la separación de especies un solo método no es fiable en aquellos grupos diversos y con escasos atributos para diferenciar posibles especies diferentes. La idea de usar diversas fuentes de información para delimitar especies es realmente mucho más vieja de lo creído. De hecho ya hace 11 años se había acuñado las palabras “taxonomía integrativa” (Will et al. 2005; Dayrat 2005).

El cambio metodológico es más bien logístico, pues ahora se tiene más herramientas de laboratorio y computación que antes para estudiar un grupo de organismos. Por esto el uso de múltiples fuentes de datos puede ser una respuesta aceptable al problema de delimitación de especies. En el caso de hormigas, hay varios buenos ejemplos.

Una revisión de los métodos en taxonomía integrativa (TI) es la de Schlick-Steiner et al. (2010). Para estos autores delimitar especies es “usar datos empíricos para construir hipótesis explícitas como que ejemplares pertenecen a una especie en particular”. Para ello hay que acudir a diferentes fuentes de información, modos de interpretación (“*disciplines*”) y, al tener conflictos en dichas fuentes de datos, tomar decisiones bajo la óptica de la biología evolutiva. La TI es una extensión, y no un reemplazo, de la taxonomía tradicional y busca más rigurosidad en estudios de la biodiversidad (Schlick-Steiner et al. 2010).

Las fuentes de información van desde el uso de la morfología hasta aspectos de comportamiento, pasando por citogenética, enzimas, uso de hábitat, observaciones in situ de apareamiento, ADN nuclear, ADN mitocondrial, morfometría y geografía. El uso de algunas o todas estas combinaciones tendrá éxito de acuerdo a la calidad de datos y naturaleza de los ejemplares. Schlick-Steiner et al. (2010) revisan en la literatura el uso de diferentes fuentes de información para delimitar especies en artrópodos (Cuadro 1). En dicha revisión puede verse que los criterios de ecología o historia de vida tienen más tasas de fallo en separar especies que otras fuentes de datos. Estas otras se mantienen en rangos parecidos (morfología, genes ...), y sorprende que el uso de comportamiento tenga la menor tasa de error. Esto puede explicarse por la complejidad en muchas de las pautas de comportamiento en artrópodos, aunque desafortunadamente es de lo que menos sabe un entomólogo sobre su grupos de estudio: mucho de su material está disecado en un museo.

La aplicación de métodos varios en delimitación de especies debe ser gradual y de acuerdo al grupo y las circunstancias. Esto es, en varios casos separar (y proponer claves) puede hacerse sólo con morfología, pues las especies o linajes no presentan conflictos de identificación. En géneros como *Neoponera*, *Eciton*, *Tranopelta*, *Dolichoderus*, *Dorymyrmex* la identificación de especies no es complicada y con un poco de experiencia se puede llevar a cabo sin pérdida de tiempo. Cuando el investigador encuentre dificultad en separación de especies es cuando debe buscar otras fuentes de información. En el caso de hormigas una buena muestra de nidos y/o poblaciones permite tomar muchos datos de medidas (ancho de la cabeza, longitud del ojo, longitud del mesosoma ... ) e índices (índice ocular, índice del escape ...) para precisar límites. En algunos casos algo tan sutil como un índice de las espinas propodeales puede ser suficiente para separar un par de especies vecinas. Una buena muestra de un nido permite descubrir también variaciones locales que deben descartarse para tomar una decisión. Si no es suficiente, datos de hábitat o ecología pueden ayudar. *Crematogaster pygmaea* se separa de su vecina *C. abstinens* (de la cual era sinónimo menor) básicamente por nidificar en el suelo bajo la arena: *C. abstinens* es arborícola. Dos posibles especies crípticas de *Allomerus octoarticulatus* se separan sólo por la planta de nidificación. Si nada de esto ayuda, entonces el investigador debe acudir a otras ayudas, como perfil de hidrocarburos del tegumento, ADN mitocondrial, ADN nuclear y así, hasta agotar posibilidades. Cuando los datos entran en conflicto el especialista a de recurrir a su bagaje en biología evolutiva para la decisión final. Por ejemplo, que se sabe de especies vecinas en el género (o géneros vecinos) en cuanto a variación geográfica y genética, que sugiera si esta ante una especie polimórfica o un conjunto de especies.

### Algunos estudios recientes

*Camponotus*. Las hormigas carpinteras son uno de los géneros más diversos (cerca de 500 especies en el Neotrópico y más de 100 en Colombia) y con dificultad en identificación. Recientemente Ronque et al. (2015) evaluaron si *Camponotus renggeri* y *C. rufipes* son especies diferentes o no. Desde el punto de vista taxonómico la una parecía quedar bajo sinonimia menor de la otra, al no ser concluyentes los caracteres que les separan (color cuerpo y patas, pilosidad) (Mackay, en preparación). Más difícil aún, ambas especies son de amplia distribución y parecen mostrar variaciones locales. Ronque et al. (2015) utilizaron varias fuentes de datos para evaluar si *C. renggeri* es parte o no de *C. rufipes* (el nombre más antiguo). Para ello los autores usaron 1) hábitat (cerrado o cerradão), 2) patrones de nidificación (dispersión vs agregación), 3) tiempo de forrajeo (diurno / nocturno), 4) sub-unidad 1 de COI, microsatélites y 5) morfología básica. Los datos son concluyentes. *C. rufipes* (sólo cerrado, nidos agregados de paja) se separa de *C. renggeri* (cerrado y cerradão, nidos dispersos subterráneos o en troncos caídos) por datos de historia natural y los marcadores moleculares los apoyan como linajes independientes. El estudio se hizo en una región específica (cerrado brasileño) y no sabemos cómo varíen estos atributos en otras partes del Neotrópico (como sabanas o selvas) donde ambas especies coexistan en simpatria, pero este estudio integrado sugiere que ambas son, en efecto, buenas especies que evolucionan

independientemente. Ramalho et al. (2016) utilizan con éxito COI para separar *C. senex* de *C. textor*, dos especies arborícolas que morfológicamente son difíciles de separar.

*Formica*. Seppa et al. (2011) enfrentan la pregunta si *Formica fusca* y *F. lemni* son especies diferentes o no. Para ello estudian poblaciones simpátricas en Europa utilizando morfometría, polimorfismos genéticos (por alozimas y microsátélites de ADN), perfil de hidrocarburos cuticulares y secuencia parcial de COI. En general, todos los análisis separan bien las dos especies, aunque en morfología hay cierto solapamiento (número de pelos pronoto y mesonoto). Los autores concluyen que son dos buenas especies, aunque muy recientemente separadas con híbridos ocasionales.

*Solenopsis*. Las hormigas del fuego son un grupo conspicuo que incluye la famosa hormiga invasora *Solenopsis invicta*, que ha invadido varias partes del Mundo, en especial EEUU donde es la hormiga más estudiada (Tschinkel 2006). A pesar de la revisión de Trager (1991) la identificación de hormigas del fuego es difícil, necesiéndose de muestras de obreras mayores y menores de cada nido, y a veces de sexuales. Ross et al. (2010) usan marcadores moleculares (10 de alozimas, 57 de microsátélites), modelamiento de nicho ecológico (suelo y clima por cuadrículas geográficas), color cuticular (brillantez de color en obreras mayores) para evaluar hipótesis de linajes independientes (especies) en torno a *Solenopsis saevissima* con muestras y datos de Brasil, Perú, Bolivia y Argentina. Los resultados e interpretación de los autores sugieren que hay evidencias de varios linajes dentro de *S. saevissima*, entre 4 y 6 especies crípticas. Estos autores sugieren que algunas de las posibles especies surgieron por hibridación entre poblaciones / especies en parapatría / simpatría, incluso con la distante especie *S. geminata* (de distribución más amplia). También establecen, a partir de los datos genéticos y geografía, la aparición de barreras pre y post apareamiento al flujo génico. Finalizan su estudio los autores arguyendo que una fracción de fuentes de información no es suficiente para delimitar especies y sólo un conjunto de dichas fuentes de datos y tipos de análisis pueden iluminar la evolución, especiación y finalmente diferenciación de especies en este grupo de hormigas.

*Crematogaster* grupo *kelleri*. Blaimer y Fisher (2013) abordan la delimitación de especies en este pequeño grupo de especies confinado a Madagascar. Estos autores usan caracteres morfológicos y 4 genes (3 nucleares y uno mitocondrial) y reconocen 6 especies (con sinonimias y descripción de nuevos taxones). De importancia es que los autores observan gran variabilidad morfológica y molecular, concluyendo que es la combinación de ambas fuentes de datos (morfología y genes), junto con datos de distribución y, donde es posible, asociación con reinas y machos, la estrategia que puede dar una idea aceptable de las especies del grupo en esta región.

## Avances y perspectivas

Los pocos ejemplos mostrados arriba son suficientes para mostrar el panorama en el tema de delimitación de especies en hormigas. Algunas conclusiones se pueden adelantar. Primero que todo, es claro que en grupos de hormigas con alto número de especies (y por lo general de amplia distribución), la morfología por sí sola es insuficiente para saber cuántas especies tenemos, como separarlas y como ofrecer claves de identificación para usuarios no especialistas. Esto implica que los investigadores deben recurrir a varias herramientas para saber que tan diverso es el grupo bajo su consideración. Una clara ventaja de esta estrategia es el rico conocimiento en evolución, especiación y dinámica de poblaciones. Esta información, unida a datos de biología y distribución, ofrecen un panorama sobre la biogeografía evolutiva del grupo de hormigas estudiado. Si esta información es equiparable a otros grupos de hormigas (y en general de insectos) se va obteniendo un cuadro general sobre patrones y procesos biológicos.

Un problema del uso de marcadores genéticos es que no está claro donde se coloca el límite entre especies diferentes. El estudio de *Solenopsis* en Ecuador (Delsinne et al. 2012) muestra alta variabilidad en algunas de las especies y la incapacidad de COI para resolver este problema. Por otra parte, las finas técnica moleculares y el abuso del concepto de "especies crípticas" puede disparar el número de especies en cualquier grupo de insectos. Un problema adicional, de tipo práctico, es la casi imposibilidad en identificar especies cuya delimitación es puramente genética. Un usuario tendría que repetir los mismos protocolos de laboratorio y análisis para diferenciar especies, sin la garantía de obtener los mismos resultados, precisamente por la variación genética que presentan las poblaciones.

Por lo menos los ejemplos mostrados arriba muestran que, en algunos casos, la separación de especies por morfología es conservativa, y por lo menos no se está maximizando artificialmente la riqueza en especies de un grupo. Claro, cabe esperar lo contrario, aceptar amplios criterios de especies donde la diversidad morfológica y genética se consideren simplemente como variantes de una especie polimórfica. Al fin y al cabo en insectos desde hace tiempo se acepta que hay una gran variación fenotípica debida a condiciones históricas y ecológicas de los diversos linajes o poblaciones de muchas especies de amplia distribución.

El panorama de hormigas en el Neotrópico es mixto. Para un 70 a 75% de los géneros hay revisiones, monografías, sinopsis o notas taxonómicas que permiten, razonablemente, separar e identificar especies. El *AntWeb* ofrece además fotografías de alta calidad de la mayoría de los tipos de colecciones usualmente inaccesibles para los biólogos latinoamericanos. Esta página también incluye el catálogo de Barry Bolton y PDF de muchas descripciones originales de especies desde Linneo. El Cuadro 2 es una guía rápida de las publicaciones que ofrecen claves (o descripciones) para hormigas en los últimos 25 años. Si a esta información se suman los géneros monotípicos y aquellos en

revisión actual (*Hypoponera*, *Nylanderia*, *Crematogaster*, *Trachymyrmex*, *Myrmicocrypta*, *Tapinoma*) el panorama es alentador. En grupos de insectos igualmente diversos y comunes (Carabidae, Cerambycidae, Staphylinidae, Tachinidae, Miridae ...) no hay un grado tan alto de ayudas para identificar especies.

Una última observación es que la naturaleza o complejidad de cada grupo es la que define que tipos de herramientas se deben usar para delimitar especies en hormigas. En géneros tan diversos como *Strumigenys* o *Pheidole* la morfología y morfometría pueden bastar para separar y nombrar ejemplares. Es decir, es más cuestión de precisión y paciencia para nombrar un ejemplar o establecer si es un nuevo taxón. En géneros como *Solenopsis* o *Azteca* está claro que se debe acudir a muchas fuentes de datos, como los bioquímicos, genéticos y de historia natural. Las obreras menores de *Carebara* o *Solenopsis* del grupo molesta de especies diferentes son prácticamente indistinguibles.

Promesas como el "código de barras" se quedaron muy atrás en su propósito de reemplazar la taxonomía tradicional, y sólo el uso de criterios y herramientas diferentes puede dar una idea razonable de la diversidad - y evolución - en las hormigas.

Finalmente, si un grupo de hormigas desafía todos los esfuerzos de delimitación, puede tratarse de un grupo en plena evolución ... "la pesadilla del taxónomo es la delicia del biólogo evolutivo" (Dejaco et al. 2016).

## Agradecimientos

A Luis Miguel Constantino por su invitación a la presentación sobre este tema, en el marco del 43 Congreso Colombiano de Entomología.

Cuadro 1 Capacidad de delimitación de especies por tipo de herramientas de acuerdo a una revisión de literatura para artrópodos (tomado de Schlick-Steiner et al. 2010).

Disciplinas	Hipótesis de delimitación de especies		
	Total	Definición definitiva	Tasa de fallos
Morfología	359	302	0.23
ADN mitocondrial	284	235	0.33
ADN nuclear	142	119	0.28
Ecología	72	65	0.60
Enzimas	46	39	0.21
Comportamiento	27	24	0.08
Compatibilidad reproductiva	25	22	0.23

Historia de vida	24	21	0.52
Citogenética	25	20	0.20
Química	11	9	0.22
Genoma	9	8	0.38

Cuadro 2 Géneros de hormigas con revisiones, sinopsis y/o claves para la fauna Neotropical o de Colombia en los últimos 25 años. Se omiten taxones monotípicos.

Subfamilia y género	Referencia
<b>Subfamilia Amblyoponinae</b>	
<i>Stigmatomma</i>	Lacau & Delabie 2002
<b>Subfamilia Dorylinae</b>	
<i>Acanthostichus</i>	Mackay 1996
<i>Asphinctanilloides</i>	Brandão et al. 1999
<i>Cylindromyrmex</i>	De Andrade 1998
<i>Eciton</i>	Palacio 1999
<i>Labidus</i>	Palacio 1999
<i>Leptanilloides</i>	Brandão et al. 1999; Donoso et al. 2006; Borowiec y Longino 2011
<i>Nomamyrmex</i>	Palacio 1999
<i>Neivamyrmex</i>	Palacio 1999
<i>Sphinctomyrmex</i>	Feitosa et al. 2012
<b>Subfamilia Dolichoderinae</b>	
<i>Dolichoderus</i>	Ortiz y Fernández 2011
<i>Dorymyrmex</i>	Cuezzo y Guerrero 2012
<i>Forelius</i>	Cuezzo 2000; Guerrero y Fernández 2008
<i>Linepithema</i>	Wild 2004, 2007
<i>Technomyrmex</i>	Fernández y Guerrero 2008
<b>Subfamilia Ectatomminae</b>	
<i>Ectatomma</i>	Fernández 1991
<i>Gnamptogenys</i>	Lattke et al. 2008
<i>Acanthoponera</i>	Arias-Penna y Fernández 2008
<i>Heteroponera</i>	Arias-Penna y Fernández 2008
<b>Subfamilia Formicinae</b>	
<i>Acropyga</i>	LaPolla 2004
<i>Brachymyrmex</i>	Ortiz y Fernández 2014
<i>Myrmelachista</i>	Longino 2006
<i>Zatania</i>	LaPolla et al. 2012
<b>Subfamilia Myrmicinae</b>	

<i>Pogonomyrmex</i>	Fernández & Palacio 1997
<i>Aphaenogaster</i>	Longino y Cover 2004
<i>Stenammas</i>	Branstetter 2013
<i>Cardiocondyla</i>	Mackay 1995
<i>Carebara</i>	Fernández 2004a
<i>Acanthognathus</i>	Galvis y Fernández 2009
<i>Acromyrmex</i>	Fernández et al. 2015
<i>Allomerus</i>	Fernández 2007a
<i>Apterostigma</i>	Lattke 1997
<i>Blepharidatta</i>	Brandão et al. 2015
<i>Atta</i>	Fernández et al. 2015
<i>Trachymyrmex</i>	Mayhé-Nunes y Brandão 2002, 2005, 2007
<i>Cephalotes</i>	De Andrade y Baroni Urbani 1999
<i>Cyphomyrmex</i>	Snelling y Longino 1992; Mackay y Mackay 2002
<i>Lachnomyrmex</i>	Feitosa & Brandão 2008
<i>Lenomyrmex</i>	Fernández y Palacio 1999; Fernández 2001
<i>Mycetophylax</i>	Klingenberg y Brandão 2009
<i>Mycocepurus</i>	Mackay et al. 2004
<i>Myrmicocrypta</i>	Sosa-Calvo y Schultz 2010
<i>Ochetomyrmex</i>	Fernández 2003b
<i>Octostruma</i>	Longino 2013
<i>Pheidole</i>	Wilson 2003; Longino 2009
<i>Procryptocerus</i>	Longino y Snelling 2002
<i>Rhopalothrix</i>	Longino y Boudinot 2013
<i>Strumigenys</i>	Bolton 2000; Longino 2006b
<i>Tranopelta</i>	Fernández 2003b
<i>Wasmannia</i>	Longino y Fernández 2008
<i>Adelomyrmex</i>	Fernández 2003c; Longino 2012
<i>Cryptomyrmex</i>	Fernández 2004b
<i>Megalomyrmex</i>	Brandão 1990, 2003; Longino 2010; Boudinot et al. 2013
<i>Monomorium</i>	Fernández 2007b
<i>Oxyepoecus</i>	Albuquerque y Brandão 2004, 2009; Delsinne et al. 2012
<i>Rogeria</i>	Kluger 1994 ; LaPolla y Sosa-Calvo 2006
<i>Solenopsis</i>	Trager 1991; Pacheco y Mackay 2013
<i>Stegomyrmex</i>	Feitosa et al. 2008
<b>Subfamilia Proceratiinae</b>	
<i>Discothyrea</i>	Sosa-Calvo y Longino 2008
<i>Proceratium</i>	Sosa-Calvo y Longino 2008
<i>Probolomyrmex</i>	
<b>Subfamilia Ponerinae</b>	
<i>Anochetus</i>	Zabala 2008
<i>Belonopelta</i>	Fernández 2008



<i>Centromyrmex</i>	Fernández 2008
<i>Cryptopone</i>	Mackay y Mackay 2010
<i>Dinoponera</i>	Fernández 2008; Lenhart et al. 2013
<i>Leptogenys</i>	Lattke 2011
<i>Neoponera</i>	Mackay y Mackay 2010
<i>Odontomachus</i>	Rodríguez 2008
<i>Pachycondyla</i>	Mackay y Mackay 2010
<i>Pseudoponera</i>	Mackay y Mackay 2010
<i>Rasopone</i>	Mackay y Mackay 2010
<i>Simopelta</i>	Mackay y Mackay 2008
<i>Thaumatomyrmex</i>	Fernández 2008
<i>Platythyrea</i>	Fernández 2008
<b>Subfamilia Pseudomyrmecinae</b>	
<i>Pseudomyrmex</i>	Ward 1989, 1999

### Literatura citada

Albuquerque, N. L.; Brandão, C. R. F. 2004. A revision of the Neotropical Solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). 1. The *Vezenyii* species-group. Papeis Avulsos de Zoologia (São Paulo) 44:55-80.

Albuquerque, N. L.; Brandão, C. R. F. 2009. A revision of the Neotropical Solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). 2. Final. Key for species and revision of the *Rastratus* species-group. Papeis Avulsos de Zoologia (São Paulo) 49:289-309.

Arias-Penna T. M. y F. Fernández. 2008. Capítulo 4. Subfamilia Heteroponerinae, pp. 109-118 en: E. Jiménez, T. M. Arias, F. Fernández y F. H. Lozano, eds., Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", Bogotá D. C., 622 pp.

Blaimer B.B. & B.L. Fisher. 2013. How Much Variation Can One Ant Species Hold? Species Delimitation in the *Crematogaster kelleri*-Group in Madagascar. PLoS ONE 8(7): e68082. doi:10.1371/journal.pone.0068082

Bolton, B. 2000. The ant tribe Dacetini. Memoirs of the American Entomological Institute 65:1-1028.

- Bolton B. 2016. A general ant catalog. AntCat en AntWeb, consulta junio 4 de 2016.
- Borowiec, M. L.; Longino, J. T. 2011. Three new species and reassessment of the rare Neotropical ant genus *Leptanilloides* (Hymenoptera, Formicidae, Leptanilloidinae). ZooKeys 133:19-48.
- Boudinot, B. E.; Sumnicht, T. P.; Adams, R. M. M. 2013. Central American ants of the genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae): six new species and keys to workers and males. Zootaxa 3732:1-82.
- Brandão, C. R. F. 1990. Systematic revision of the Neotropical ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of thirteen new species. Arquivos de Zoologia (São Paulo) 31:411-481.
- Brandão, C. R. F. 2003. Further revisionary studies on the ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Solenopsidini). Papéis Avulsos de Zoologia 43:145-159.
- Brandão, C. R. F.; Diniz, J. L. M.; Agosti, D.; Delabie, J. H. 1999. Revision of the Neotropical ant subfamily Leptanilloidinae. Systematic Entomology 24:17-36.
- Brandao, C.R.F., Feitosa, R.M., Diniz, J.L.M. 2015. Taxonomic revision of the Neotropical Myrmicinae ant genus *Blepharidatta* Wheeler. Zootaxa, 4012, 33–56
- Branstetter, M. G. 2013. Revision of the Middle American clade of the ant genus *Stenammas* Westwood (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae). ZooKeys 295:1-277.
- Cuezzo, F. 2000. Revisión del género *Forelius* (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae). Sociobiology 35:197-275.
- Cuezzo, F.; Guerrero, R. J. 2012. The ant genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. Psyche 2012, Article ID 516058 (doi:10.1155/2012/516058):24 pp.
- Dayrat, B. 2005. Towards integrative taxonomy. Biological Journal of the Linnean Society, 85: 407–415.

De Andrade, M. L. 1998. Fossil and extant species of *Cylindromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Revue Suisse de Zoologie* 105:581-664.

De Andrade, M. L. 2004. A new species of *Platythyrea* from Dominican amber and description of a new extant species from Honduras (Hymenoptera: Formicidae). *Revue Suisse de Zoologie* 111:643-655.

De Andrade, M. L.; Baroni Urbani, C. 1999. Diversity and adaptation in the ant genus *Cephalotes*, past and present. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie B (Geologie und Paläontologie)* 271:1-889.

Dejaco T., M. Gassner, W. Arthofer, B.C. Schlick-Steiner & F.M. Steiner. 2016. Taxonomist's Nightmare ... Evolutionist's Delight†: An Integrative Approach Resolves Species Limits in Jumping Bristletails Despite Widespread Hybridization and Parthenogenesis. *Syst. Biol.* 00(0):1–28,

Delsinne, T.; Mackay, W.; Wild, A.; Roisin, Y.; Leponce, M. 2012. Distribution and diversity of the cryptic ant genus *Oxyepoecus* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) in Paraguay with descriptions of two new species. *Psyche* 2012: Article ID 594302, (doi:10.1155/2012/594302):8 pp.

Delsinne T., G. Sonet, Z.T. Nagy, N. Wauters, J. Jacquemin & M. Leponce. 2012. High species turnover of the ant genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae) along an altitudinal gradient in the Ecuadorian Andes, indicated by a combined DNA sequencing and morphological approach. *Invertebrate Systematics*, 2012, 26, 457–469.

Donoso, D. A.; Vieira, J. M.; Wild, A. L. 2006. Three new species of *Leptanilloides* Mann from Andean Ecuador (Formicidae: Leptanilloidinae). *Zootaxa* 1201:47-62.

Feitosa, R. M.; Brandão, C. R. F. 2008. A taxonomic revision of the Neotropical myrmicine ant genus *Lachnomyrmex* Wheeler (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 1890:1-49.

Feitosa, R. M.; Brandão, C. R. F.; Fernández, F.; Delabie, J. H. C. 2012. The ant genus *Sphinctomyrmex* Mayr (Hymenoptera, Formicidae, Cerapachyinae) in the Neotropical region, with the description of two new species. *Psyche* 2012: Article ID 342623, (doi:10.1155/2012/342623):9 pp.

Feitosa, R. M., Brandão, C. R. F., Diniz, J. L. M. 2008. Revisionary studies on the enigmatic Neotropical ant genus *Stegomyrmex* Emery, 1912 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of two new species. *Journal of Hymenoptera Research* 17:64–82.

Fernández, F. 1991. Las hormigas cazadoras del género *Ectatomma* (Formicidae: Ponerinae) en Colombia. *Caldasia* 16:551-564.

Fernández F. (ed) 2003a. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto Humboldt, Bogotá D.C.

Fernández, F. 2003b. Myrmicine ants of the genera *Ochetomyrmex* and *Tranopelta* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 41:633-661.

Fernández, F. 2003c. Revision of the myrmicine ants of the *Adelomyrmex* genus-group (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 361:1-52.

Fernández F 2004a. The American species of the myrmicine ant genus *Carebara* Westwood. *Caldasia* 26: 191–238.

Fernández, F. 2004b. Adelomyrmecini new tribe and *Cryptomyrmex* new genus of myrmicine ants (Hymenoptera, Formicidae). *Sociobiology* 44:325-335.

Fernández, F. 2007a. The myrmicine ant genus *Allomerus* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Caldasia* 29:159-175.

Fernández, F. 2007b. Two new South American species of *Monomorium* Mayr with taxonomic notes on the genus. *Memoirs of the American Entomological Institute* 80:128-145.

Fernández, F.; Guerrero, R. J. 2008. *Technomyrmex* (Formicidae: Dolichoderinae) in the New World: synopsis and description of a new species. *Revista Colombiana de Entomología* 34:110-115.

Fernández, F.; Palacio, E. E. 1997. Clave para las *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) del Norte de Suramérica, con la descripción de una nueva especie. *Revista de Biología Tropical* 45:1649-1661.

Fernández, F.; Palacio, E. E. 1999. *Lenomyrmex*, an enigmatic new ant genus from the Neotropical region (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). *Systematic Entomology* 24:7-16.

Fernández, F., Castro-Huertas, V. & Serna, F. Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). *Fauna de Colombia, Monografía No.5*, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 350p.

Galvis, J. P.; Fernández, F. 2009. Ants of Colombia X. *Acanthognathus* with the description of a new species (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Colombiana de Entomología* 35:245-249.

Guerrero, R. J.; Fernández, F. 2008. A new species of the ant genus *Forelius* (Formicidae: Dolichoderinae) from the dry forest of Colombia. *Zootaxa* 1958:51-60.

Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball, and J. R. de Waard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.* 270:313–321.

Heraty J., Ronquist F., Carpenter J.M., Hawks D., Schulmeister S., Dowling A.P., Murray D., Munro J., Wheeler W.C., Schiff N., Sharkey M. 2011. Evolution of the hymenopteran megaradiation. *Mol Phylogenet Evol*60(1):73-88.

Janzen, D. 2004. Now is the time. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359:731–732.

Klingenberg, C.; Brandão, C. R. F. 2009. Revision of the fungus-growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Zootaxa* 2052:1-31.

Kugler, C. 1994. A revision of the ant genus *Rogeria* with description of the sting apparatus (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Hymenoptera Research* 3:17-89.

Lach C. Parr & K. Abbot, eds. 2010. *Ant Ecology*, Oxford UK: Oxford University Press.

Lacau, S. & J.H.C. Delabie. 2002. Description de trois nouvelles espèces d'*Amblyop,ne* avec quelques notes biogéographiques sur le genre au Brésil (Formicidae, Ponerinae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 107:33-41.

LaPolla, J. S. 2004. *Acropyga* (Hymenoptera: Formicidae) of the world. Contributions of the American Entomological Institute 33(3):1-130.

LaPolla, J. S.; Sosa-Calvo, J. 2006. Review of the ant genus *Rogeria* (Hymenoptera: Formicidae) in Guyana. Zootaxa 1330:59-68.

LaPolla, J. S.; Kallal, R. J.; Brady, S. G. 2012. A new ant genus from the Greater Antilles and Central America, *Zatania* (Hymenoptera: Formicidae), exemplifies the utility of male and molecular character systems. Systematic Entomology 37:200-214.

Lattke, J. E. 1997. Revisión del género *Apterostigma* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). Arquivos do Instituto Biológico (São Paulo) 34:121-221.

Lattke, J. E. 2011. Revision of the New World species of the genus *Leptogenys* Roger (Insecta: Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). Arthropod Systematics and Phylogeny 69:127-264.

Lattke, J. E.; Fernández, F.; Arias-Penna, T. M.; Palacio, E. E.; MacKay, W.; MacKay, E. 2008. Género *Gnamptogenys* Roger. Pp. 66-100. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (eds.) 2008. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, xiv + 609 pp.

Lenhart, P. A.; Dash, S. T.; Mackay, W. P. 2013. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). Journal of Hymenoptera Research 31:119-164.

Longino, J. T. 2006. A taxonomic review of the genus *Myrmelachista* (Hymenoptera: Formicidae) in Costa Rica. Zootaxa 1141:1-54.

Longino J. 2009. Additions to the taxonomy of New World *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). Zootaxa 2181:1-90.

Longino, J. T. 2010. A taxonomic review of the ant genus *Megalomyrmex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) in Central America. Zootaxa 2720:35-58.

Longino, J. T. 2012. A review of the ant genus *Adelomyrmex* Emery 1897 (Hymenoptera, Formicidae) in Central America. *Zootaxa* 3456:1-35.

Longino, J. T. 2013. A revision of the ant genus *Octostruma* Forel, 1912 (Hymenoptera, Formicidae). *Zootaxa* 3699:1-61.

Longino, J. T.; Boudinot, B. E. 2013. New species of Central American *Rhopalothrix* Mayr, 1870 (Hymenoptera, Formicidae). *Zootaxa* 3616:301-324.

Longino, J. T.; Cover, S. 2004. A revision of the *Aphaenogaster phalangium* complex (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). *Zootaxa* 655:1-12.

Longino, J. T.; Fernández, F. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*. *Memoirs of the American Entomological Institute* 80:271-289.

Longino, J. T.; Snelling, R. R. 2002. A taxonomic revision of the *Procryptocerus* (Hymenoptera: Formicidae) of Central America. *Contributions in Science (Los Angeles)* 495:1-30.

MacKay, W. P. 1995. New distributional records for the ant genus *Cardiocondyla* in the New World (Hymenoptera: Formicidae). *Pan-Pacific Entomologist* 71:169-172.

MacKay, W. P. 1996. A revision of the ant genus *Acanthostichus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 27:129-179.

Mackay, W. P.; Mackay, E. 2008. Revision of the ants of the genus *Simopelta* Mann. Pp. 285-328. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (eds.) 2008. *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, xiv + 609 pp

MacKay, W. P.; MacKay, E. 2010. *The systematics and biology of the New World ants of the genus Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae). Lewiston, New York: Edwin Mellen Press, xii+642 pp.

Mackay WP, Maes J-M, Fernández PR, Luna G. 2004. The ants of North and Central America: the genus *Mycocepurus* (Hymenoptera: Formicidae). 7pp. Journal of Insect Science, 4:27, Available online: [insectscience.org/4.27](http://insectscience.org/4.27).

Mayhé-Nunes, A. J.; Brandão, C. R. F. 2002. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 1: definition of the genus and the opulentus group (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology 40:667-698.

Mayhé-Nunes, A. J.; Brandão, C. R. F. 2005. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 2: the *Iheringi* group (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology 45:271-305.

Mayhé-Nunes, A. J.; Brandão, C. R. F. 2007. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 3: The *Jamaicensis* group (Hymenoptera: Formicidae). Zootaxa 1444:1-21.

Ortiz, C. M.; Fernández, F. 2011. Hormigas del género *Dolichoderus* Lund (Formicidae: Dolichoderinae) en Colombia. (Monografías de Fauna de Colombia 3). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 116 pp.

Ortiz, C. M.; Fernández, F. 2014. *Brachymyrmex* species with tumuliform metathoracic spiracles: description of three new species and discussion of dimorphism in the genus (Hymenoptera, Formicidae). ZooKeys 371:13-33.

Pacheco, J. A.; Mackay, W. P. 2013. The systematics and biology of the New World thief ants of the genus *Solenopsis* (Hymenoptera: Formicidae). Lewiston, New York: Edwin Mellen Press, 501 pp.

Palacio, E. E. 1999. Hormigas legionarias (Hymenoptera: Formicidae: Ecitoninae) de Colombia, pp.117-189 en: G. Amat, G. Andrade y F. Fernández, eds., Insectos de Colombia Vol. II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Rodríguez J. 2008. *Odontomachus*. Pp. 123-218. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (eds.) 2008. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, xiv + 609 pp.



Ramalho M.O.F. R.M. Santos, T.T. Fernandes, M. Santana, C. Morini & O.C. Bueno. 2016. Cytochrome c oxidase I DNA sequence of *Camponotus* ants with different nesting strategies is a tool for distinguishing between morphologically similar species. *Genetica* DOI 10.1007/s10709-016-9906-1.

Ronque M.U., M. Azevedo-Silva, G.M. Mori, A.P.Souza & O.S. Oliveira. 2015. Three ways to distinguish species: using behavioural, ecological, and molecular data to tell apart two closely related ants, *Camponotus renggeri* and *Camponotus rufipes* (Hymenoptera: Formicidae). *Zool J Linn Soc-Lond.* doi:10.1111/zoj.12303

Ross, K. G., D. Gotzek, M. S. Ascunce & D. D. Shoemaker. 2010. Species Delimitation: A Case Study in a Problematic Ant Taxon *Syst. Biol.* 59(2):162–184.

Schlick-Steiner B.C., F.M. Steiner, B.Seifert, C. Stauffer, E. Christian & R.H. Crozier. 2010. Integrative Taxonomy: A Multisource Approach to Exploring Biodiversity. *Annu. Rev. Entomol.* 55:421–38.

Seppä P., H. Helanterä, K. Trontti, P. Punttila, A. Chernenko, S.J. Martin & L. Sundström. 2011. The many ways to delimit species: hairs, genes and surface chemistry. *Myrmecological News* 15:31-41.

Snelling, R. R.; Longino, J. T. 1992. Revisionary notes on the fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex*, *rimosus* group (Hymenoptera: Formicidae: Attini). Pp. 479-494. En: Quintero, D.; Aiello, A. (eds.) 1992. *Insects of Panama and Mesoamerica: selected studies.* Oxford: Oxford University Press, xxii + 692 pp.

Sosa-Calvo J. & J. Longino. 2008. Proceratiinae. En: E. Jiménez, T. M. Arias, F. Fernández y F. H. Lozano, eds., *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”, Bogotá D. C., 622 pp.

Sosa-Calvo, J.; Schultz, T. R. 2010. Three remarkable new fungus-growing ant species of the genus *Myrmicocrypta* (Hymenoptera: Formicidae), with a reassessment of the characters that define the genus and its position within the Attini. *Annals of the Entomological Society of America* 103:181-195.

Tautz, D., P. Arctander, A. Minelli, R. H. Thomas, and A. P. Vogler. 2003. A plea for DNA taxonomy. *Trends Ecol. Evol.* 18:71–74.

Trager, J. C. 1991. A revision of the fire ants, *Solenopsis geminata* group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). Journal of the New York Entomological Society 99:141-198.

Tschinkel, w.r. 2006. The fire ants, belknap /harvard university press.

Ward, P. S. 1989. Systematic studies on pseudomyrmecine ants: revision of the *Pseudomyrmex oculatus* and *P. subtilissimus* species groups, with taxonomic commentson other species. Quaestiones Entomologicae 25:393-468.

Ward, P. S. 1999. Systematics, biogeography and host plant associations of the *Pseudomyrmex viduus* group (Hymenoptera: Formicidae), *Triplaris*- and *Tachigali*-inhabiting ants. Zoological Journal of the Linnean Society 126:451-540.

Wild, A. L. 2004. Taxonomy and distribution of the Argentine ant, *Linepithemahumile* (Hymenoptera: Formicidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 97: 1204-1215.

Wild A. 2005. Taxonomic revision of the *Pachycondyla apicalis* species complex (Hymenoptera: Formicidae). Zootaxa 834:1-25.

Wild, A. L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). University of California Publications in Entomology 126:1-151.

Will K.W., B.D. Mishler & Q.D.Wheeler. 2005. The Perils of DNA Barcoding and the Need for Integrative Taxonomy. Syst. Biol. 54(5):844–851.

Wilson, E. O. 2003. *Pheidole* in the New World. A dominant, hyperdiverse ant genus. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, [ix] + 794 pp.

Zabala 2008. *Anochetus*. Pp. 123-218. En: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias, T.M.; Lozano-Zambrano, F. H. (eds.) 2008. Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, xiv + 609 pp.

**Análisis morfológicos, moleculares y biogeográficos en la validación de nuevas especies y resolución de problemas taxonómicos en lepidoptera**

Luis Miguel Constantino

*Biólogo-Entomólogo M.Sc. Disciplina de Entomología, Cenicafé*

La taxonomía es la disciplina más antigua de la biología que estudia los principios, métodos y fines de la clasificación principalmente ordenada y jerarquizada de los seres vivos. Se sabe que en la tierra existen más de 5 millones de especies, la cual nosotros los seres humanos sólo conoce la ínfima parte de estos. A la clasificación ordenada y jerarquizada se la debemos al aporte realizado por el científico, médico y botánico sueco Carlos Linneo durante el siglo XVIII (1707-1778) considerado el padre de la taxonomía, quien desarrolló el sistema de nomenclatura binomial. Desde hace más de dos siglos la taxonomía ordena, describe y clasifica a todos los seres vivos, teniendo como la unidad de una clasificación a la especie. Además, a la mencionada propuesta, Linneo le sumó la agrupación de los géneros en familia, éstas en clases, las clases en tipos o filum y finalmente los tipos en reinos.

El número de especies de seres vivos que han sido descritas por los taxónomos en los últimos 200 años es de alrededor de 1,5 millones (Chapman 2009). Este número es solo aproximado y varía según las fuentes. Hay que tener en cuenta que muchos nombres publicados son sinónimos y que hay cambios en el criterio taxonómico (lo que antes se consideraba una especie, ahora se consideran varias, y viceversa). Las más recientes estimaciones abarcan entre 1,5 millones de especies, de las cuales 1 millón corresponden a insectos, considerado el grupo de animales más diverso del planeta, aunque un estimado del número total de especies podría estar realmente entre 5 y 30 millones, ya que cada año se describen miles de especies nuevas, especialmente de las selvas tropicales. Desafortunadamente esta gran biodiversidad de seres vivos se encuentra amenazada por la destrucción de los hábitats naturales que están causando la extinción de muchas especies de distribución local o restringida y endémicas sin siquiera haberlas conocido. A pesar de la importancia del papel que juegan los taxónomos en identificar y clasificar las especies ante esta crisis global de la biodiversidad, el número de taxónomos especialistas en los diversos grupos cada vez es menor, enfrentados a recortes en presupuesto para realizar las investigaciones y estudios en clasificación y sistemática de los diferentes grupos de especies y familias.

Durante más de dos siglos la taxonomía tradicional se ha basado en el diagnóstico de los caracteres morfológicos de las especies para separar los taxones en géneros, familias y especies, haciendo un aporte fundamental en la clasificación y sistemática de las especies. Con el advenimiento de nuevas herramientas tecnológicas, actualmente la taxonomía integra técnicas morfológicas, ecológicas, genéticas, etológicas y moleculares y responde a múltiples preguntas (Noriega *et. al.* 2015) complementado con otras ciencias como la biogeografía y la biología evolutiva de las especies para entender las relaciones filogenéticas de las especies. Sobre este particular, cuando se trata de especies hermanas o cripticas, es decir, especies morfológicamente iguales pero genéticamente diferentes, toca recurrir a diferentes herramientas más precisas como el análisis de las secuencias "barcode" de ADN mitocondrial con marcadores del primer fragmento del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I (COI) y los estudios biológicos y genéticos, derivados de los estudios taxonómicos (Janzen *et. al.* 2009). Hoy en día, es necesario integrar los análisis morfológicos, biológicos, ecológicos y moleculares para poder determinar con mayor exactitud una especie o subespecie, en este caso el biólogo sistemático molecular requiere de la asistencia del taxónomo especialista para que le indique cuáles son las especies que el busca o requiere para hacer un análisis filogenético.

Tal vez uno de los primeros trabajos 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 *Astraptus fulgerator* (LEP: HesperIIDae) (Giraldo 2015).

En los últimos años se ha debatido cuál es el rol del taxónomo, considerado por algunos críticos como un trabajo técnico de ordenación de clases, ordenes, familias, subfamilias, especies y subespecies, sin embargo estos críticos que generalmente son biólogos evolucionistas moleculares piensan que los análisis moleculares son la única solución en la clasificación taxonómica de las especies, pero están completamente equivocados. La taxonomía como tal es una ciencia y los taxónomos son científicos, porque como en el método científico, se deben plantear unas hipótesis respecto a si las especies que esta estudiando o describiendo son reales o son simplemente formas o variaciones fenotípicas o sexuales. Por eso las especies y subespecies no son "buenas" o "malas" (que son cualidades morales o éticas, no biológicas), son solamente hipótesis con mayor o menor grado de sustento fáctico. Cuando las hipótesis taxonómicas son implementadas y las descripciones publicadas en una revista científica estas están sujetas a futuras revisiones (i.e. refutadas o validadas por otros taxónomos o biólogos sistemáticos moleculares) con la posibilidad ya sea de confirmar su validez o de invalidarla (i.e. sinonimizarla por una especie ya conocida) como corroborar o comprobar cualquier hipótesis científica.

Y ahora bien que se ha establecido correctamente y confirmado que la taxonomía es una ciencia que formula hipótesis (es decir, no sólo las especies, pero taxones en otros clados

o grupos) y probar estas hipótesis por medio de métodos reconocidos, ya sean morfológicos, genéticos, biológicos, moleculares etc. para ser objetivos y conducir a resultados reproducibles, y comparables entre sí, es decir la taxonomía hoy en día debe ser integrativa combinando diferentes herramientas para el análisis y estudio de las especies (Giraldo 2015). Esto corrobora la importancia del trabajo del taxónomo que es primordial frente al trabajo que realiza el biólogo molecular que es complementario, y sin dudas deja demostrado que el trabajo de los análisis filogenéticos basados solo en marcadores moleculares no pueden hacerse independientemente de los análisis filogenéticos basados en análisis morfológicos para comparar o entender las relaciones entre especies o clados.

### **Análisis filogenéticos en mariposas**

Las mariposas son posiblemente el mejor grupo de invertebrados más llamativos y han sido una fuente de inspiración para generaciones de historiadores, biólogos, entomólogos, científicos, ecólogos, naturalistas y taxónomos (Ackery et al. 1999). En consecuencia, su clasificación a nivel específico, subespecífico y genérico es razonablemente estable y conocido y la mayoría de los taxones han sido nombrados y descritos, cosa que no sucede con otros órdenes de insectos donde todavía existen muchas especies sin describir (ej. Coleoptera, Hymenoptera, por citar algunos ejemplos).

Las relaciones filogenéticas de las mariposas y polillas entre los diferentes clados (grupo de organismos que se cree que han evolucionado a partir de un ancestro común, de acuerdo con los principios de la cladística) han sido controversiales aun en los días de hoy sin ningún consenso. Esta falta de resolución filogenética ha sido un impedimento para usar a las mariposas como grupo modelo en biología evolutiva (Wahlberg *et al.* 2005). Muchos estudios filogenéticos actuales no tienen en cuenta la información morfológica por una variedad de razones (Ver Baker & Gatesy 2002; Jenner 2004). Haciendo caso omiso de los datos morfológicos puede dar lugar a varios clados no esenciales, independientemente del método de análisis utilizado (Wahlberg *et al.* 2005). Es necesario entonces combinar datos morfológicos y moleculares como complemento. Varios estudios filogenéticos han demostrado que los datos morfológicos por sí solos no pueden resolver tantos nodos y los datos moleculares por sí solos sin tener en cuenta los datos morfológicos pueden generar cladogramas o clados inverosímiles, como por ejemplo que la familia Pieridae es hermana de la familia Riodinidae y Lycaenidae. Una afirmación común de un biólogo sistemático molecular es que un gran número de caracteres independientes son necesarios para poder estimar relaciones filogenéticas robustas y confiables (Rokas *et al.* 2003). Sin embargo todavía para muchos grupos de organismos, aun no es factible generar grandes cantidades de datos de secuencia de ADN a partir de una variedad de regiones de genes. En Lepidoptera, por ejemplo, ha sido un reto para descubrir marcadores moleculares que sean lo suficientemente universales para amplificar regiones de genes que son de amplia utilidad filogenética en la resolución de todos los niveles taxonómicos jerárquicos, de especie a superfamilias (Friedlander *et al.*

1994). La utilización del fragmento “barcode” para la identificación molecular de especies es un tema de discusión y controversia (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 (Giraldo 2015).

Los análisis filogenéticos por si solos son débiles porque depende de qué genes se comparen y, si se seleccionan de un grupo (s) equivocado es posible llegar a conclusiones erróneas. Así, por ejemplo, un biólogo sistemático molecular que llega a un museo a tomar muestras de espécimen sin ninguna experiencia de campo y conocimiento de los antecedentes biológicos y genéticos de la especie podría fácilmente llegar a la conclusión errónea de que un insecto resistente a los insecticidas es una especie diferente de su hermano que era susceptible. Sin embargo, cuando el trabajo molecular es complementado con estudios morfológicos, ecológicas, biológicos, conductuales y fisiológicos ha sido una herramienta útil en distinguir las diferentes especies / subespecies y biotipos o especies hermanas (especies simpátricas morfológicamente idénticas pero genéticamente diferentes) en grupos de especies complejas taxonómicamente como en el caso de la subfamilia Heliconinae e Ithomiinae (Willmott & Freitas 2006, Kozak *et al.* 2015). Como alternativa, la morfología tiene la ventaja de presentar características observables repetibles que son (con suerte) distintivas (Ver. Holynski, 2005, 2010 La taxonomía y la mediocridad del código de barras genético).

Los biólogos sistemáticos moleculares generalmente no tienen en cuenta las revisiones taxonómicas donde ya se han resuelto o consolidado los taxones (e.j. especies que ya han sido sinonimizadas o divididas en diferentes subclados). Por ejemplo de las 2270 citas de *Hirudo medicinalis* Linnaeus, 1770 para el año 2011 que se encuentran en Google, solo 41 mencionan la presencia de especies hermanas o mal identificadas de *H. medicinalis* y *H. verberna* Carena, 1820 (Sidall *et al.* 2007, Wagele 2011). Por lo tanto, más del 95% de los análisis publicados sobre *H. medicinalis* que abarcan una amplia gama de temas al igual que los genomas, proteomas, síntesis de genes, estudios médicos etc) no pueden ser claramente asignados a esta especie, ni a ninguna de las dos especies no descritas dentro del complejo de especies de *H. medicinalis* (Wagele 2010).

## **El concepto de especie**

Los biólogos y taxónomos siempre se ven enfrentados al dilema de como definir, interpretar o reconocer una buena especie, la cual varía o depende de los diferentes puntos de vista o corriente filosófica y científica. De acuerdo a Dobzhansky (1935) y Mayr (1942) la **especie biológica** es un grupo o población natural de individuos que pueden cruzarse entre sí, pero que están aislados reproductivamente de otros grupos afines. Es lo que se conoce como **aislamiento reproductivo** entre las especies. Éste es el concepto más ampliamente aceptado y de mayor consenso, al menos entre los zoólogos. El asumir una especie como biológica, implica evolutivamente asumir que es una población

reproductivamente aislada, por lo que constituye un linaje evolutivo separado y que es reforzado por una serie de barreras que pueden ser de carácter geográfico o biológico.

Según Wiley (1978) la **especie evolutiva** es un linaje o secuencia ancestrodescendiente de poblaciones u organismos que mantienen su identidad de otros linajes y que poseen sus propias tendencias históricas y evolutivas. Este concepto difiere del anterior en que el aislamiento genético actual más que el potencial, es el criterio para el reconocimiento de la misma. Y considera que ante la existencia de barreras geográficas o biológicas, el flujo genético entre las mismas será tan bajo que una divergencia genética (cladogenesis) se producirá.

Para Cronquist (1978) la **especie morfológica** es la especie que es distinguible de sus afines por su morfología. El concepto morfológico de especie ha recibido numerosas críticas. En primer lugar, la definición morfológica no tiene en cuenta propiedades etológicas y ecológicas. En segundo lugar, los caracteres morfológicos no siempre permiten reconocer a una especie: por un lado, existen numerosas especies que son morfológicamente muy similares, como por ejemplo las llamadas especies crípticas o especies hermanas (Mayr, 1948); por otro, existen numerosos tipos morfológicos dentro de una misma especie, debido a variación genética individual (especies polimórficas) o al hecho de que pertenecen a distintas categorías biológicas, como la edad o el sexo.

Otro concepto utilizado es el de la **especie ecológica**, término acuñado por Van Valen (1976). Según este concepto, especie ecológica es un linaje (o un conjunto de linajes cercanamente relacionados) que ocupa una zona adaptativa mínimamente diferente en su distribución de aquellas pertenecientes a otros linajes, y que además se desarrolla independientemente de todos los linajes establecidos fuera de su área biogeográfica de distribución.

### **El origen de las especies o especiación**

Existen varias fuerzas evolucionistas que producen cambios dentro de las especies. Para producir una especie nueva, la evolución debe generar cambios genéticos lo suficientemente grandes entre las poblaciones para que no pueda ocurrir el apareamiento. La especiación depende del aislamiento geográfico y de la divergencia genética de dos poblaciones.

La **evolución alopátrica** de las especies ocurre en poblaciones que están físicamente separadas, es decir están geográficamente aisladas, es el caso en Colombia de las poblaciones del valle geográfico del río Magdalena y las poblaciones del valle geográfico del río Cauca, que se encuentran separadas por la cordillera central y a su vez las poblaciones que se encuentran en la vertiente de la costa pacífica están separadas de las

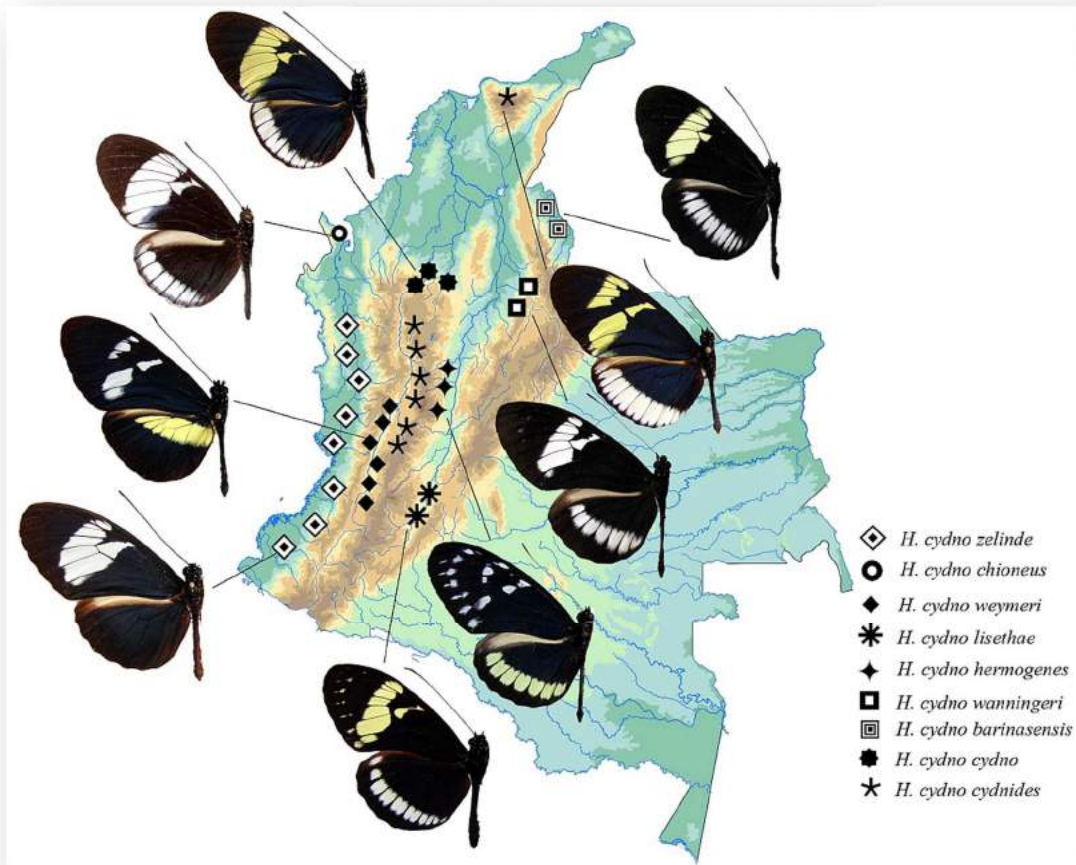
poblaciones de la cuenca del río Cauca por la cordillera occidental. Ver el ejemplo de caso con las poblaciones de la mariposa *Heliconius cydno* (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae) en Colombia, país que contiene la mayor cantidad de poblaciones endémicas (Figura 1).

Pero que sucede cuando la **evolución simpátrica** de las especies ocurre en poblaciones que viven en la misma región geográfica. La evolución simpátrica de las especies, al igual que la evolución alopátrica de las especies, requiere de un flujo limitado de genes. Existen dos mecanismos probables mediante los cuales se puede reducir el flujo de los genes entre los miembros de una población: el aislamiento ecológico y las aberraciones o cambios cromosómicos.

### **El aislamiento ecológico**

El aislamiento ecológico restringe a poblaciones diferentes a hábitats diferentes dentro de la misma región, por ejemplo si la región contiene dos tipos de hábitats (por ejemplo, fuentes alimentarias, lugares para ovipositar o refugiarse), como es el caso de una zona con bosque primario y otra abierta con rastrojo o pastizales, donde se ha modificado completamente el paisaje y el tipo de vegetación. Es el caso por ejemplo de la mariposa *Caligo atreus* (Lepidoptera: Brassoliniinae), una especie propia de bosques en buen estado de conservación que se alimenta de las platanillas *Heliconia* spp. (Heliconiaceae) y *Caligo illioneus oberon*, especie plaga de la caña de azúcar (*Sacharum officinalis*) en el valle geográfico del río Cauca adaptada a zonas abiertas, y que a su vez presenta otra subespecie *Caligo illioneus illioneus* geográficamente aislada propia de la región amazónica que se alimenta de *Heliconia* spp, en hábitats de bosque húmedo tropical.





**Figura 1.** Razas geográficas (subespecies) de *Heliconius cydno* en Colombia mostrando su distribución en los valles interandinos (Constantino & Salazar, 1998).

### Los cambios en el número de cromosomas

Los cambios en el número cromosómico pueden causar el aislamiento reproductivo de una población. En algunos casos, pueden surgir especies nuevas mediante cambios en la configuración o en el número de los cromosomas o mediante irregularidades durante la meiosis. Un mecanismo común de evolución de las especies en las plantas es la poliploidía, la adquisición de copias múltiples de cada cromosoma (Audesirk 1996). Casi todas las plantas y los animales tienen cromosomas pareados y se describen como

diploides, pero a veces, especialmente en las plantas, un huevo fertilizado duplica sus cromosomas, pero no se divide en dos células hijas. Por lo tanto, la célula resultante se hace tetraploide, con cuatro copias de cada cromosoma. En mariposas el mejor ejemplo de variación en el número de cromosomas lo presentan las especies del género *Philaethria* (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae) (Ver Brown *et.al.* 1992, Constantino & Salazar, 2010).

### **La biogeografía y los patrones de endemismo**

Para entender como es la distribución de los seres vivos en el planeta, la biogeografía es una herramienta útil que estudia cómo han sido los procesos que originan las especies o razas geográficas, los procesos que la modifican y los que la pueden hacer desaparecer. Es una ciencia interdisciplinaria, que es tanto una rama de la geografía como de la biología, recibiendo sus fundamentos de especialidades como la botánica, la zoología, la ecología o la biología evolutiva y de otras ciencias como la geología. A su vez la filogeografía estudia los procesos históricos que podrían ser responsables de las distribuciones geográficas contemporáneas de un individuo.

### **La formación de las especies (la teoría de los refugios pleistocénicos)**

Se ha reconocido que los taxones endémicos (plantas y animales) no se distribuyen al azar en el planeta tierra (Tribsh & Schönswetter 2003). Una fuerza impulsora que motivó la distribución geográfica de las especies es la teoría de los refugios pleistocénicos (primera época del periodo cuaternario). Según esta propuesta, el Último Máximo Glacial, ocurrido hace 20.000 años durante el último periodo glacial en el Pleistoceno, provocó durante miles de años un cambio climático desfavorable para los bosques húmedos (por un largo periodo más seco y frío), lo que redundó en una contracción en la distribución de los bosques, los que desaparecieron de gran parte de la superficie que cubrían, quedaron dichos biomas limitados únicamente a determinados fragmentos geográficos, los que lograron conservar poblaciones relicticas de las especies de flora y fauna dado que sólo allí se había conservado de manera estable el clima concordante con sus requerimientos.

Estos refugios pleistocénicos, al estar aislados entre sí (separados por enormes distancias con ecosistemas adversos), fueron centros de especiación, formadores de nuevas especies y subespecies, las que se desarrollaron en vicarianza, con evoluciones divergentes en cada refugio, paralelas las unas de las otras. Sin embargo, en la mayoría de casos, se identificaron regiones como refugios basados en altos niveles de riqueza en endemismo de especies y no sobre la base de datos independientes, con patrones genéticos intraespecíficos, según se revela a través de los estudios filogeográficos, que fueron a menudo fuertemente influenciados por la supervivencia de las poblaciones durante y después de los periodos glaciares. Estos dramáticos cambios climáticos durante el Pleistoceno causaron una considerable migración, fragmentación y extinción de

poblaciones (Hewitt, 1996; Bennett, 1997; Comes & Kadereit, 1998; Dynesius & Jansson, 2000, citados por Tribsch & Schönswetter 2003). Finalmente, al terminar el periodo glaciario y volver el clima al estado previo, desde los refugios las florestas se expandieron, reconquistando los territorios que habían perdido, hasta terminar cubriendo su distribución actual.

En mariposas están los trabajos pioneros de Keith Brown con su trabajo de tesis Ecología geográfica y evolución en las florestas neotropicales, utilizando a las mariposas de la subfamilia Ithomiinae y Heliconiinae como modelos para entender la distribución de las diferentes especies y subespecies en la región Neotropical. Para corroborar la teoría de los refugios pleistocénicos Brown hizo un muestreo exhaustivo de mariposas en muchas localidades geográficas y en base a consultas de colecciones entomológicas en museos encontró evidencia de la distribución de las especies y centros de endemismo que concuerdan con otros trabajos en grupos animales diferentes como en las aves, coleópteros, plantas, herpetos, mamíferos (ver Brown, 1979, Prance, 1973, Haffer 1977, Morrone 2005). Para Colombia se cuenta con 11 centros de endemismo que son: Chocó, Putumayo, Magdalena, Nechi, Cauca, Santa Marta, Catatumbo, Villavicencio, Ventuari, Imeri y Loreto, cada uno con endemismos propios y únicos de plantas y animales (Constantino 1995).

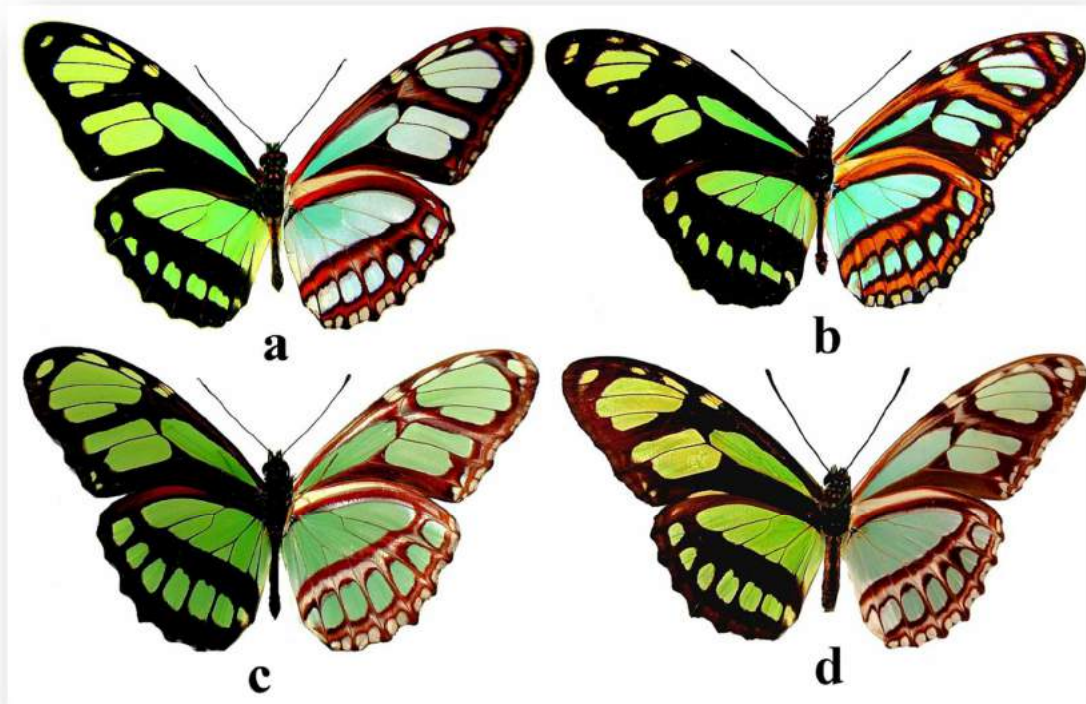
### **Estudio de caso en mariposas del género *Philaethria* (Lepidoptera: Heliconiinae)**

El género *Philaethria* Billberg, 1820 contiene diez especies reconocidas en la región Neotropical (Constantino y Salazar, 2010). *P. dido* (Linnaeus, 1763) es la especie más extendida, que se encuentran a lo largo de Costa Rica y Panamá hasta la región andina al oeste de Colombia y Ecuador, al este de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, Paraguay y norte de Argentina, Brasil, la cuenca del Amazonas y Trinidad, y vuela en forma simpátrica con otras especies de *Philaethria*; *P. diatonica* (Fruhstorfer, 1912) se encuentra en Centroamérica desde México hasta Panamá; *P. ostara* (Rober, 1906) es una especie restringida a la región andina a alturas medias que se distribuye en los Andes orientales de Venezuela, Colombia hasta Bolivia desde los 500 a 1600 m de altitud en asociación con bosques premontanos y montanos; *P. constantinoi* Salazar, 1999 es una especie endémica y rara de la región del Chocó biogeográfico, en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de Colombia hasta el noroeste de Ecuador en asociación con hábitats de selva pluvial tropical; *P. andrei* Brevignon, 2002 se encuentra en la Guayana francesa y el este de Venezuela (Delta del Orinoco); *P. neildi* Constantino & Salazar, 2010 se encuentra en la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) y Venezuela (Apure, Táchira, Barinas); *P. browni* Constantino y Salazar de 2010 ocurre en Venezuela a lo largo de la Cordillera de Mérida (vertiente oriental) en el estado de Barinas, entre los 600-1200 m en bosques premontanos; *P. romeroi* Constantino y Salazar de 2010 sólo se conoce de Rancho Grande, en el estado de Aragua en el norte de Venezuela en hábitats de bosque montano; *P. wernickei* Rober, 1906 vuela a lo largo de la costa este de Brasil desde Rio Grande do Norte hasta el Sur en Uruguay el norte de Argentina y *P. pygmalion*

(Fruhstorfer, 1912) está restringida a los llanos orientales de Colombia y la cuenca Amazonica de Colombia hasta el centro de Brasil por el río Amazonas. Recientemente Barao *et. al* 2014 basado en los datos de secuencia de ADN, y la variación de polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados encontró que *P. pygmalion* ocurre simpátricamente con *P. wernickei* en el bioma del Cerrado en el centro de Brasil.

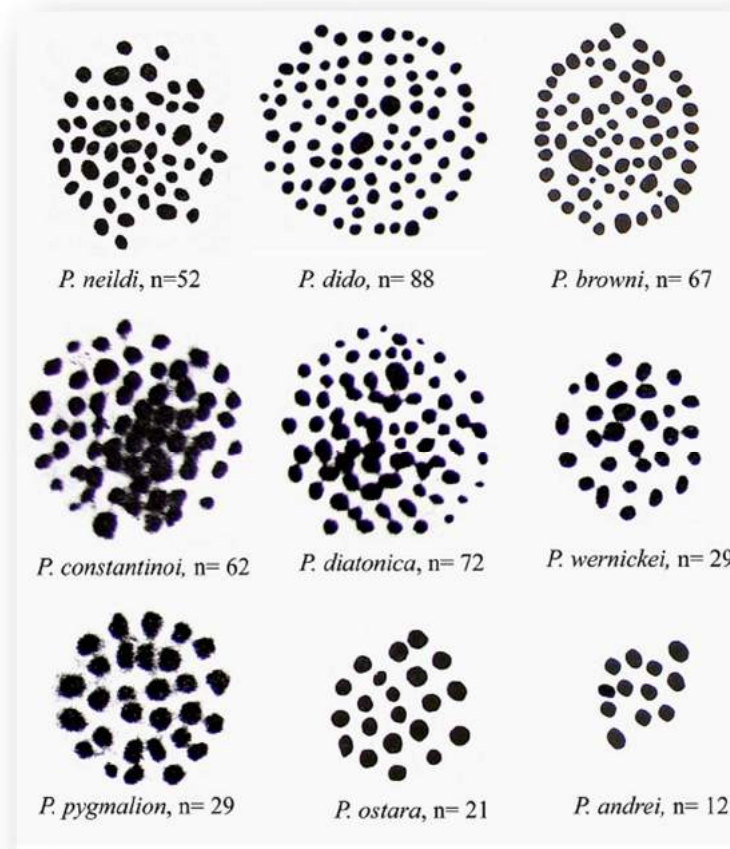
Todas las especies del género *Philaethria* son reconocidos por la intensa coloración verde-amarillo y patrón en el dorso superior de las alas parecidas a las de la mariposa *Siproeta stelenes*, una especie muy común en toda la región Neotropical. En *Philaethria* las alas anteriores son alargadas y las alas posteriores tienen la típica forma de un heliconiine. Todas las especies de *Philaethria* son simpátricas con *P. dido* en toda su área de distribución en los bosques tropicales de tierras bajas.

**Figura 2.** Especies hermanas del genero *Philaethria* morfológicamente similares pero con diferente número de cromosomas. **A.** *P. dido*. **B.** *P. constantinoi*. **C.** *P. neildi*. **D.** *P. diatonica*.



El conflicto entre las fuentes de datos puede ser frecuente en la biología evolutiva, especialmente en los casos en que un conjunto de caracteres plantea limitaciones a la resolución. Especies hermanas o cripticas, por ejemplo, sigue siendo un desafío debido al número limitado de caracteres morfológicos taxonómicamente útiles para separar especies. Una explicación de esto puede ser la convergencia morfológica debido a la adaptación a hábitats más homogéneos en anillos de especies miméticas, es decir que presentan el mismo patrón de coloración anasmática, lo que resulta en un alto grado de homoplasia. Esto a veces impide el diagnóstico morfológico claro de las especies. A pesar de esta pequeña variación taxonómica, las especies de *Philaethria* exhiben diversa variación en el número de cromosomas. Suomalainen & Brown (1984) estudiaron la variación del número de cromosomas dentro del complejo de especies de *Philaethria dido* en 27 localidades de América del Sur y encontraron que el número haploide de cromosomas varía de 12 a 88. Los diversos números de cromosomas en *P. dido* pueden pertenecer a especies hermanas, distinguible externamente por caracteres morfológicos muy pequeños, pero genéticamente muy diferentes (Suomalainen & Brown, 1984, Brown *et al*, 1992). El número de cromosomas haploides más alto de  $n = 88$  es el número de cromosomas más común para *P. dido* en muchas partes de la cuenca del Amazonas.; *P. constantinoi* tiene un número de  $n = 62$ ; *P. diatonica* un número de  $n = 72$ ; *P. ostara* un número de  $n = 21$ ; *P. andrej* tiene  $n = 12$ . *P. wernickei* y *P. pygmalion* contienen un número haploide de cromosomas de  $n = 29$ . Las tres nuevas especies descritas recientemente por Constantino y Salazar (2010) *P. neildi*, *P. browni* y *P. romeroi* tienen un número haploide de 52, 67 y 21 cromosomas respectivamente (Figura 3). Dado que el ancestro común de *P. dido* probablemente data de principios del periodo Terciario, pudo haber tenido muchas oportunidades para estar sometida a la evolución divergente de cromosomas en forma aislada (Suomalainen & Brown, 1984). El término de especies gemelas o hermanas como lo señalan Mayr (1942), Dobzhansky (1946) y Mallet (2007) se utiliza para designar una especie que es morfológicamente muy similar y se parece mucho a otra en apariencia y otras características, pero no pueden cruzarse entre sí por razones genéticas (tal como un cambio en el número de cromosomas o comportamiento diferente).

La combinación de la morfología con técnicas moleculares ha asistido recientemente la taxonomía en muchos grupos difíciles de delimitar morfológicamente (Brower *et al* 2006, Shiraiwa *et al* 2014, Kozak *et al* 2015). En el estudio del género *Philaethria* se proporciona material complementario aplicado a un análisis integrativo mediante la combinación de datos moleculares, morfológicas, biológicos, etológicos y de análisis cariotípico de los patrones cromosómicos de cuatro nuevas especies de reciente descripción pertenecientes al complejo *Philaethria dido* de Colombia, Panamá y Venezuela (Constantino y Salazar, 2010).



**Figura 3.** Diferentes números de cromosomas haploides en el complejo de especies de mariposas del género *Philaethria* (primera placa de la división metafásica meiótica de los espermatocitos) para diferente especies de América del Sur y América Central. Fotos y dibujos de Brown *et. al* (1992) y Constantino & Salazar, 2010. Aumento de 2800-2900 x.

Recientemente varios autores han realizado diferentes análisis de secuencias de ADN del gen COI, en estudios de análisis filogenéticos en la familia Nymphalidae, principalmente con la subfamilia Heliconiinae donde se han incluidos varias especies del complejo *Philaethria dido* (Tabla 1 y Figura 4), lo cual corrobora las observaciones y estudios morfológicos y genéticos hechos por Constantino & Salazar (2010) que reafirman la presencia de especies hermana en el complejo *P. dido*, con poblaciones simpátricas (ver a Kozak *et. al.* 2015, Barao *et. al.* 2014, Constantino & Salazar, 2010, Beltran *et. al.* 2007).

**Tabla 1.** Especímenes de *Philaethria* spp. utilizados en los análisis filogenéticos moleculares y el número de acceso de GenBank (NCBI) de los genes secuenciados.

Mar cad or	Taxon	Secuencia	Ref.
COI	<i>Philaethria constantinoi</i>  Colombia y Ecuador	1 tcaacaaatc ataaagatat tggaaacttta tatttttattt ttggaatttg agcaggaata 61 attggaacat ctttaagtat ttttaattcgt atagaattag gtaatcctgg atccttaatt 121 ggagatgac aaatttaca tactattgta acagctcatg cattttattat aatttttttt 181 atagtaatac ctattataat cggaggattt ggaaattgat tagtaccatt aatattagga 241 gctcctgaca tagcattccc cegtataaat aatataagat tttgactttt acccccctca 301 ctaattttat taatttccag tagaattgta gaaaatggtg ctggaactgg atgaacagta 361 taccocccct tatcttctaa tattgctcat agaggttcct caattgattt agctattttt 421 tcccttcatt tagctggaat ttcctcaatt ttaggagcaa ttaatttcat tacgaccatt	GenBank KP074302
COI	<i>Philaethria diatonica</i>  Costa Rica	1 ggaatagata ttgatacacg agcttatttt acttccgcaa ctataattat tgcagtaoct 61 acaggaatta aaatttttag ttgattagca actttacatg gaacacaaat taattatagt 121 ccttcaatat tatgaagtat tggatttatt tttttattta cagttggagg attaacagggt 181 gtgattttag caaattcttc tattgatatt acccttcatg atacttatta tgtagtagcc 241 cattttcatt atgttcttcc tataggagca gtattttgcta ttctaggagg atttgttcat 301 tgataccctc ttttcaactg attaataact aatccttatt tattaaaaat tcaatttttt 361 tcaatattta ttggagttaa tttaacattt ttcctcacaac attttttagg gttagctggg 421 ataccacgtc gttactctga ttaccctgat atatttatat cttgaaatat tattttctct	GenBank JX009161
COI	<i>Philaethria neildi</i>  Venezuela	1 ggagctcctg atagacttt ccccgata aataataaa gattttgact tttactcca 61 tcaactaattt tattaatttc cagcaaaatt gtagaaaatg gtgcaggaac tggatgaact 121 gtttaccctc ctttatcttc taatattgoc catagagggt cttcagttga tttagctatt 181 ttttcccttc atttagctgg tatttcttca attttaggag caattaattt tattacaact 241 attattaata tacaattaa caacatctcc tttgatcaat taccttatt tatctgagct 301 gttggtatta cagctctatt gttactatta tctttaccag ttttagcagg agctattact 361 atacttttaa ctgatcgaaa tttaaatact tctttttttg atcctgcagg aggaggagat 421 ccaattttat accaactatt attttgattt tttggtcctc cagaagtta tattttaatt	GenBank KP074304
COI	<i>Philaethria dido</i>  Perú	1 agtttatatt ctaattctcc caggatttgg aataatttct catattattt cacaagaaag 61 aggaaaaaag gaaacttttg gttgtttagg aataatttat gcaataatag ctattggttt 121 attaggattt atgttttgag ctcaccatatt atccacagta ggaatagata ttgacacacg 181 agcttatttc acttccgcaa ccataattat tgcagtaoct acaggaatta aaatttttag 241 ttgattagca actttacatg gaacacaaat caattatagt ccttcaatac tttgaagtat 301 tggatttatt tttttattta cagtaggagg attaactgga gtagtattag caaattcttc 361 tattgatatt acccttcatg atacttatta tgtagtagct cattttcatt atgttcttcc 421 tataggagca gtattttgcta ttttaggggg atttgtccac tgatattcct tatttactgg	AT74003Z
COI	<i>Philaethria ostará</i>  Ecuador	1 tcaacaaatc ataaagatat tggaaacttta tatttttattt ttggaatttg agcaggaata 61 gttggaacat ctttaagtat ttttaattcgt atagaattag gtaatcctgg gtccttaatt 121 ggagatgac aaatttataa tactattgta acagctcatg cattttattat aatttttttt 181 atagtaatac ctattataat tggaggattt ggaaattgat tagtaccatt aatattagga 241 gccctgaca tagcattccc cegtataaat aatataagat tttgactttt accctcctca 301 ttaattttat taatttccag caaaattgta gaaaatggtg caggaactgg atgaactggt 361 taccocccct tatcttctaa tattgctcat agaggttcct cagttgattt agctattttt 421 tctcttcatt tagctgggat tcttcaatt ttaggagcaa ttaattttat tacaactatt	KP074303

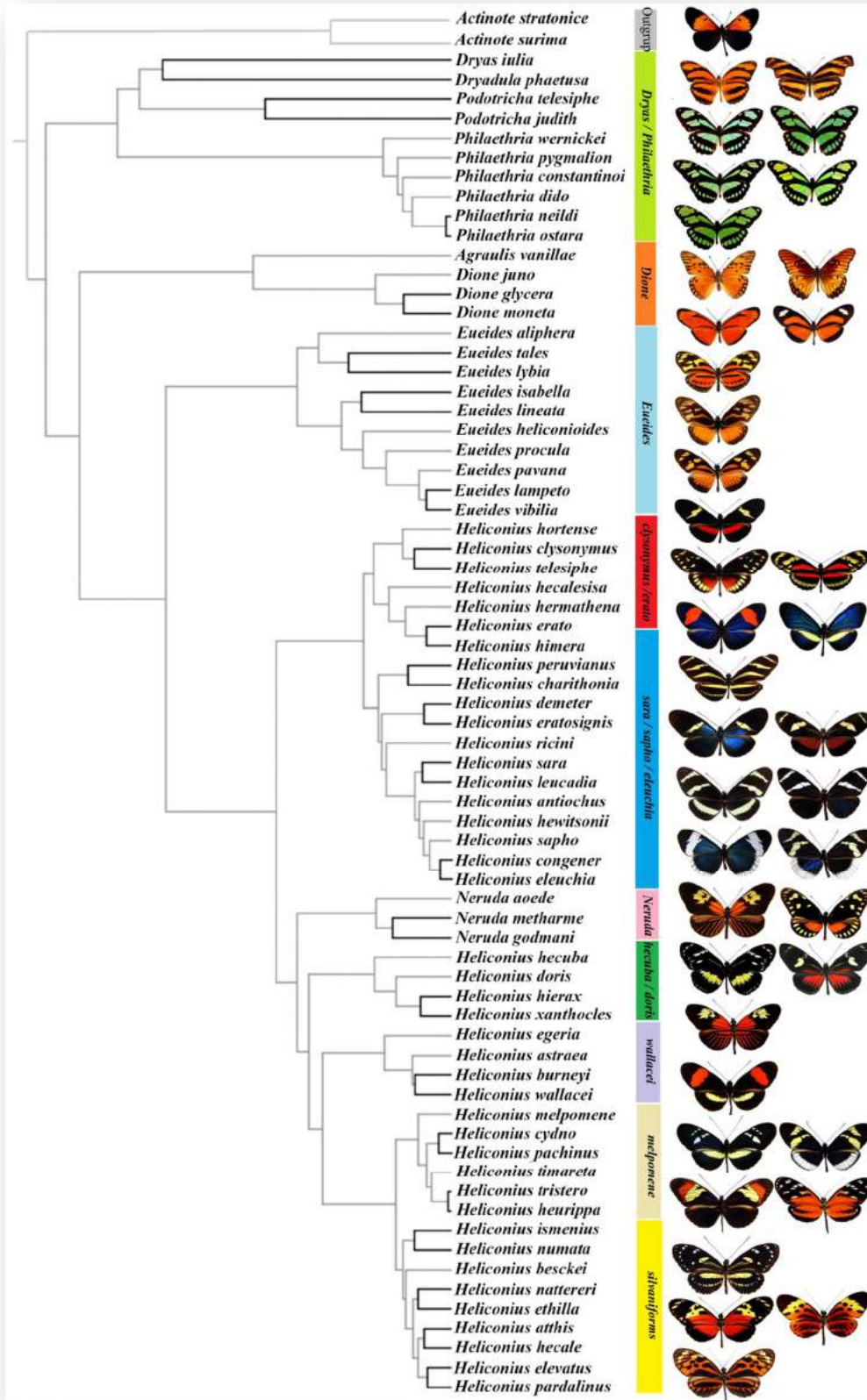
<b>COI</b>	<b><i>Philaethria wernickei</i></b>  Brasil	1 caatcttact aatttccagc agaattgtag aaaatggtgc aggaacggga tgaactgtat 61 accctcccct atcttcta attgccata gaggttcttc agttgattta gctatctttt 121 ctctccattt agctggaatt tctcaattt taggagcaat taattttatt acaaccatta 181 ttaatatgcg aattaataat atatcttttg atcaattacc tttattttatt tgagctggtg 241 gtattacagc ttatttatta ttattatctt taccagtttt agcaggagct attactatac 301 ttttaactga tcgaaattta aatacttctt tttttgacc tcgaggagga ggagaccxaa 361 ttttataatca acacttattc tgattttttg gtcacccaga agtttatatt ttaattctcc 421 caggatttgg aataattttc catattatctt ctcaagaaag aggaaaaaaaa gaaacttttg	U82270710
<b>COI</b>	<b><i>Philaethria pygmalion</i></b>  Brasil	1 tcaacaaatc ataaagatat tggaaacttta tattttatctt ttggaatttg agcagggtata 61 attggaacct cttaagtat cttaattcgt atagaattgg gtaatcccgg atctttaatt 121 ggagatgac aaatttataa tactattggtt acagcccatg catttattat aatttttttt 181 atagtaatac ctattataat tggaggattt ggaaattgat taatcccttt aatattagga 241 gccctgata tagcattccc cegtataaat aacataagat tttgactttt acccccctca 301 ttaattttat taatttccag tagaattgta gaaaatggtg caggaaacggg atgaaactgta 361 taccctccc tctctctaa tattgccc atagagttctt cagttgattt agctatcttt 421 tctctccatt tagctggaat ttcctcaatt ttaggagcaa ttaattttat tacaactatt	GenBank KP074306

El mimetismo en *Heliconius* y en genero afines se ha convertido en un ejemplo de la selección natural (Barton *et al.*, 2007). Los glucósidos cianogénicos, ya sea sintetizados o incorporados en los tejidos por las larvas que se alimentan de plantas de la familia Passifloraceae y que posteriormente traspasan a los adultos en sus tejidos les confiere protección a los adultos de los depredadores por su mal sabor (Engler *et al.*, 2000; Cardoso y Gilbert, 2007; Engler- Chauat & Gilbert, 2007; Hay-Roe & Nación, 2007; Chauhan *et al.*, 2013). Los depredadores incluyen aves insectívoras que aprenden a reconocer los patrones de color de las alas de las especies anasmáticas o de mal sabor y posteriormente las evitan (Brower *et al.*, 1963;. Chai, 1986; Chai, 1988; Pinheiro, 1996; Langham, 2004). Por lo tanto, las especies con coloración de advertencia se benefician de la protección contra los depredadores al presentar patrones de colores similares a otra especie de sabor desagradable, un fenómeno muy extendido conocido como mimetismo mulleriano (Benson, 1972, Müller, 1879).

Las mariposas del genero *Heliconius* han servido de modelos para el estudio de la especiación (Brower 2011). Se ha planteado la hipótesis de la especiación en híbridos de *Heliconius* que puede contribuir a explicar el mimetismo diverso que se encuentra en las mariposas *Heliconius*. Se ha propuesto que dos especies estrechamente relacionadas, *H. cydno* y *H. melpomene*, se hibridizaron para crear la especie *H. heurippa*. Y en una comparación de secuenciación de ADN que contiene las especies *H. melpomene aglope*, *H. timareta*, y *H. m. amaryllis*, se encontró que las secuencias de genes alrededor del locus del mimetismo fueron más recientemente divergentes en comparación con el resto del genoma, proporcionando evidencia de especiación por hibridación sobre la especiación por polimorfismo ancestral (Smith & Kronforst 2013).

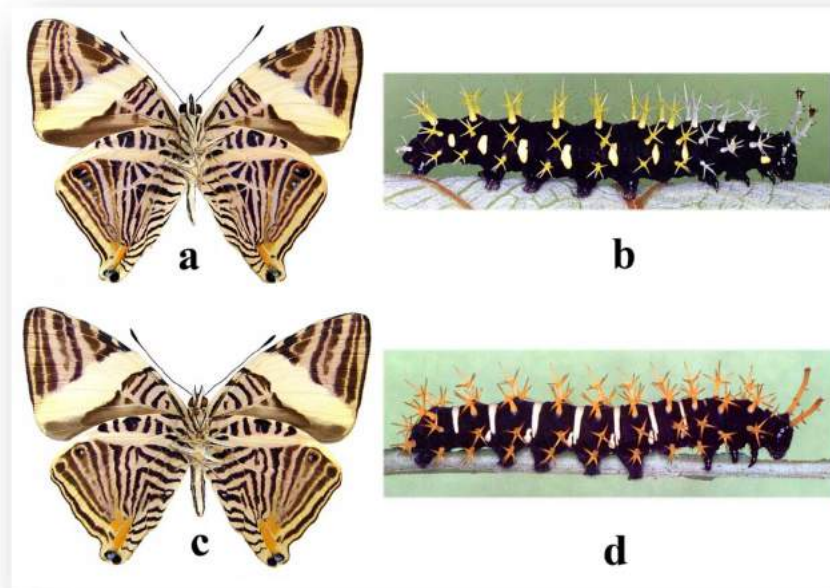


**Figura 4.** Análisis filogenético de la subfamilia Heliconiinae basado en 20 genes nucleares y 2 mitocondriales mostrando los grupos basales *Philaethria*, *Dryas* y *Dryadula* separados de *Heliconius* (adaptado de Kozak *et. al.* 2015).



### **Estudios morfológicos de estados inmaduros y adultos**

El estudio de los estados inmaduros combinado con el estudio de los adultos ofrecen características morfológicas únicas y útiles para separar familias, géneros y especies, que muy pocas veces es tomada en cuenta, ya que hay que hacer estudios de ciclos de vida de cada especie, sin embargo esta labor no se hace porque la biología para muchas especies es desconocida o no está al alcance fácilmente (ver. Son importantes para descubrir nuevas especies crípticas, que en el estado de adulto son casi morfológicamente idénticas a nivel de genitalia y patrón de coloración alar, pero que en el estado larval son muy diferentes. Este es el caso de la mariposa zebra *Colobura annulata* Willmott, Constantino & Hall, 2001 descrita recientemente y que ocurre simpátricamente con *Colobura dirce* Linnaeus, 1758 en toda la región neotropical. Es un caso de una especie hermana (críptica) que permaneció desapercibida por más de 243 años desde la descripción original de *C. dirce* por Carlos Linneo en el año 1758. La nueva especie presenta un nicho ecológico especializado con una estratificación vertical, confinada en el dosel del bosque donde oviposita en grupos de hasta 70 posturas de forma gregaria en la copa de árboles maduros de yarumo *Cecropia peltata* (Moraceae), mientras que *C. dirce* oviposita solo entre 5 y 8 posturas en plántulas jóvenes de *C. peltata* en el sotobosque. Claramente nos muestra un ejemplo de especiación promovido por la especialización y diferenciación ecológica y comportamental de vuelo y sitio de oviposición de los adultos de las dos especies, para evitar la competencia interespecífica (Willmott, Constantino & Hall 2001) (Figura 5). Es un ejemplo evidente de estrategias de supervivencia utilizadas por una o varias especies, que incluyen la forma de alimentarse, de competir con otras, en otras palabras es la función que cumple una especie animal o vegetal dentro del ecosistema.



**Figura 5.** Aislamiento reproductivo en dos especies hermanas y simpátricas del genero *Colobura* morfológicamente idénticas en estado adulto, pero con diferentes estados inmaduros. **A.** *Colobura dirce* Linnaeus, 1758. **B.** *Colobura annulata* Willmott, Constantino & Hall, 2001.

### Consideraciones finales

La taxonomía es una ciencia que formula hipótesis (es decir, no sólo las especies, pero taxones en otros clados o grupos) y probar estas hipótesis por medio de métodos científicos reconocidos, ya sean morfológicos, genéticos, biológicos, moleculares etc. para ser objetivos y conducir a resultados reproducibles, y comparables entre sí, es decir la taxonomía hoy en día debe ser integrativa combinando diferentes herramientas para el análisis y estudio de las especies.

Los análisis filogenéticos por si solos son débiles porque depende de qué genes se comparen y, si se seleccionan de un grupo (s) equivocado es posible llegar a conclusiones erróneas e inverosímiles. Sin embargo, cuando el trabajo molecular es complementado con estudios morfológicos, ecológicas, biológicos, conductuales y fisiológicos se convierte en una herramienta útil en distinguir las diferentes especies y

biotipos o especies hermanas en grupos de especies complejas taxonómicamente. Como alternativa, la morfología tiene la ventaja de presentar características observables repetibles que son (con suerte) distintivas.

Se tiene evidencia de especiación por hibridación. Esta teoría puede explicar los complejos miméticos en zonas de hibridación natural donde se encuentran dos poblaciones naturales.

Los biólogos sistemáticos moleculares generalmente no tienen en cuenta las revisiones taxonómicas donde ya se han resuelto o consolidado los taxones o sinonimizado las diferentes especies, generando confusión cuando los trabajos se hacen independientemente de los trabajos taxonómicos sin consultar el estatus taxonómico de las diferentes especies.

La utilización del fragmento “barcode” para la identificación molecular de especies es un tema de discusión y controversia porque que no refleja la diversidad innata de las entidades biológicas, como lo hace la morfología, y además que no puede identificar especies adecuadamente cuando no se utilizan los genes correctos.

### **Referencias bibliográficas**

ACKERY, P. R., DE JONG, R. & VANE-WRIGHT, R. I. 1999 The butterflies: Hedyloidea, Hesperoidea and Papilionoidea. In *Lepidoptera, moths and butterflies*. 1. Evolution, systematic and biogeography. *Handbook of zoology* 4 (35), Lepidoptera (ed. N. P. Kristensen), Berlin: de Gruyter. pp. 263–300.

AUDESIRK, T & AUDESIRK, G. 1996. *Evolución y ecología*. Cuarta edición. Prentice Hall. Simon & Schuster Company. Naucalpan de Juarez, Mexico. 414 p.

BALINT, Zs., CONSTANTINO, L.M. & K. JOHNSON. 2003. *Atlides dahnersi* sp. nov. from Colombia (Lepidoptera: Lycaenidae). *Folia Entomologica Hungarica* (Budapest, Hungria) 64: 251-266.

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.

BARTON, N.H., BRIGGS, D.E.G. & EISEN, J.A. 2007. *Evolution*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, U.S., Cold Spring Harbor, NY.

BAKER, R. & GATESY, J. 2002 Is morphology still relevant?. In *Molecular systematics and evolution: theory and practice* (ed. R. DeSalle, W. Wheeler & G. Giribet), Basel: Birkhauser Verlag. pp. 163–174.

BEEBE, W., CRANE, J. & FLEMMING, H. 1960) A comparison of eggs, larvae, and pupae in fourteen species of heliconiine butterflies from Trinidad. *W. I. Zoologica*, 45, 111–154

BENNETT, K. D. 1997. *Evolution and Ecology. The Pace of Life*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

BELTRAN, M., JIGGINS, C.D., BROWER, A.V.Z., BERMINGHAM, E. & MALLET, J. 2007. Do pollen feeding, pupal-mating and larval gregariousness have a single origin in *Heliconius* butterflies? Inferences from multilocus DNA sequence data. *Biol. J. Linn. Soc.* 92: 221–239.

BENSON, W.W. 1972. Natural selection for Mullerian Mimicry in *Heliconius erato* in Costa-Rica. *Science* 176: 936–939.

BROWER, A. V. Z. 2011. Hybrid speciation in *Heliconius* butterflies? A review and critique of the evidence. *Genetica* 139 (2): 589–609.

BROWN, K.S. 1979. *Ecologia Geografica e Evolucao nas Florestas Neotropicais*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brazil. 265 p.

BROWN, K.S., EMMEL, T.C., ELIAZAR, P.J. & SUOMALAINEN, E. 1992. Evolutionary patterns in chromosome numbers in neotropical Lepidoptera. I. Chromosomes of the Heliconiini. *Hereditas*, 117, 109–125.

CARDOSO, M.Z. & GILBERT, L.E. 2007. A male gift to its partner? Cyanogenic glycosides in the spermatophore of longwing butterflies (*Heliconius*). *Naturwissenschaften* 94: 39–42.

COMES, H. P. & KADEREIT, J. W. 1998. The effect of Quaternary climatic changes on plant distribution and evolution. *Trends Plant Sci.* 3: 432–438.

CONSTANTINO, L.M. 1995. Revisión de la tribu Haeterini Herrich-Schaffer, 1864 en Colombia (Lepidoptera, Nymphalidae:Satyrinae) Revista de la Sociedad Hispano Luso Americana de Lepidopterología SHILAP (Madrid, España) 23 (89):49-76.

CONSTANTINO, L. M. & J.A. SALAZAR. 1998. Natural hybridisation of *Heliconius cydno* Doubleday (Lepidoptera:Heliconiinae) in Western Colombia. Boletín Científico. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas (Manizales, Colombia) 2:41- 45

CONSTANTINO, L.M. 1999. Nuevas especies, subespecies y un nuevo género de Ropalóceros del occidente de Colombia. Boletín Científico. Mus. Hist. Nat. Universidad de Caldas (Manizales, Colombia) 3: 57-68.

CONSTANTINO, L.M., SALAZAR, J.A. 2010. A review of the *Philaethria dido* species complex (Lepidoptera. Nymphalidae: Heliconiinae) and description of three new sibling species from Colombia and Venezuela.. Zootaxa (Auckland, New Zealand) 2720: 1- 27.

CONSTANTINO, L.M., SALAZAR, J.A., RODRIGUEZ, G. 2012. Contribución al conocimiento de las especies de *Argyrogrammana* Strand, 1932 de Colombia (Lepidoptera: Riodinidae). Boletín Científico Museo de Hist. Nat. Universidad de Caldas (Manizales, Colombia). 16 (1): 273-288.

CONSTANTINO, L.M., SALAZAR, J.A., RODRIGUEZ, G. 2012. Estudio sobre el género *Ancyluris* Hubner, 1819 en Colombia y descripción de nuevos taxa (Lepidoptera: Riodinidae). Boletín Científico Mus. Hist. Natural, Universidad de Caldas (Manizales, Colombia). 16(2):209-235.

CONSTANTINO, L.M., VARGAS, J.I., SALAZAR, J.A. 2013. Descripción de nuevas especies y subespecies de Hesperiiidae (Lepidoptera). Boletín Científico. Museo de Hist. Natural. Universidad de Caldas (Manizales, Colombia) 17(1): 258-267.

CRONQUIST, A. 1978. Once again, what is a species? p. 3–20. In: J. A. Romberger (ed.), *Biosystematics in agriculture*, Allenheld, Osman and Company, Montclair, NJ.

CHAPMAN, A. 2009. Number of living species in Australia and the world. 2nd Edition. Report for the Australian Biological Resources Study. Canberra. 77 p.

DOBZHANSKY T. 1937. *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press, New York .

DOBZHANSKY , T. 1946. Complete reproductive isolation between two morphologically similar species of *Drosophila*. *Ecology*, 27, 205 – 211.

DYNESIUS, M. & JANSSON, R. 2000. Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97: 9115–9120.

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.

GIRALDO, C.E. 2015. La taxonomía integrativa en la resolución de problemas taxonómicos complejos en insectos: un caso de estudio en mariposas diurnas neotropicales. Libro de Memorias, 42 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín. 42: 142-162.

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 *Astrartes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(41): 14812-14817.

HEWITT, G. M. 1996. Some genetic consequences of ice ages and their role in divergence and speciation. *Biol. J. Linn. Soc.* 58: 247–276

HOLYNSKI, B.R. 2005. Philosophy of science from a taxonomist's perspective. *Genus* 16(4): 469-502.

HOLYNSKI, B. R. 2010. Taxonomy and the Mediocrity of DNA Barcoding – Some Remarks on PACKER et al. 2009: DNA Barcoding and the Mediocrity of Morphology. *Arthropods systematic and Phylogeny* 68(1): 143-150.

JANZEN, D., & HALLWACH, W. 2009. Integration of DNA barcoding into an ongoing inventory of complex tropical biodiversity. *Molecular Ecology Resources* 9(s1): 1-26.

JENNER, R. A. 2004 Accepting partnership by submission? Morphological phylogenetics in a molecular millennium. *Systematic Biology*. 53, 333–342.

KOZAK, K.M., WAHLBERG, N., NEILD, A., DASMAHAPATRA, K.K., MALLETT, J. & JIGGINS, C.D. 2015. Multilocus species trees show the recent adaptive radiation of the mimetic *Heliconius* butterflies. *Systematic Biology*. 64: 505–524.

LECROM, J.F., CONSTANTINO, L.M. & J.A. SALAZAR. 2002. *Mariposas de Colombia*. Tomo 1: Familia Papilionidae. Carlec, Ltda, Bogotá. 108 p, 89 pl. Edición española.

LECROM, J.F., LLORENTE, J., CONSTANTINO, L.M. & J.A. SALAZAR. 2004. *Mariposas de Colombia*. Tomo 2. Familia Pieridae. Carlec, Ltda, Bogotá. 180 p.

MAYR, E. 1942. *Systematics and the Origin of Species*. Columbia University Press, New York.

MALLETT, J. 2007. Species, concept of. *Encyclopedia of Biodiversity*. Elsevier Inc. P. 1–15.

MORRONE, J. J. 2014. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa* 3782(1): 1-110.

MULLER, F. 1879. *Ituna* and *Thyridia*; a remarkable case of mimicry in butterflies. *Transactions of the Entomological Society of London*. 1879: 232-240

NORIEGA, J.A., SANTOS, A., ARANDA, S., CALATAYUD, J., DE CASTRO, I., ESPINOZA, V., HÓRREO, J.L., MEDINA, N., 1,5, PELÁEZ, M., & HORTAL, J. 2015. ¿Cuál es el alcance de la crisis de la Taxonomía? Conflictos, retos y estrategias para la construcción de una Taxonomía renovada. *Revista Idea- Sea*. 9:1-16.

PACKER, L., GIBBS, J., SHEFFIELD, C., & HANNER, R. 2009. DNA barcoding and the mediocrity of morphology. *Molecular Ecology Resources* 9(1): 42-50.

PRANCE, G.T. 1973. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon basin, based on evidence of distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae and Lecythidaceae. *Acta Amazonica* 3(3): 5-28.

RODRIGUEZ, G., SALAZAR, J.A., CONSTANTINO, L.M. 2011. Description of new species and new records of Riodinids (Lepidoptera:Riodinidae) from Colombia. *Boletín Científico. Mus. Hist. Nat. (Universidad de Caldas, Manizales, Colombia)* 14(2): 215-237.



SALAZAR, J.A. & L. M. CONSTANTINO. 2001. Synthesis of the Colombian Charaxidae and description of new genera for South America: *Rydonia*, *Annagrapha*, *Pseudocharaxes*, *Muyshondtia*, *Zikania* (Lepidoptera, Nymphalidae) *Lambillionea*, *Revue Internationale D'Entomologie* (Bruselas, Bélgica) 101 (2) supplement 3: 344-369.

SALAZAR, J.A. & L.M. CONSTANTINO.1995. Descripción de un nuevo género y dos especies nuevas de Theclinae (Lepidoptera:Lycaenidae) de la Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Sociedad Hispano Luso Americana de Lepidopterología SHILAP* (Madrid, España) 23(92):457-464.

SHIRAIWA, K., CONG, Q., GRISHIN, N. 2014. A new *Heraclides* swallowtail (Lepidoptera: Papilionidae) from North America is recognized by the pattern on its neck. *ZooKeys* 468:85-135.

SHIRAIWA, K., CONG, Q., GRISHIN, N., CONSTANTINO, L.M. 2014. Morphological and molecular evidence supports recognition of *Heraclides anchicayaensis* Constantino, Le Crom & Salazar, 2002 (Lepidoptera: Papilionidae) as a species distinct from *H. astyalus* (Godart, 1819). Supplementary material. 1: 1-10. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_Constantino3/contributions](https://www.researchgate.net/profile/Luis_Constantino3/contributions).

SIDDALL, M.E, TRONTEL, J P, UTEVSKY, S.Y, NKAMANY, M, MCDONALD, KS. 2007. Diverse molecular data demonstrate that commercially available medicinal leeches are not *Hirudo medicinalis*. *Proc Roy Soc Lond*. 274:1481-1487.

SMITH, J.; KRONFORST, M. 2013. Do *Heliconius* butterflies species exchange mimicry alleles?" *Bio. Lett.* 2013 9, 20130503.

TRIBSCH, A.; SCHONSWETTER, P. 2003. Patterns of endemism and comparative phylogeography confirm palaeoenvironmental evidence for Pleistocene refugia in the Eastern Alps. *Taxon*: 477-497.

VITALE, F., CONSTANTINO, L. M. 2012. Taxonomic notes on *Napeogenes* Bates, 1862 from Colombia and Panama, with descriptions of four new subspecies (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiini) *Genus* (Wroclaw, Polonia) 23(3): 429-439.

WAHLBERG, N., BRABY, M., BROWER, A., LEE, R., NYLIN, S., PIERCE, N., SPERLING, F., VILA, R., WARREN, A., ZAKHAROV, E., 2005. Synergistic effects of combining morphological and molecular data in resolving the phylogeny of butterflies and skippers. *Proc Roy Soc Lond*. 272: 1577-1586.

VAN VALEN, L. 1976. Ecological species, multispecies, and oaks. *Taxon* (International Association for Plant Taxonomy) 25: 233-239.

WÄGELE, H, KLUSSMANN-KOLB, A., KUHLMANN, M., HASZPRUNAR, G.; LINDBERG, D.; KOCH, A & WÄGELE, W. 2011. The taxonomists - an endangered race. A practical proposal for its survival. *Frontiers in Zoology* 8 (25): 1-7.

WILLMOTT, K. R., CONSTANTINO, L. M., & J.P. W. HALL. 2001. A review of *Colobura* (Lepidoptera: Nymphalidae) with comments on larval and adult ecology and description of a sibling species. *Annals of the Entomological Society of America* (Lanham, Maryland) 94 (2):185-196.

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.

WILEY, E. O. 1978. The Evolutionary Species Concept Reconsidered. *Systematic Zoology* 27 (1): 17-26.

WILSON, E. O., & BROWN, W. L. 1953. The subspecies concept and its taxonomic application. *Systematic Zoology* 2(3): 97-111.

## Simposio 7. Nuevas tecnologías para el control de insectos

### Diseño de nuevas tecnologías útiles en el control de insectos de interés médico y urbano.

Andrés G. Rueda<sup>1,3,8</sup>, Aurora L. Carreño<sup>1,3,8</sup>, Debora A. Nabarlatz<sup>5</sup>, Elena Stashenko<sup>2,8</sup>, Hector J. Parra<sup>6,8</sup>, Jonny E. Duque<sup>1,8</sup>, José G López<sup>1,5,8</sup>, Juliana Cuadros<sup>1,8</sup>, María E. Salas<sup>5</sup>, Ruth M. Castillo<sup>1,8</sup>, Stelia C. Méndez<sup>4,8</sup>, Vladimir Kouznetsov<sup>3,8</sup>, Víctor M. Angulo<sup>1,8</sup>.

1 Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CINTROP), Facultad de Salud, Escuela de Medicina, Departamento de Ciencias Básicas. 2 Centro de Investigación en Biomoléculas (CIBIMOL) y Centro Nacional de Investigación para la Agroindustrialización de Plantas Aromáticas y Medicinales Tropicales (CENIVAM), Escuela de Química. 3 Laboratorio de Química Orgánica y Biomolecular (LQOBio), 4 Grupo de investigación en Bioquímica y Microbiología (GIBIM), Escuela de Química. 5 Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (CEIAM), Escuela de Ingeniería Química. 6 Grupo de Investigación Interfaz, Escuela de Diseño Industrial. 7 Zumotec Tecnología. 8 Universidad Industrial de Santander,. Bucaramanga, Colombia. email: [jonedulu@uis.edu.co](mailto:jonedulu@uis.edu.co)

El control de plagas que afectan al ser humano directa e indirectamente se realiza tradicionalmente con insecticidas comerciales que generan resistencia química, tienen efectos nocivos para el ambiente y afectan al hombre. Buscando reducir la adversidad de los productos sintéticos, se han propuesto tecnologías para el control de insectos por medio de la utilización de aceites esenciales (AE), síntesis de moléculas biocidas, repelentes de uso tópico y diseño de trampas de monitoreo y eliminación de vectores de enfermedades como Dengue, Chikungunya, Zika y Chagas. Por otro lado, se han estudiado los insectos que dañan granos almacenados como *Sitophilus orizae* (Coleoptera: Curculionidae) con el propósito de contribuir en su control con extractos vegetales (EV). Los resultados de este proceso de investigación han demostrado actividad insecticida (ovicida, larvicida, pupicida y adulticida), la acción repelente y la inducción reguladora de crecimiento de varios AE contra *A. aegypti* y EV contra *S. orizae*. También se han sintetizado moléculas con acción insecticida contra *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) y *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), según la estructura y mecanismo de acción de AE y extractos vegetales que actúan a nivel de la enzima AChE y proteínas mitocondriales. Como control integrado, se han propuesto trampas que pueden ayudar al monitoreo y eliminación de *A. aegypti*, *R. prolixus* y *R. pallens* sin la utilización de ningún tipo de insecticida.

## Nuevas Estrategias para el control de la broca del café.

Pablo Benavides Machado

*Ph.D. Investigador Científico III. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafe. Kilometro 4 vía Antigua Chinchiná - Manizales, Manizales-Caldas.  
pablo.benavides@cafedecolombia.com.co*

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, continua siendo la plaga más limitante de la caficultura. Su reproducción fraternal, su genética que le permite generar descendencia estrictamente maternal, la capacidad de haber obtenido genes bacteriales por transferencia horizontal para degradar compuestos del café, la manera como usa genes de bacterias endosimbiontes para metabolizar la cafeína, la biología que se relaciona estrechamente con la temperatura y le permite generar generaciones múltiples en cada ciclo productivo de café y sus hábitos crípticos, hacen de este curculiónido un modelo biológico único. El mayor reto ha sido mantener las poblaciones de este insecto en Colombia a niveles que no causen daños económicos. Sin embargo, frente a los extremos climáticos frecuentes, tales como El Niño, el cual impacta severamente la calidad del café, se hace necesario explorar todas las alternativas posibles de control. Una estrategia novedosa se refiere al reemplazo de poblaciones a través de un control genético autocida. Este tipo de control consiste en la liberación de poblaciones genéticas diferenciales de la misma especie en campo, con el fin de permitir el cruce y establecimiento de una línea menos dañina, con el fin de disminuir el impacto en la plantación. Para que este tipo de control sea eficaz, se deben cumplir con las siguientes condiciones: (1) que existan poblaciones genéticas diferenciales, (2) que dos poblaciones genéticas se crucen en condiciones naturales de campo, (3) que exista una población en campo con ventajas biológicas que puedan ser reemplazadas y (4) una estrategia de reemplazo. Este esquema de reemplazo de poblaciones puede incluir la liberación de poblaciones transformadas conteniendo genes letales condicionantes, para lo cual se hace indispensable (1) una metodología de transgénesis del insecto y (2) genes letales condicionantes a variables exógenas específicas. A la fecha se tienen: (1) poblaciones genéticas de broca conteniendo los diferenciales alélicos del gen *Rdl*, el cual confiere diferencias en sobrevivencia y fecundidad, (2) evidencias moleculares en condiciones de laboratorio y campo sobre la capacidad de la especie para cruzarse en condiciones naturales bajo ambientes específicos en el área cafetera central de Colombia, (3) evidencias de campo de brocas con mayor capacidad de reproducción y menor tiempo de sobrevivencia y (4) una estrategia de liberación de hembras genéticas diferenciales en condiciones de campo que permita el cruce de al menos la mitad de la población natural. Adicionalmente, se establecieron los movimientos morfogenéticos de los huevos de la broca en condiciones de laboratorio, con el fin de conocer el momento para la microinyección de constructos en la broca del café, con fines de transformación genética. Se logró con éxito la transformación genética de la broca del café en condiciones de laboratorio, usando marcadores moleculares fluorescentes rojo y cian. Se espera identificar genes letales condicionantes a temperatura, con el fin de establecer una

estrategia de control autocida en las condiciones de campo de la caficultura central colombiana.

## **Innovación en extractos vegetales como una tecnología sostenible para el manejo de insectos**

James Alberto Jiménez

*I.A. M.Sc.*

### **Resumen**

Al pasar de una economía de recolección a una economía de producción, la humanidad se vio avocada a modificar su ambiente de tal forma que logrará la obtención de los recursos necesarios para la subsistencia. Estos cambios hicieron que desde ese mismo instante nuestros antepasados afrontarán la presencia de herbívoros y microorganismos con niveles de poblaciones dañinos para los intereses de los cultivadores de la época.

Por milenios los productores agropecuarios se enfrentaron a los problemas fitosanitarios usando herramientas naturales como orina de animales, policultivos, extractos de plantas, entre otras herramientas. La denominada revolución verde utilizó los conceptos de una industria química en perfeccionamiento y parcialmente vacante después de la segunda guerra mundial, para el desarrollo de productos que ayudaran a controlar plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas y de esta manera ayudar a mejorar la productividad del sector agropecuario mundial.

Los bien conocidos efectos nocivos del mal uso de los productos de síntesis química sobre la salud humana, los desórdenes medioambientales, la pérdida de biodiversidad, entre muchos otros, empujaron nuevamente a la humanidad a cambiar sus métodos de producción, de manera tal que se dio inicio a la era de los bioinsumos.

Desafortunadamente este cambio ha tardado en generar el impacto esperado, entre otras causas porque no se había desarrollado el conocimiento suficiente para introducir con éxito nuevas alternativas de manejo de plagas y enfermedades en sistemas altamente productivos.

En la actualidad se genera anualmente una abrumadora cantidad de información científica a cerca de plantas, extractos de plantas, macroorganismos, microorganismos y extractos de microorganismos útiles para el control de una plaga o enfermedad de un cultivo. Sin embargo, existen pocos productos de origen natural en el mercado del control

fitosanitario, más preocupante aún es que muchos de estos productos tienen los mismos ingredientes activos. ¿Qué está pasando entonces?

Ciertamente existen retos grandes para pasar de una experimentación en laboratorio a una demostración de eficacia a una escala real. El desarrollo de formulaciones de productos naturales es un campo aún incipiente. El escalado de la producción se convierte en una segunda barrera. Obtener el registro de venta de un producto es un camino largo y costoso. La comercialización de nuevos mecanismos de acción requiere una transferencia de conocimiento detallada. Por último la conciencia de los productores agropecuarios para el uso de estas herramientas aún no es lo suficientemente fuerte.

Para el caso específico de los extractos vegetales, la innovación busca brindar condiciones adecuadas a los ingredientes activos para que ejerzan su acción efectivamente bajo condiciones de campo. Los principales retos a considerar son: Seleccionar los ingredientes activos apropiados y Desarrollar unas formulaciones adecuada que permitan un eficaz desempeño bajo condiciones de campo

Existen en la industria ejemplos de innovaciones en la elaboración de bioinsumos exitosos como es el caso de Marrone Bio Innovations (USA), Koppert Biological Systems (Holanda), Biosafe systems (USA), Bioworks inc. (USA), Certis (España), Valent BioSciences Corporation (USA), Ecoflora Agro SAS (Colombia). Sus bioinsumos están siendo usados para el control de una variada gama de plagas y enfermedades, entre ellas algunas tan limitantes como ácaros (principalmente *Tetranychidos*), trips, coleópteros y lepidópteros. La clave del éxito ha sido una aproximación diferente al control de los problemas fitosanitarios en la agricultura, a través de la demostración no sólo de efectos biocidas, sino también de efectos subletales que afectan el establecimiento de poblaciones en el tiempo.

## **Simposio 8. INSECTOS URBANOS: EXPLORANDO SU DIVERSIDAD Y FUNCIÓN ECOLÓGICA EN LAS CIUDADES**

### **Importancia y retos en la investigación de los insectos urbanos asociados a especies vegetales presentes en el jardín botánico, el distrito capital y sus alrededores**

Nathalia Chavarro-rodríguez:

*Doctora en Ciencias. Subdirectora Científica Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá  
nchavarro@jbb.gov.co*

#### **Resumen**

El Jardín Botánico de Bogotá como Centro de Investigación y Desarrollo Científico, contribuye a la conservación de la flora del Distrito Capital, la sostenibilidad ambiental de su territorio y al aprovechamiento de su patrimonio genético mediante la investigación científica, la transferencia tecnológica y la educación ambiental. En su papel como ente investigador y reconociendo la importancia que la entomofauna tiene en la reproducción, crecimiento y desarrollo de las especies vegetales del Jardín Botánico, el Distrito Capital y sus alrededores, ha desarrollado investigaciones que incluyen el registro y la descripción de algunas especies de insectos asociadas al caucho sabanero (*Ficus americana* sub. *andicola*), al roble colombiano (*Quercus humboldtii*) y al té de Bogotá (*Ilex kunthiana*); estos insectos tienen representantes de las órdenes coleóptera, díptera, himenóptera y odonata, y constituyen la razón principal, por la que el Jardín Botánico de Bogotá decide hacer por primera vez un Simposio sobre insectos urbanos dentro del 43° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Mediante su participación, busca explorar la diversidad y las funciones que los insectos urbanos tienen como soporte para la vida y el diseño de las ciudades del futuro. Las relaciones con la entomofauna generan múltiples beneficios en las áreas naturales y urbanas que habitan, entre los que se incluyen la polinización, la dispersión de semillas, su aprovechamiento como bioindicadores y controladores biológicos, la degradación de los desechos urbanos, que entre otros servicios ambientales, contribuyen al equilibrio de las áreas que habitan.

**Palabras clave:** Insectos urbanos. Jardín Botánico de Bogotá.



## **Rompiendo paradigmas: ciudades verdes e insectos anhelados**

JULIANA DURÁN<sup>1</sup> y CAROLINA USECHE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, Subdirección Científica, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. [jduran@jbb.gov.co](mailto:jduran@jbb.gov.co). <sup>2</sup>MSc. Subdirección Científica, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. [duseche@jbb.gov.co](mailto:duseche@jbb.gov.co)

Las áreas urbanizadas en el mundo son cada vez más frecuentes y son el hábitat de mayor expansión global (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012; United Nations 2014). Cifras del 2014 señalan que más de la mitad de la población mundial (54%) habita actualmente en las ciudades y se estima que para el 2050 esta crecerá a un 66% como resultado del crecimiento demográfico y de procesos sociales, económicos y geopolíticos que han contribuido y contribuirán con la migración de la población humana desde las zonas rurales (United Nations 2014, 2015). Las ciudades hoy enfrentan enormes desafíos económicos, sociales y políticos (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012; United Nations 2014), pero también retos ambientales que exigen repensar el concepto de ciudad. La ciudad lejos de ser un hábitat exclusivamente humano, artificial, estático y homogéneo, es reconocida actualmente como un sistema socioecológico heterogéneo y dinámico que alberga diferentes dimensiones de la biodiversidad y cuyo territorio es realmente un mosaico de hábitats o usos del suelo que no solo estructuran el tipo de comunidades bióticas que integran su biodiversidad, sino también las nuevas interacciones que surgen entre ellos (McIntyre et al. 2001; Shocat et al. 2006; Sattler et al. 2010, 2011; Jones y Leather 2012; Savage et al. 2015). Los insectos y otros artrópodos hacen parte de la biodiversidad presente en las ciudades, pero su conocimiento sigue siendo precario. Las investigaciones en relación a la diversidad y funciones ecológicas de los insectos en estos ambientes son relativamente pocas (McIntyre 2000; Jones y Leather 2012) y aunque se reconoce que en las ciudades respecto a sus hábitats naturales las comunidades biológicas como las de Insecta están radicalmente alteradas en términos de la composición de especies, abundancia, riqueza y equitatividad (Bang y Faeth 2011; Sattler et al. 2011; McKinney 2008; Christie y Hochuli 2009), el conocimiento actual sobre los procesos, mecanismos evolutivos y ecológicos que conducen a estos cambios son escasos (Shocat et al. 2006; Faeth et al. 2011).

Los vacíos en el conocimiento de la entomofauna urbana en el mundo son especialmente preocupantes para América del Sur, África y Asia, debido a que precisamente en estas regiones es donde se concentra la mayor parte de la biodiversidad mundial de Insecta y donde además se presenta el mayor y más acelerado crecimiento demográfico y urbano (Chacón de Ulloa et al. 2013; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012; United Nations 2014, 2015). Aquí es donde se visualiza el gran reto que enfrentan países como Colombia que deberán preguntarse sobre cómo gestionar su biodiversidad, en especial por la emergencia de grandes regiones urbanas en la Sabana de Bogotá, el Eje Cafetero, el Valle de Aburrá, el eje Cartagena-Santa Marta y el triángulo Tunja-Duitama-Sogamoso, entre otros (Andrade et al. 2011).

De manera general el crecimiento urbano y la urbanización como una fuente generadora de diferentes tipos de estrés como lo son la fragmentación de hábitats, alteraciones en el clima urbano (por ejemplo, a través de los efectos de las “islas de calor” ), la contaminación ambiental y la introducción de especies exóticas (principalmente plantas) (Shocat et al. 2006; McCarthy et al. 2010), es considerado uno de los mayores tensionantes de la pérdida de biodiversidad a escala global y local (Fattorini 2011; Faeth et al. 2011). No obstante, los impactos específicos de estos factores de disturbio para la biodiversidad pueden variar dependiendo del grupo taxonómico, de la localización geográfica de la ciudad, de la escala espacial y temporal y de otros factores (McIntyre et al. 2001; Raupp et al. 2010; Faeth et al. 2011; Savage et al. 2015). Por consiguiente, dado que cada ciudad es en sí misma un ecosistema con su propio dinamismo y características, será relevante no solo entender *per se* el impacto de la urbanización sobre la entomofauna urbana y otros grupos animales, sino también y de manera fundamental será necesario comprender cómo ese mosaico de hábitats urbanos son usados por los insectos y específicamente cómo los espacios verdes urbanos (jardines, techos y muros verdes, parques, árboles en vías, cementerios públicos, huertas urbanas, entre otros) son una oportunidad para conservar su diversidad en estos ambientes. Conocer y conservar la biodiversidad urbana significa contribuir con el mantenimiento de las funciones de las ciudades, lo cual incidirá directa e indirectamente en la salud y bienestar del ciudadano que cada día reconoce más los beneficios de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta provee (Fuller et al. 2007; Dearborn y Kark 2010; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012). Esta meta parece ser uno de los puntos claves en las agendas y políticas actuales de gestión de la biodiversidad para el país (Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos-PNGIBSE) y para ciudades como Medellín (Propuesta para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos en Medellín) y el Distrito Capital (Política Distrital para la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital), que han reconocido que la biodiversidad urbana es generadora de servicios ecosistémicos, por ejemplo de regulación (climática e hídrica) y de soporte (control biológico y polinización por insectos, entre otros), los cuales proveen beneficios a los ciudadanos en relación a la salud pública, seguridad alimentaria y bienestar humano. Un mejor entendimiento de cómo los servicios ecosistémicos son modelados por la biodiversidad en las ciudades es paso fundamental para el diseño, desarrollo y gestión de ciudades ecológicamente más sostenibles y resilientes, es decir ciudades con la capacidad de absorber perturbaciones y reorganizarse tras experimentar o mientras estén experimentando algún tipo de cambio, de forma tal que puedan mantener básicamente la misma estructura, funcionamiento y mecanismos de auto-regulación (Martin-López et al. 2012; Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012). Bajo este contexto, las áreas verdes urbanas inmersas en esa matriz de diversos parches o hábitats (residenciales, industriales, infraestructurales, otros) que dan forma al ecosistema urbano están cobrando creciente importancia (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2012; Rupprecht et al. 2015). Esto debido a que las áreas o coberturas verdes urbanas son refugio de la biodiversidad y son reservorios genéticos para la conservación de la misma (Pacheco y Vasconcelos 2007; Faeth et al. 2011; Sattler et al. 2011; Tam y Bonebrake 2015; Rupprecht et al. 2015; Savage et al. 2015). Además éstas áreas pueden funcionar como corredores para la

movilidad de fauna con sus zonas naturales aledañas (Pacheco y Vasconcelos 2007; Faeth et al. 2011; Sattler et al. 2011; Rupprecht et al. 2015).

### **Biodiversidad urbana: más allá de los insectos indeseables**

Aunque la biodiversidad urbana no ha recibido la misma atención por parte de la comunidad científica como si lo ha tenido la misma en los ambientes naturales, para el caso específico de los insectos, diversas investigaciones se han generado enfocadas casi exclusivamente al estudio de aquellas especies sinantrópicas consideradas plagas por su importancia médica y/o económica (ejemplo, cucarachas, pulgas, sancudos y moscas, entre otros) (Crissman et al. 2010; Cranshaw 2011). No obstante, en las ciudades existen una gran diversidad, riqueza y abundancia de otros insectos como mariposas, escarabajos y abejas (Nates-Parra et al. 2006; Sattler et al. 2011; Bertone et al. 2015; Restrepo et al. 2015) cuyas poblaciones y/o comunidades merecen también ser objeto de estudio científico. Esto teniendo presente que los insectos y en general la biodiversidad urbana es generadora de servicios ecosistémicos (Dearborn y Kark 2010) y que en los próximos años se estima un mayor y acelerado desarrollo urbano en el todo el mundo (United Nations 2014, 2015), el cual podría afectar entre otras cosas su estado de conservación. McIntyre (2000) así como Dearborn y Kark (2009) señalan que una oportunidad valiosa para la conservación de la biodiversidad global es la de generar conocimiento entorno a la biodiversidad urbana, dado que este permitirá entender y facilitar las respuestas sobre cómo los insectos y otros grupos biológicos se verán influenciados ante los cambios ambientales globales que se reflejan en las ciudades. De manera adicional McIntyre (2000) sintetiza varias razones por las cuales los insectos merecen ser estudiados en ambientes urbanos: 1. Son diversos y por consiguiente pueden brindar información de la diversidad biológica en el área; 2. Presentan tiempos generacionales relativamente cortos respecto a otros animales, lo cual les permite responder de manera rápida a perturbaciones antrópicas relacionadas con la vegetación y el uso del suelo; 3. Son de fácil captura y normalmente los ciudadanos no objetan realizar su colecta, a diferencia de lo que sucede con otros grupos de animales como los vertebrados; 4. Representan todo el espectro de niveles tróficos dentro de la comunidad y 5. Pueden ser importantes componentes de la esfera sociológica, económica y agronómica en las ciudades.

### **Insectos Urbanos de Bogotá: una breve mirada al estado del arte actual sobre su estudio**

Bogotá, ciudad capital de Colombia, es el primer centro urbano del país en número de habitantes asentados en un territorio que regionalmente se encuentra enmarcado en una zona de Sabana sobre la cordillera central de Colombia (Secretaría Distrital de Ambiente y Conservación Internacional, 2010). Bogotá presenta una extensión de 163.660, 94 hectáreas de las cuales el 23.41% comprende el área urbana y el 76.59 % el área rural (Secretaría Distrital de Ambiente y Conservación Internacional, 2010). A pesar de ser el

centro político, económico y cultural de Colombia, pocos han sido los estudios que se han documentado sobre su entomofauna. Entre ellos sobresale la publicación del libro Guía preliminar de insectos de Santafé de Bogotá y sus alrededores (Andrade et al. 2000), los trabajos de Pinzón y colaboradores (1996,1999, 2001) dedicados al estudio de los insectos del arbolado de la capital y el de Guiomar Nates y colaboradores (2006) que registran un total de 40 especies de abejas en el área urbana de Bogotá.

A partir de la revisión de los principales catálogos en línea a nivel distrital pertenecientes a las Universidades de Bogotá que cuentan con carreras en áreas como biología, ecología, ingeniería ambiental, agronomía y afines (Universidad Nacional-Sistema Nacional de Bibliotecas SINAB, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad de los Andes, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad Pedagógica de Colombia y Universidad Militar Nueva Granada) y empleando como motores de búsqueda las palabras “Entomología”, “Insecto”, “Lepidoptera”, “Coleoptera”, “Hymenoptera” y “Diptera” (estás últimas 4 palabras referidas a los 4 grupos megabiodiversos de Insecta y empleadas por esta razón para ampliar el rango de búsqueda), se encontró que menos del 1% de los documentos que pueden ser consultados en línea (artículos, libros, tesis de pregrado y maestría y/o monografías) corresponden a estudios sobre los insectos de Bogotá. Es insuficiente la información con la que se cuenta en esta materia, lo que demuestra en parte la errónea idea de ver la ciudad como un ambiente carente de biodiversidad y por consiguiente de poco interés científico. No obstante, debe tenerse en cuenta que existe otro cuerpo de información disponible, aunque también escasa, sobre la entomofauna de la capital y que corresponde a informes técnicos y otro tipo de documentos presentes en los archivos de diferentes organizaciones y entes territoriales distritales y nacionales, los cuales no fueron incluidos en la estadística pues no se encuentran presentes en las bases de datos consultadas y en algunos casos son de difícil acceso. Por otra parte cabe resaltar que existen dificultades en acceder a la información sobre los estudios de entomología urbana en la capital, porque parte de la información disponible corresponde a tesis de pregrado y/o posgrado que no se encuentran aún disponibles en la red.

De los documentos consultados en los catálogos referidos anteriormente, se encontró que la mayoría de estudios (75 % del total para Bogotá y la Sabana) se han realizado en la Sabana de Bogotá y en otras áreas aledañas a la capital, principalmente en los sistemas de páramos, algunos de los cuales se encuentran circunscritos en el área rural (por ejemplo el páramo de Sumapáz). El porcentaje de estudios exclusivamente presentes en el área urbana es mucho menor (25% del total consultado para Bogotá y la Sabana). Adicionalmente se encontró que la mayoría de investigaciones realizadas en Bogotá y la Sabana de Bogotá se presentan en las áreas de sistemática y taxonomía (28.8%), ecología (con un 24.2% exclusivamente destinado a caracterizaciones biológicas y un 12.2% a estudios en interacción insecto-planta), entomología aplicada (13.7%) y entomología forense (12.1%), con pocos estudios en biología básica (4.5%), entomología médica (salud pública) (1.5%) y educación ambiental (3%).

Finalmente es importante mencionar que el estudio de los insectos del área urbana de Bogotá está siendo recientemente enriquecido por organizaciones y/o grupos que han surgido de iniciativas de participación ciudadana, que realizando ejercicios de ciencia ciudadana están contribuyendo con el monitoreo de la entomofauna de Bogotá (Montoya et al. 2015; Caicedo et al. 2016).

### **Experiencia del JBB: caso de estudio de los insectos en un árbol insignia de Bogotá**

En el 2015, el Jardín Botánico José Celestino Mutis interesado en el estudio de los insectos asociados al arbolado urbano de Bogotá, emprendió el desafío de identificar los insectos benéficos de la especie *Ficus americana* subsp. *andicola* (Standl.) C.C.Berg (Moraceae), comúnmente conocida como caucho sabanero. Esta especie arbórea nativa y considerada insignia del distrito capital está siendo gravemente afectada en la ciudad por un complejo de insectos del orden hemiptera, entre los cuales se encuentran los cóccidos *Ceroplastes cundinamarcensis*, *Pulvinaria psidii*, *Pseudococcus calceolariae*, *Icerya monserratensis* y *Pulvinaria caballeroramosae*, psílidos y aleuródidos (Mahecha et al. 2010; Tanaka y Kondo 2015). Incrementos poblacionales de la escama blanda algodonosa del caucho sabanero *P. caballeroramosae*, una especie nativa y al parecer monófaga (Tanaka y Kondo 2015), han sido muy preocupantes en los últimos años debido al incremento de árboles defoliados y secos en Bogotá como consecuencia de la infestación de los cauchos plantados en la ciudad por este insecto fitófago (com. pers. Subdirección Técnica-Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2015). Enemigos naturales (parasitoides y depredadores) de este y otros de los insectos considerados plaga del caucho sabanero han sido poco documentados (Tanaka y Kondo 2015). El único registro que se conoce es el de Quintero et al. (2007) quienes en el 2007 reportan la presencia del coccinélido *Mulsantina mexicana* en árboles de caucho sabanero afectados por *P. calceolariae* (Hemiptera: Coccidae) en Bogotá. Ante este escenario, el grupo de Entomología de la Subdirección Científica del Jardín Botánico José Celestino Mutis realizó una investigación con el objetivo de identificar la entomofauna benéfica asociada al caucho sabanero tanto en el área urbana (Kennedy, San Cristobal Sur y Suba) como en 2 áreas peri-urbanas (Cota y Tenjo) y un área natural (Parque Natural Chicaque) en la Sabana de Bogotá. A partir de este trabajo se logró identificar que solo en el área urbana esta especie vegetal alberga más de 4 especies de insectos con roles ecológicos diversos como sírfidos y coccinélidos depredadores tales como *Mimocalla gigantea* Schiner, 1868, *Allograpta exotica*, Weidemman, 1830 (Diptera; Syrphidae), *Harmonia axyridis* Pallas y *Mulsantina mexicana* Chapin 1985, además de avispas parasitoides de las familias Diapriidae y Pteromalidae (Hymenoptera), esta última observada parasitando larvas del sírfido *M. gigantea* y hormigas de los géneros *Pheidole* Westwood., 1839 (Hymenoptera: Myrmicinae) y *Linepithema* Mayr, 1866 (Hymenoptera: Dolichoderinae), para los cuales se registran especies que establecen relaciones simbióticas con cóccidos y áfidos en diversos hospederos vegetales.

Este interesante resultado evidencia que Bogotá es una ciudad diversa biológicamente y que en sus coberturas vegetales urbanas, tales como el arbolado urbano, puede encontrarse una variedad de especies interesantes para su conservación y para la provisión de servicios ecosistémicos. Esta investigación también señaló los vacíos de conocimiento sobre la entomofauna del caucho sabanero así como de otras especies vegetales de la ciudad y la urgente necesidad de generación de conocimiento para la toma de decisiones de manejo, conservación y preservación de la diversidad biológica local, nativa e inclusive, endémica.

### **Algunas conclusiones sobre las necesidades de conocimiento de los insectos en las ciudades: caso de estudio Bogotá**

¿Cuáles insectos existen en Bogotá asociados a sus coberturas vegetales urbanas?, ¿Qué roles ecológicos desempeñan estos insectos dentro del mosaico de hábitats al interior de la matriz urbana?, ¿Cómo se estructuran sus poblaciones y comunidades en los espacios verdes urbanos?, ¿Cuál es su vulnerabilidad frente a factores de estrés asociados a procesos de urbanización y de cambio global? y ¿De qué manera la pérdida de diversidad de especies de insectos en el área urbana y su concentración en espacios verdes remanentes alteran los procesos del ecosistema y su estabilidad?, son solo algunas de las preguntas que Bogotá debe responder. Las necesidades de conocimiento sobre los insectos en la capital son numerosas y diversas y estas deberán ser abordadas desde enfoques integrales (biológico, ecológico, económico, cultural, entre otros) tal como lo sugiere las políticas de gestión de la biodiversidad distrital y nacional y las necesidades de ordenamiento ambiental del territorio (conectividad ecológica entre las áreas verdes urbanas, diseño de espacios para conservación de la biodiversidad urbana), entre otros.

Para lograr “Ciudades Verdes e Insectos Anhelados”, se han identificado las siguientes necesidades de investigación que de manera general pueden sintetizarse en:

Taxonomía y biología de los insectos urbanos: identificación taxonómica clásica y molecular de los insectos urbanos, así como la descripción de los ciclos de vida en ambientes urbanos.

Ecología de los insectos urbanos: diversidad biológica (en términos de riqueza, abundancia y equitatividad), interacciones insecto-planta, estudios multitróficos y de redes tróficas en los espacios verdes urbanos.

Efecto de la urbanización (estructura de la matriz urbana, cambios climáticos locales (islas de calor), gradientes de contaminación, otros) sobre la estructura y composición de las comunidades de insectos urbanos (exóticos y nativos).

Fitosanidad de las coberturas vegetales urbanas: búsqueda de estrategias de control biológico y manejo integral del arbolado urbano y jardines urbanos afectados por insectos plaga.

Influencia de diferentes tipos de estrés urbanos (contaminación, estrés hídrico y nutricional) sobre las plantas en estos ambientes y su relación con la incidencia de insectos plaga.

Papel de los insectos como prestadores de servicios ecosistémicos (control biológico, polinización, dispersión de germoplasma, ciclaje de nutrientes en suelo, otros).

Uso de los insectos para el diseño de espacios verdes urbanos que brinden las condiciones idóneas (sitios de refugio, recursos alimenticios, otros) para su mantenimiento y conservación en las ciudades.

Generación de procesos de participación ciudadana que busquen visibilizar y generar apropiación social sobre los insectos urbanos a través de programas de ciencia ciudadana. Este proceso, no obstante, requiere del apoyo de la academia y de los centros de investigación nacional y distrital como generadores del conocimiento científico de base, para que el rol biológico y ecológico de los insectos dentro de la ciudad sea valorado y reconocido.

### **Literatura citada**

ALCALDÍA DE MEDELLÍN; PARQUE EXPLORA; JARDÍN BOTÁNICO DE MEDELLÍN; INSITUTO HUMBOLT. 2013. Propuesta para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Medellín. 240 p.

AMAT-GARCÍA, G.; AMAT-GARCÍA, E.; ARIZA-MARÍN, E. 2011. Insectos invasores en los tiempos del cambio climático. Investigación y Ciencia XVIII: 44-53.

ANDRADE, M.G.; AMAT, J.; RENJIFO, J.M. 2000. Guía preliminar de insectos de Santafé de Bogotá y sus alrededores. Santafé de Bogotá, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente; Alcaldía Mayor; DAMA.

ANDRADE, G.I.; SANDINO, J.C.; ALDANA, J. 2011. Biodiversidad y territorio: innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global, insumos técnicos para el Plan Nacional

para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. Bogotá: MAVDT; IAVH, 2011. 64 p.

BANG, C.; FAETH, S.H. 2011. Variation in arthropod communities in response to urbanization: Seven years of arthropod monitoring in a desert city. *Landscape and Urban Planning* 103:383– 399.

BERTONE, M.A.; LEONG, M.; BAYLESS, K.M.; MALLOW, T.L.F.; DUNN, R.R.; TRAUTWEIN, M.D. 2015. Arthropods of the great indoors: characterizing diversity inside urban and suburban homes. *PeerJ* 4:e1582; DOI 10.7717/peerj.1582.

CAICEDO, J.; SACHICA, M.S.; RODRÍQUEZ-CALDERÓN, A.; PARRA-HINOJSA, A. 2016. Polinizadores y Planeación. pp.98-103. En: Mejía, M.A. (Ed.). *Naturaleza Urbana: Plataforma de Experiencias*. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. 208 p.

CHACÓN DE ULLOA, P.; RAMÍREZ-RESTREPO, L.; RODRÍGUEZ-MONTOYA, M. 2013. Colombia. pp. En: MacGregors-Fors, I.; Ortega-Álvarez, R (Eds.). *Ecología Urbana, Experiencias en América Latina*. México. 130 p.

CHRISTIE, F.J; CASSIS, G; HOCHULI, D.F. 2010. Urbanization affects the trophic structure of arboreal arthropod communities. *Urban Ecosystem* 13:169–180.

CRANSHAW, W. 2011. A review of nuisance invader household pests of the United States. *American Entomologist* 57:165–169.

CRISMAN, J.R.; BOOTH, W.; SANTANGELO, R.G.; MUKHA, D.V.; VARGO, E.L.; SCHAL, C. 2010. Population genetic structure of the German cockroach (Blattodea: Blattellidae) in apartment buildings. *Journal of Medical Entomology* 47(4):553–564.

DEARBORN, D.C.; KARK, S. 2010. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology* 24(2):432-40.

FAETH, S.H.; BANG, C.; SAARI, S. 2011. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 69–81.



FATTORINI, S. 2011. Insect extinction by urbanization: a long term study in Rome. *Biological Conservation* 144:370–375.

FULLER, R.A.; IRVINE, K.N.; DEVINE-WRIGHT, P.; WARREN, P.H.; GASTON, K.J. 2007. Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biological Letters* 3:390–394.

JONES, E.I.; LEATHER, S.R. 2012. Invertebrates in urban areas: A review. *European Journal of Entomology* 109: 463–478.

MAHECHA, G.E.; CARREÑO, H.G.; CHAPARRO, J.A.; CADENA, H.G.; TOVAR, G.; VILLOTA, L.A.; MORALES, G.; CASTRO, J.A.; BOCANEGRA, F.; QUINTERO, M. 2010. Arbolado Urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, SDA, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, D.C., Colombia.

MARTÍN-LÓPEZ, B.; GONZÁLEZ, J.A.; VILARDY, S. 2012. Guía docente ciencias de la sostenibilidad. Universidad del magdalena, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Autónoma de Madrid. Programa de Cooperación Interuniversitaria UAM-Grupo Santander con América Latina. 145 p.

McCARTHY, M.P.; BEST, M.J.; BETTS, R.A. 2010. Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical Research Letters* 37: 1-5.

McINTYRE, N.E. 2000. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America* 93:825–835.

McKINNEY, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11:161–176.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos de Colombia. República de Colombia. 128 p.

MONTOYA, A.M. 2015. [Diversidad de Libélulas en humedales urbanos](http://humedalesbogota.com/tag/insectos-de-los-humedales/). Disponible en: <http://humedalesbogota.com/tag/insectos-de-los-humedales/>. [Fecha de revisión: 08 Junio de 2016]

NATES-PARRA, G.; PARRA, A.; RODRÍGUEZ, A.; BAQUERO, P.; VÉLEZ, D. 2006. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. *Revista Colombiana de Entomología* 32: 77–84.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, H.L. 2007. Invertebrate conservation in urban areas: Ants in the Brazilian Cerrado. *Landscape and Urban Planning* 81: 193–199.

PINZÓN, O.; PEDREROS, F. 1996. Biología, hábitos y enemigos naturales de la chinche del Urapán (*Tropidosteptes chapingoensis*) en Santafé de Bogotá. Vol. 4 (9): 44-55.

PINZÓN, O. 1999. Problemas fitosanitarios en árboles ornamentales en Santafé de Bogotá. *Colombia Forestal* 6(12): 44-51.

PINZÓN, O.; OSORIO, Y 2001. Contribución al conocimiento de *Mastigimas* sp. plaga de *Cedrela* sp. en Bogotá. Resúmenes XXVIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología Sociedad Colombiana de Entomología Agosto-XXVIII. 22 p.

PINZÓN, O.; GONZÁLEZ, R. 2001. Caracterización biológica, hábitos, enemigos naturales y fluctuación poblacional de *Callophya schini* Tuthill en la especie forestal *Shinus molle* L. en Bogotá. *Revista Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá* 3: 149-164.

RAMÍREZ-RESTREPO, L.; CULTID-MEDINA, C.A.; MacGREGOR-FORS, I. 2015. How Many Butterflies Are There in a City of *Circa* Half a Million People?. *Sustainability* 7: 8587–8597.

RAUPP, M.J.; SHREWSBURY, P.M.; HERMS, D.A. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annual Review of Entomology*: 55:19–38.

RUPPECHT, C.D.D.; BYRNE, J.A.; GARDEN, J.G.; HERO, J-M. 2015. Informal urban green space – A trilingual systematic review of its role for biodiversity and trends in the literature. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(4): 883-908.

SATTLER, T.; DUELLI, P.; OBRIST, M.K.; ARLETTAZ, R.; MORETTI, M. 2010. Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management. *Landscape Ecology* 25:941–954.

SATTLER, T.; OBRIST, M.K.; DUELLI, P.; MORETTI, M Urban arthropod communities: Added value or just a blend of surrounding biodiversity?. Landscape and Urban Planning 103 (3-4):347–361.

SAVAGE, A.M.; HACKETT, B.E.; GUENARD, B.; YPOUNGSTEADT, E.K.; DUNN, R.R. 2015. Fine-scale heterogeneity across Manhattan's urban habitat mosaic is associated with variation in ant composition and richness. *Insect Conservation and Diversity* 8(3): 216–228.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE Y CONSERVACIÓN INTERNACIONAL. 2010. Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital. Editorial Panamericana, Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 116 p.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2012. Cities and biodiversity outlook. A global assessment of the links between action and policy: Urbanization, biodiversity, and ecosystem services. Montreal. 68 p.

SHOCHAT, E.; WARREN, P.S.; FAETH, S.H.; MCINTYRE, N.E.; HOPE, D. 2006. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *TRENDS in Ecology and Evolution* 21:186–191.

TAM, K.C.; BONEBRAKE, T.C. 2015. Butterfly diversity, habitat and vegetation usage in Hong Kong urban parks. *Urban Ecosystems*. DOI 10.1007/s11252-015-0484-2.

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.

QUINTERO, P.; GONZÁLEZ, R.; RUÍZ, J.; WANUMEN, A. 2007. *Mulsantina mexicana* Chapin (Coleóptera: Coccinellidae) depredador de chupadores de savia de árboles ornamentales de Bogotá. *Colombia Forestal* 10 (20): 148–160.

UNITED NATIONS. 2014. World urbanization prospects: the 2014 Revision. United Nations, New York.

UNITED NATIONS. 2015. World urbanization prospects: the 2014 Revision Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241. United Nations, New York.

## Hormigas urbanas: diversidad, especies invasoras e intradomiciliarias.

Patricia Chacón de Ulloa

Ph.D, profesora emérita, Universidad del Valle, Cali. [patricia.chacon@gmail.com](mailto:patricia.chacon@gmail.com)

### Resumen

Los estudios sobre hormigas urbanas en Colombia son aún muy precarios y se pueden enfocar en tres líneas principales: Diversidad de especies, plagas potenciales en zonas verdes y especies intradomiciliarias.

1. En cuanto a diversidad de especies, el escenario evaluado lo constituyen en su mayoría jardines botánicos, campus universitarios, ecoparques, zocriaderos y zonas verdes residenciales (Chacón de Ulloa *et al.* 2013). Se cuenta con listados parciales de especies, para algunas ciudades de los departamentos de Antioquia (Arango y Piedrahita 2004, Toro y Ortega 2006, Vergara-Navarro *et al.* 2007), Caldas (Arango *et al.* 2007), Chocó (Neita *et al.* 2004), Quindío (Sanabria-Blandón y Chacón de Ulloa 2009) y Valle del Cauca (Chacón de Ulloa *et al.* 1996, Cultid *et al.* 2007, Sanabria-Blandón y Chacón de Ulloa 2009, Gallego-Ropero y Salguero 2015). De las especies registradas se puede deducir que se asocian principalmente al suelo, donde anidan en la hojarasca y troncos en proceso de descomposición, y se asocian a la vegetación herbácea y arbustiva. Una de las interacciones más observada es la asociación indirecta hormigas-hemíptero-planta, con marcada presencia de especies dolícerinas (*Azteca*, *Linepithema*) que protegen hemípteros de las familias Coccidae y Pseudococcidae (Kondo *et al.* 2008, Kondo y Williams 2009, Kondo 2010, Kondo 2011), los cuales actúan como fitófagos sobre diversidad de especies arbóreas.

2. En los últimos 15 años, las zonas verdes de la ciudad de Cali mostraron alta incidencia de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*) (Montoya-Lerma *et al.* 2006), de tal forma que la especie ha alcanzado el estatus de plaga urbana (Montoya-Lerma *et al.* 2011) y se constituye en un problema a nivel de jardines, parques, vías vehiculares y obras civiles.

3. En relación con las hormigas domiciliarias, se conocen estudios realizados en el departamento del Valle donde dominan las especies vagabundas e introducidas, *Tapinoma melanocephalum*, *Paratrechina longicornis*, *Tetramorium bicarinatum*, *Monomorium pharaonis*, *M. floricola* (Chacón de Ulloa 2003, Chacón de Ulloa *et al.* 2006) y *Pheidole megacephala* (Chacón de Ulloa y Achury 2011), y se registran en menor abundancia algunas mirmicinas nativas como *Pheidole susannae* (Chacón de Ulloa *et al.*

2011) y tres especies que ocasionan picaduras y alergias a los humanos, como son las hormigas de fuego *Solenopsis geminata* y *Wasmannia auropunctata* y la hormiga negra cazadora *Odontomachus bauri* (Chacón de Ulloa *et al.* 2006). La frecuencia de algunas especies que actúan como vectores mecánicos de microorganismos en clínicas y hospitales fue evaluada en los municipios de Buenaventura, Cali, Cartago y Tuluá donde se hallaron asociaciones con bacterias de gran importancia en salud pública (Olaya *et al.* 2005), por lo cual se resalta que su estudio es primordial en otras regiones de Colombia (Chacón y Olaya 2015).

### Literatura citada

Arango G. P. y L. M. Piedrahita. 2004. Mesofauna de las hormigas en el compost de la Corporación Universitaria Lasallista. Revista Lasallista de Investigación 1(1):22-26.

Arango, L., J. M. Montes, D. A. López y J. O. López. 2007. Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas -Colombia). Boletín Científico del Centro de Museos 11:390-409.

Chacón de Ulloa. P. 2003. Hormigas Urbanas, pp. 339-347 *en* F. Fernández, ed. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Chacón de Ulloa, P. y R. A. Achury. 2011. The introduced big-headed ant *Pheidole megacephala* Forel in southern Colombia, p. 363 *en* H. W. Robinson y A. E. Carvalho-Campos, eds. Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Conference on Urban Pest, Ouro Preto, Brasil.

Chacón, P. y Olaya, L. A. 2015. Hormigas como vectores de microorganismos en centros hospitalarios. En Simposio: Importancia de los insectos vectores mecánicos de microorganismos patógenos en las infecciones intrahospitalarias. Memorias XVI Congreso Colombiano de Parasitología y Medicina Tropical. Biomédica 35(Supl.4):41-42.

Chacón de Ulloa, P., M. L. Baena, J. Bustos, R. C. Aldana, J. A. Aldana y M. A. Gamboa. 1996. Fauna de hormigas del Departamento del Valle del Cauca (Colombia), pp. 413-451 *en* G. M. Andrade, G. A. García y F. Fernández, eds. Insectos de Colombia: Estudios Escogidos, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Chacón de Ulloa, P., Jaramillo, G. I. y Lozano, M. M. (2006) Hormigas urbanas en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 30, 435–441.

Chacón de Ulloa, P., Ramírez, L. & Rodríguez, M. (2013) Capítulo Colombia. En: *Ecología Urbana: Experiencias en América Latina*. Ortega, R. & McGregor-Fors, I. (eds.). México. 130 p.

Chacón de Ulloa, P., R. A. Achury y A. M. Arcila. 2011. The Myrmicinae ant *Pheidole susanna* as potential urban pest in Colombia, p. 361 en H. W. Robinson y A. E. Carvalho-Campos, eds. *Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Conference on Urban Pest*, Ouro Preto, Brazil.

Chacón de Ulloa, P., L. Ramírez y M. Rodríguez. 2013. Capítulo Colombia, pp. 58-72 en R. Ortega y I. McGregor-Fors eds. *Ecología Urbana: Experiencias en América Latina*. México.

Cultid, C.A., J. Cabra, L. Rengifo y O. Ascuntar-Osnas. 2007. Artrópodos terrestres del campus Meléndez de la Universidad del Valle (Cali, Colombia): Eficiencia de captura de tres métodos de muestreo y variación temporal en la abundancia relativa. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 8(2):14-22.

Gallego-Ropero, M. C. y B. Salguero. 2015. Ensamblaje de hormigas del bosque seco tropical, Jardín Botánico de Cali. *Colombia Forestal* 18(1):139-150.

Kondo, T. 2010. Taxonomic revision of the myrmecophilous, meliponiphilous and rhizophilous soft scale genus *Cryptostigma* Ferris (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Zootaxa Monograph* 2709:1–72.

Kondo, T. 2011. Transfer of the myrmecophilous soft scale insect *Neolecanium amazonensis* Foldi to *Foldilecanium* gen. nov. (Hemiptera: Coccidae), with description of a new species from Colombia. *Insecta Mundi* 0167:1-10.

Kondo, T. y M. L. Williams. 2009. Redescriptions of *Neolecanium leucaenae* Ckll., *Toumeyella cerifera* Ferris and *T. sonorensis* Ckll. and Parrott and their transfer to *Neotoumeyella* gen. nov. (Hemiptera: coccidae), with descriptions of two new species from the southeastern U.S.A. and Colombia, South America. *International Journal of Insect Science* 1:11–27.

Kondo, T., A. A. Ramos Portilla y E. V. Vergara Navarro. 2008. Updated list of mealybug and putoids from Colombia (Hemiptera: Pseudococcidae and Putoidae). *Boletín del Museo de Montoya-Lerma*, J., P. Chacón de Ulloa y M. R. Manzano. 2006. Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 32(2):151-158.

Montoya-Lerma, J., C. Giraldo-Echeverry, J. Rodríguez, H. Miller, Z. Calle e I. Armbrrecht. 2011. Can the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae), be classified as an urban pest?, p. 358 en H. W. Robinson y A. E. Carvalho-Campos, eds. *Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Conference on Urban Pest*, Ouro Preto, Brazil.

Neita, J. C., H. Cortés y A. Madrigal. 2004. Los himenópteros asociados a una parcela agroforestal de *Borojoa patinoi*, *Cedrela odorata*, *Apeiba aspera* e *Inga spectabilis* en la granja de la Universidad del Chocó, municipio de Lloró, Chocó. *Revista Colombiana de Entomología* 30(2):233-239.

Olaya, L. A., P. Chacón de Ulloa y A. Payan. 2005. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en Centros Hospitales del Valle del Cauca como vectores de patógenos nosocomiales. *Revista Colombiana de Entomología* 31(2):183-187.

Sanabria-Blandón, M. C. y P. Chacón de Ulloa. 2009. Hormigas como plagas potenciales en tres criaderos de mariposas del suroccidente de Colombia. *Acta Agronómica* 58(1): 47-52. Vergara-Navarro, E. V., H. Echavarría-Sánchez y F. J. Serna-Cardona. 2007. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas al arboretum de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 40:497-505.

Toro, A. H. y O. E. Ortega. 2006. Composición y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en algunas áreas protegidas del valle de Aburra. *Revista Colombiana de Entomología* 32(2):214-220.

## Mariposas y escarabajos copro-necrófagos en áreas urbanas

Lorena Ramírez-Restrepo

*Grupo Foro – Reserva Archipiélago de Xalapa. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.  
bioramirez@gmail.com*

El mundo se ha convertido en un mundo urbano. Actualmente más de la mitad de la población humana reside en ciudades (United Nations 2014). La urbanización trae consigo modificaciones profundas en el paisaje, debido principalmente al desarrollo de estructuras urbanas y al conjunto de acciones para solventar las necesidades básicas de los ciudadanos (e.g. alimento, energía, agua, telecomunicaciones) (McDonnell y Pickett 1990). Así, la urbanización es reconocida como una de las causas más preocupantes de impacto a la biodiversidad (Czech *et al.* 2001). Ante el fenómeno urbanizador, en las últimas décadas los ecólogos han empezado a estudiar cada vez más la biodiversidad urbana. Estudios previos muestran que la respuesta de la biodiversidad, en términos de la riqueza de especies, puede ser negativa o positiva dependiendo de varios factores como el grupo taxonómico, la escala espacial y la intensidad de la urbanización. En general, los ecólogos urbanos han centrado sus estudios en grupos biológicos bien conocidos taxonómica y ecológicamente, que sean sensibles a las alteraciones ambientales (Ramírez-Restrepo y Halffter 2016), también conocidos como grupos indicadores o grupos focales (Moreno *et al.* 2007). Dentro de los insectos, las mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) y los escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) han sido reconocidos como grupos prácticos y adecuados de cambio de las condiciones ambientales (mariposas, Thomas 2005; escarabajos, Favila y Halffter 1997; Moreno *et al.* 2007). Ambos grupos son altamente diversos, sus historias de vida y taxonomía están bien estudiadas y realizan funciones ecológicas pivótales para los ecosistemas (e.g. polinización, remoción de excrementos, control de parásitos). En el caso de las mariposas, junto con las aves son de los grupos biológicos más llamativos y apreciados en las ciudades lo que facilita la realización de programas de educación ambiental en áreas urbanas, con el fin de acercar a los ciudadanos a la naturaleza (Kellert 1993; Schlegel 2015). En las últimas décadas el estudio de la biodiversidad urbana ha incrementado (MacIntyre 2000). Entre 1956 y 2015 se publicaron 173 estudios sobre mariposa en ambientes urbanos en el mundo (Ramírez-Restrepo y MacGregor-Fors *en prensa*). Mientras que sólo 43 estudios se han publicado sobre escarabajos copro-necrófagos urbanos a nivel global, entre 1975 y 2015 (Ramírez-Restrepo y Halffter 2016). La mayor cantidad de estudios publicados sobre ambos grupos en áreas urbanas se centran en el conocimiento de los patrones ecológicos, en las listas de especies y en menor medida en biología de la conservación (Ramírez-Restrepo y MacGregor-Fors *en prensa*; Ramírez-Restrepo y Halffter 2016). Aún falta camino para comprender los patrones y procesos ecológicos relacionados con las ciudades y la biodiversidad. Cada estudio nos acerca aún más a este entendimiento, el cual brindará herramientas



empíricas que permitan planear, rediseñar y reconciliar la biodiversidad y las áreas urbanas.

### **Literatura citada**

ALBERTI, M. 2008. *Advances in urban ecology*. Springer, New York. 366 p.

CZECH, B; KRAUSMAN, P. R.; DEVERS, P. K. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. *Bioscience* 50: 593-601.

FAVILA, M. E; HALFFTER, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* 72: 1-25.

KELLERT, S. R. 1993. Values and perceptions of invertebrates. *Conservation Biology* 7: 845–855.

MCDONNELL, M. J.; PICKETT, S. T. A. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71: 1232-1237.

MCINTYRE, N. E. 2000. Ecology of urban arthropods: A review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 825-835.

RAMÍREZ-RESTREPO, L.; HALFFTER, G. 2016. Copro-necrophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in urban areas: A global review. *Urban Ecosystems* 1-17.

RAMÍREZ-RESTREPO, L.; MACGREGOR-FORS, I. En prensa. Butterflies in the city: A review of urban diurnal Lepidoptera. *Urban Ecosystems*.

SCHLEGEL, J.; BREUER, G.; RUPF, R. 2015. Local insects as flagship species to promote nature conservation? A survey among primary school children on their attitudes toward invertebrates. *Anthrozoös* 28: 229-245.

THOMAS, J. A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 360: 339-357.

UNITED NATIONS. 2014. World urbanization prospects: the 2014 revision, highlights.  
United Nations, New York.

**Climate change in the forest: effects of urban and global warming on trees and their pests**

**Cambio climático en el bosque: efectos del calentamiento urbano y global en los árboles y sus plagas**

Elsa Youngsteadt<sup>1</sup>, Emily K. Meineke<sup>2</sup>, Adam G. Dale<sup>3</sup>, Steven D. Frank<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD, North Carolina State University, Department of Entomology and Plant Pathology, Campus Box 7613, Raleigh, NC, USA; e-mail ekyoungs@ncsu.edu <sup>2</sup>PhD, Harvard University, Department of Organismic and Evolutionary Biology, Cambridge, MA, USA <sup>3</sup>PhD, University of Florida, Department of Entomology and Nematology, Gainesville, FL, USA <sup>4</sup>PhD, North Carolina State University, Department of Entomology and Plant Pathology, Raleigh, NC, USA

**Abstract.**

Urban forests provide well-documented benefits to human and environmental health, valued at more than seven billion dollars per year in the United States alone (Nowak *et al.* 2014). However, cities struggle to build canopy cover, due in part to insect damage to urban trees (Nowak & Greenfield 2012). Arthropod pests are often more abundant in urban than rural forests, but the mechanisms that predispose urban trees to infestation are poorly understood (Raupp *et al.* 2010).

Our research examines the role of urban warming as a driver of plant-insect interactions in cities. Urban warming occurs when impervious surfaces in cities absorb solar radiation and emit it as heat. The extent of warming varies on a fine spatial scale within cities, and has the potential to exert local effects on ectotherm biology (Zipper *et al.* 2016). The goals of this research are to (1) evaluate the effects of urban warming on scale insect abundance and tree health; (2) develop management strategies to mitigate these effects, and (3) determine whether current effects of urban warming are relevant to predicting consequences of global warming in rural forests.

We have addressed these goals through studies in North Carolina (NC), USA, using two primary study systems: willow oak (*Quercus phellos*), fed on by lecanium scale (*Parthenolecanium* sp.); and red maple (*Acer rubrum*), fed on by gloomy scale (*Melanaspis tenebricosa*). By sampling scale insects across warmer and cooler locations within Raleigh, NC, we showed that the abundance of both scale insect species increases exponentially with urban warming (Dale & Frank 2014a, Meineke *et al.* in review). Mechanisms for increased scale abundance include phenological mismatch between

*Parthenolecanium* and their natural enemies, and elevated fecundity in *M. tenebricosa* (Dale & Frank 2014b, Meineke *et al.* 2014). Further, urban warming is associated with worse tree condition in *A. rubrum*, and with reduced growth and photosynthesis in *Q. phellos* (Dale & Frank 2014a, Meineke *et al.* in review). To mitigate these effects in future plantings, we identified impervious surface thresholds that define sites where *A. rubrum* is most likely to be in poor condition and therefore should not be planted (Dale *et al.* 2016).

To determine whether these results have implications for rural forests as they, too, become warmer, we used *A. rubrum* herbarium specimens to develop a historical record of scale-insect abundance in rural forests in the southeastern US. *M. tenebricosa* was also most common during warm historical time periods, and is more abundant in forests now than it was during previous cool periods (Youngsteadt *et al.* 2015).

Our results suggest that urban warming promotes scale insect abundance in urban forests, and that both scales and warming reduce the beneficial functions of urban forests. However, management strategies that match tree species with suitable sites, based on site temperature or imperviousness, have the potential to mitigate these effects. In addition to defining sites where *A. rubrum* should not be planted, our ongoing work aims to identify tree species that do not decline in the hottest urban sites, and could be selectively planted in these conditions. Although the same management strategies do not apply directly to large, rural forests, our results nevertheless have implications beyond the city. Urban warming may simulate some aspects of climate change on plant-insect interactions, and the study of urban trees may provide early warning of potential pest problems in warming rural forests.

## Reference

DALE, A. G.; FRANK, S. D. 2014a. The effects of urban warming on herbivore abundance and street tree condition. PLoS ONE, 9:e102996.

DALE, A. G.; FRANK, S. D. 2014b. Urban warming trumps natural enemy regulation of herbivorous pests. Ecological Applications, 24:1596-1607.

DALE, A. G.; YOUNGSTEADT, E.; FRANK, S. D. 2016. Forecasting the Effects of Heat and Pests on Urban Trees: Impervious Surface Thresholds and the 'Pace-to-Plant' Technique. Arboriculture & Urban Forestry, 42.

MEINEKE, E.; YOUNGSTEADT, E.; DUNN, R. R.; FRANK, S. D. in review. Urban warming reduces aboveground carbon storage.

MEINEKE, E. K.; DUNN, R. R.; FRANK, S. D. 2014. Early pest development and loss of biological control are associated with urban warming. *Biology Letters*, 10:20140586.

NOWAK, D. J.; GREENFIELD, E. J. 2012. Tree and impervious cover change in U.S. cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11:21-30.

NOWAK, D. J.; HIRABAYASHI, S.; BODINE, A.; GREENFIELD, E. 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193:119-129.

RAUPP, M. J.; SHREWSBURY, P. M.; HERMS, D. A. 2010. Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annual Review of Entomology*, 55:19-38.

YOUNGSTEADT, E.; DALE, A. G.; TERANDO, A. J.; DUNN, R. R.; FRANK, S. D. 2015. Do cities simulate climate change? A comparison of herbivore response to urban and global warming. *Global Change Biology*, 21:97-105.

ZIPPER, S. C.; SCHATZ, J.; SINGH, A.; KUCHARIK, C. J.; TOWNSEND, P. A.; LOHEIDE II, S. P. 2016. Urban heat island impacts on plant phenology: intra-urban variability and response to land cover. *Environmental Research Letters*, 11:054023.

## Foro sobre *Diaphorina citri* vector de HLB en la citricultura

### Control de *Diaphorina citri*, vector del HLB, en Centroamérica y México

Hugo César Arredondo Bernal

*PhD. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Mexico.*

El psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, es el insecto de mayor importancia en la actualidad para la citricultura, debido a que es vector del agente causal del Huanglongbing o HLB de los cítricos, una enfermedad destructiva que representa la principal amenaza para la industria citrícola mundial. Es nativo del continente asiático y está presente en todo Centroamérica; en México, fue reportado desde el 2002 y su distribución abarca a todos los estados productores de cítricos del país. El daño directo, ocasionado por las ninfas y adultos, implica la inyección de toxinas mientras se alimentan de la savia de las plantas, y por consecuencia la deformación de hojas y brotes debido a la capacidad de alimentarse sobre tejido maduro, lo cual afecta a los árboles durante años. Al mismo tiempo, las altas infestaciones por *D. citri* afectan el proceso de fotosíntesis de los árboles por las excreciones de mielecilla, misma que favorecen el crecimiento de fumagina. Al ser un insecto vector, la tolerancia de poblaciones infectivas prácticamente es cero, por lo que su manejo resulta complicado.

El HLB es provocado por *Candidatus Liberibacter spp.*, bacteria gram negativa restringida al floema, que fue detectada por primera vez en América en el 2004, particularmente en Sao Paulo, Brasil; en 2009 se diagnóstica su presencia en Belice y Honduras; en 2010 en Nicaragua y Guatemala y en 2011 en Costa Rica. En México, el HLB se detectó en el año 2009 y actualmente esta presente en 23 de las 24 provincias productoras de cítricos. De las diversas especies de liberibacter conocidas, la que esta asociada al HLB en Centro América y México es *Ca. Liberibacter asiaticus*.

México cuenta con más de 560 mil Ha de cítricos, entre las que se incluyen naranja, limón mexicano y persa, mandarina, toronja, tangelo, tangerina y lima. Es por ello que el Gobierno Federal opera una campaña fitosanitaria de prioridad nacional desde el año 2008, que incluye el muestreo y monitoreo del HLB y su vector, acciones de control en huertos comerciales y zonas urbanas a través de Áreas Regionales de Control (ARCO's), exploración, capacitación, divulgación y supervisión de esta campaña fitosanitaria.

En Centroamérica opera un proyecto denominado “Fortalecimiento de la región del OIRSA en el control del HLB y la implementación del manejo integrado de plagas (MIP) en los cítricos”, donde participan Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Panamá y República Dominicana; las acciones están enfocadas a la eliminación de plantas enfermas, control del psílido, y producción y plantación de plantas sanas. Este proyecto es desarrollado por el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria y la Fundación Internacional para el Desarrollo y la Cooperación (ICDF) de Taiwan, donde una de las primicias de dicho proyecto es que la “Escuela Taiwanesa” considera tecnologías económicas, social y ambientalmente sostenibles para el control del HLB y su vector; asimismo se basa en el análisis y aplicación del control del HLB “caso por caso”, tomando en cuenta tres escenarios: (1) la infección del 10% de árboles con HLB se considera incidencia baja; (2) la infección de hasta 30% de árboles con HLB se considera incidencia media; y (3) la infección con más del 30% de árboles con HLB se considera incidencia alta. El escenario 1, implica monitoreo minucioso y periódico para detectar plantas enfermas y eliminarlas rápidamente; establecimiento de un área buffer en la periferia de la finca para protegerla del ingreso de psílicos portadores de la bacteria; aplicación de insecticida mensual; y utilización de endoterapia (inyección con antibiótico) en plantas adultas de alto valor económico. El escenario 2, implica asperjar con insecticida el área infestada, para suprimir las poblaciones del psílido; utilización de al menos dos líneas de cítricos como área buffer, donde se harán aplicaciones de insecticida cada 15 días, aplicaciones mensuales de insecticidas y renovación de la plantación por bloques nunca con plantas aisladas. En el escenario 3, se recomienda la eliminación de la finca y control biológico mediante la liberación de *Tamarixia radiata* para su establecimiento por inoculación.

Es imprescindible mencionar que Costa Rica cuenta con dos Laboratorios de Reproducción de *T. radiata*, establecidos por dos empresas productoras de cítricos del país, una de ellas Ticofruta, mientras que en Nicaragua se tiene un laboratorio experimental en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Ambos laboratorios fueron asesorados y capacitados en el diseño y operación por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) de la Dirección General de Sanidad vegetal del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de México (SENASICA). A su vez, México cuenta con dos Laboratorios de Reproducción de *Tamarixia radiata*, operados por el SENASICA y coordinados por el CNRCB: uno de ellos ubicado en Tecmán, Colima, como parte del CNRCB y el otro en Mérida, Yucatán. El objetivo de ambos laboratorios es cubrir con liberaciones de parasitoides las áreas urbanas, huertos abandonados y áreas protegidas para contribuir al manejo del PAC, así como reabastecer poblaciones de *T. radiata* afectadas por la aplicación de insecticidas. Asimismo, el CNRCB ha generado tecnología para el uso y aprovechamiento de hongos entomopatógenos de *D. citri* en huertos comerciales, apoyo Nacional e Internacional con pies de cría de *T. radiata* y cepas de hongos entomopatógenos, y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de insectos depredadores del PAC.

Respecto a la producción masiva, los laboratorios del SENASICA han producido más de 40.4 millones de parasitoides desde 2010 hasta mayo de 2016, de los cuales se han liberado 34.03 millones en campo; el parasitismo natural oscila en el 20%, mientras que en los sitios donde se libera se incrementa hasta el 96% en algunos casos. Respecto al uso de los hongos entomopatógenos, se utilizan las cepas Ma59 de *Metarhizium anisopliae* y las cepas Pf 15 y Pf 21 de *Isaria javanica* en distintas regiones circólicas de México, alcanzando a atender más de 34,156 Ha de huertos comerciales desde el año 2012.

<b>Aplicación de Entomopatógeno 2015</b>			
<b>No.</b>	<b>Estado</b>	<b>Superficie Programada (ha)</b>	<b>Superficie Aplicada (ha)</b>
1	Hidalgo	2,124.25	2,064.00
2	Jalisco	3,783.00	740.00
3	Nayarit	1,200.00	1,202.00
4	San Luis Potosí	2,761.00	2,761.00
5	Veracruz	6,110.25	6,110.00
<b>Total</b>		<b>15,978.50</b>	<b>6,768.05</b>
			<b>12,877</b>

<b>Aplicación de Entomopatógeno 2014</b>		
<b>No.</b>	<b>Estado</b>	<b>Superficie Aplicada (ha)</b>
1	Hidalgo	3,949.50
2	Veracruz	0.00
3	San Luis Potosí	0.00
4	Tamaulipas	0.00
5	Nayarit	1,397.75
6	Jalisco	0.00
7	Oaxaca	487.00
<b>Total</b>		<b>5,347.25</b>



## Modelo de intervención de un caso de HLB de los cítricos en el Departamento de la Guajira.

Emilio Arévalo Peñaranda<sup>1</sup>, Luz Adriana Castañeda<sup>2</sup>, William King Cárdenas<sup>3</sup>, Oscar Fuentes Murillo<sup>4</sup>, Jorge Hernán Palacino Córdoba<sup>5</sup>

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, 5. Grupo Nacional de Trabajo HLB de los Cítricos, ICA Oficinas Nacionales

### 1. Introducción

El Huanglongbing (HLB) es la enfermedad más devastadora de la industria citrícola a nivel mundial llevando a la reducción masiva en la producción de frutas y a la muerte de árboles infectados (Bové, 2006). Las pérdidas económicas debido al HLB han sido documentadas en Asia y África por Da Graça y Korsten, 2004. Predicciones para Brasil y Florida estiman reducciones en la productividad entre el 13 y el 31% para 2020 dependiendo del porcentaje de incidencia del HLB. La disminución en la producción de jugo de naranja entre 2005 y 2010 fueron estimadas en más del 20% (Hodges y Spreen, 2011). En general se considera que toma entre 2 y 5 años para que un árbol se torne improductivo, dependiendo de la severidad de la enfermedad (Iftikhar *et al*, 2014).

Si bien es una enfermedad relativamente nueva en el continente americano, el HLB ha sido conocido en Asia desde la década de 1870 (Beattie *et al*, 2008; Lin *et al*, 1956 citado por Bove, 2006), siendo una de las primeras enfermedades estudiadas en los cítricos, con una larga historia en China, Indonesia, Filipinas, Tailandia y Suráfrica (Bové, 2006). La enfermedad fue primero descrita y estudiada en la provincia de Guangdong (China) en el año 1927 y allí aún permanece endémica en regiones históricamente citricolas como Chaoshan y el delta del rio Pearl (Deng *et al*, 2012).

El agente causal del HLB permanece incultivable, lo que la dificultado la realización de las pruebas o postulados de Koch, el grupo liderado por Joseph Bové del *Laboratoire de Biologia Cellulaire et Moleculaire* del INRA (Francia) ha contribuido a esclarecer la etiología de la enfermedad. El HLB fue asociado por primera vez con la presencia de bacterias Gram negativas en el floema mediante microscopía electrónica en 1984 (Garnier *et al*, 1984 citado por Bové, 2006) y en 1994 se estableció que esta bacteria era miembro de un nuevo género dentro del grupo de las  $\alpha$ -proteobacteria llamado provisionalmente "*liberobacter*". En este mismo año se establecieron dos especies: *Candidatus Liberobacter asiaticum* y *Candidatus Liberobacter africanum* (Jagoueix *et al*, 1994). En el 2000, se

designa el género definitivamente como *Candidatus Liberibacter* y las especies como *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las) y *Candidatus Liberibacter africanus* (Laf) (Garnier *et al.* 2000). La especie *Ca. Liberibacter americanus* (Lam) fue reconocida y está localizada en Brasil (Teixeira *et al.*, 2005), aunque recientemente fue detectada en muestras del psílido vector *Diaphorina citri* en Texas (da Graça citado por Nelson *et al.*, 2013).

En el continente Americano la enfermedad fue inicialmente detectada en el año 2004 a partir de muestras sintomáticas de naranja en el área de Araracuara en Estado de Sao Paulo (Brasil), asociada tanto a *Ca. Liberibacter asiaticus* (Coletta-Filho *et al.*, 2004), como a la nueva especie *Ca. Liberibacter americanus* (Lam) (Teixeira *et al.*, 2005). En el Estado de La Florida (Estados Unidos) el primer reporte se realizó en pomelo (*Citrus pummelo*) en septiembre de 2005 (Halberth, 2005; Knighten *et al.*, 2005).

En general, las  $\alpha$ -proteobacterias viven en estrecha asociación con células eucarióticas y en muchos casos han adquirido la habilidad de sobrevivir y crecer dentro de un artrópodo vector. En el caso de las bacterias asociadas con HLB, en donde las células eucarióticas son los vasos cribosos del floema y tienen la particularidad de ser transmitidas por dos artrópodos vectores: los psílicos *Diaphorina Citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) y *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae).

Desde el punto de vista fisiológico, para las especies de *Ca. Liberibacter* asociadas con HLB de los cítricos, se ha comprobado que su presencia en el floema desencadena una cascada de cambios metabólicos que culminan en la reducción del vigor y disminución en la producción, más específicamente, ocurre necrosis progresiva del floema que resulta en la obstrucción casi total del transporte de fotoasimilados entre las fuentes (hojas) y los vertederos (hojas jóvenes, tallos, raíces y frutos) con el consecuente desbalance en el metabolismo y distribución de los carbohidratos en la planta (Albrecht *et al.*, 2012; Bové, 2006; Folimonova y Achor, 2010; Achor, 2010; Brodersen *et al.*, 2014). A nivel de raíces, la necrosis progresiva del floema también lleva a la disminución de las reservas de almidón y a la muerte progresiva de este tejido, con el consiguiente deterioro del árbol, lo cual ha sido observado en plantas de naranja dulce injertados en patrones susceptibles en campo (Fan *et al.*, 2013).

A nivel de frutos, la infección con *Ca. Liberibacter asiaticus* afecta el crecimiento y desarrollo, los frutos son pequeños, livianos, presentan frecuentes inversiones de color, presentan semillas parcialmente desarrolladas o abortadas, maduración y caída prematura. En el caso específico de la naranja, ha sido previamente documentado que el perfil de jugos en frutos sintomáticos tiene un porcentaje de ácidos más alto, bajos niveles de azúcar y relación Brix/ácido más baja, lo cual es similar a jugos de frutas menos maduras, adicionalmente se produce menos etileno que impacta el aroma de la fruta (Albrecht y Bowman, 2012; Dagulo *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2013; Fan *et al.*, 2013; Rosales y Burns, 2011).

Los síntomas se caracterizan inicialmente por el amarillamiento de ramas, que originalmente le dio el nombre a la enfermedad (Deng *et al*, 2012). En hojas el síntoma más característico es el moteado, el cual es asimétrico con respecto a la división realizada por la vena central de cada hoja. En estados avanzados, se pueden desarrollar deficiencias similares a zinc, con las hojas pequeñas erectas, vena prominente y apariencia coriácea, seguida por la caída de la hoja y muerte de las pequeñas ramas (Gottwald *et al*, 2007); en raíces hay disminución de la cantidad y calidad de las raíces (Fan *et al*, 2013).

Las dos formas comprobadas de transmisión de *Candidatus Liberibacter* asociadas al HLB, a las plantas hospedantes son: la injertación en etapa de vivero mediante la utilización de yemas con presencia de la bacteria (Lin, 1956 citado por Bové, 2006) y de manera natural mediante insectos psílidos que actúan como vectores. El insecto *D. citri* es el principal vector en Asia, Brasil y Florida, mientras que *T. erythrae* es vector de las bacterias en India, el medio oriente, las islas de Mauricio y Reunión y el continente africano (Aubert, 1987; Halbert y Manjunath, 2004; Wang y Trivedi, 2013). En estos insectos, las bacterias se pueden multiplicar tanto en la hemolinfa como dentro de las células de las glándulas salivares (Jagoueix *et al*, 1994). Los hospedantes naturales de *D. citri* incluyen especies y variedades del género *Citrus* (Rutaceae: Aurantioideae) y algunos especies estrechamente relacionadas dentro de la tribu Aurantieae (Halbert y Manjunath, 2004).

Para el manejo de HLB no se conocen procedimientos curativos, el manejo recae en sembrar material libre de la enfermedad previniendo la transmisión de las bacterias vía injertación (Halbert y Manjunath, 2004), prevenir que los árboles se infecten mediante el manejo del psílido vector (Manjunath *et al*, 2008) y erradicación continua de las plantas infectadas para reducir la cantidad de inóculo (Bové 2006; Gottwald *et al*. 2007).

La vía de ingreso que implica más riesgo para la entrada de la enfermedad a un país incluye la importación de material vegetal de especies cítricas ilegalmente importado por viajeros (Dempsey *et al*, 2002; Naumann, 2002) y el transporte pasivo de psílidos en aviones, barcos, vectores infectivos transportados vía viento y agroterrorismo son otras posibles vías de ingreso (Beattie y Barkley, 2009).

La presencia de HLB ha venido siendo reportada paulatinamente por diferentes Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) en el continente americano, desde que el HLB fue detectado por primera vez en Brasil, específicamente en el estado de San Pablo (2004) de donde se expandió a los Estados de Minas Gerais y Paraná en 2007. En los Estados Unidos fue detectada en Florida en 2005 y posteriormente en los Estados de 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 (2013).

La presencia de la enfermedad en diferentes países del continente, sumado a la presencia del psílido vector *D. citri* en Colombia desde 2007 (King *et al*, 2008) hacen que a través de la vigilancia de la enfermedad se pueda realizar una detección temprana de las bacterias asociadas y su posterior erradicación como factor crítico para evitar su diseminación y establecimiento.

La citricultura colombiana se encuentra en crecimiento, representada en aproximadamente 86,077 ha establecidas con cultivos de cítricos en todo el país según información oficial del Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural (Agronet) y con 14.000 núcleos productivos de estas explotaciones de cítricos (mano de obra, insumos, agroindustria, mercado fresco, exportaciones).

Como resultado del programa de vigilancia del huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector *Diaphorina citri*, liderado por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA en veintiséis (26) departamentos del país se reportó la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las) en el insecto vector *D. citri* en los Municipios de Distracción y Fonseca, del Departamento de La Guajira, según resultado reportado el 26 de Octubre de 2015 en hospedantes limón común, posteriormente, en marzo 2 de 2016 fue reportada en tejido vegetal en el mismo departamento, en otros dos sitios de los municipios de Distracción y Fonseca. Se describe el protocolo de trabajo utilizado en la detección y erradicación del caso confirmado como positivo para HLB en tejido vegetal en la Guajira.

## **2. Objetivo general**

Activar el protocolo de trabajo para la erradicación de plantas positivas para HLB de acuerdo a lo establecido en el plan de acción para Colombia en estos casos.

## **3. Metodología**

3.1 Control legal. Se proyectaron dos resoluciones para declarar la emergencia nacional por la presencia de *Ca. Liberibacter asiaticus* en *Diaphorina citri* y tejido vegetal, en dos localidades del Departamento de La Guajira con el objetivo de establecer medidas dirigidas a los productor a cualquier título de tenencia, viveristas; y declarar la cuarentena en el departamento de la Guajira ante la presencia de la enfermedad.

3.2 Caracterización regional de la citricultura. Ante la confirmación de un brote infectivo de la enfermedad en el Departamento de La Guajira, se procedió a caracterizar la región para caracterizar la citricultura allí presente y de esta forma proceder a una intervención en el brote infectivo y en el área de influencia, teniendo como primer parámetro la identificación de hospedantes en un área *buffer* hasta de 4 km de radio a partir del punto con detección positiva.

3.3 Establecimiento de red de monitoreo del psílido vector. Se establece una ruta de 72 trampas pegajosas amarillas de 14 x 20 cm (280 cm<sup>2</sup>) que incluía los Municipios de Barrancas, Fonseca, Distracción, Villanueva, San Juan y La Jagua del Pilar, para determinar una línea de base para las aplicaciones con insumos químicos y monitorear la fluctuación poblacional del insecto vector. El número de trampas se determinó de acuerdo al número de árboles cítricos (limón criollo, lima ácida Tahití o naranja dulce encontrados por predio, de la siguiente manera:

De 0-50 árboles: 1 trampa

De 50-100 árboles: 2 trampas

De 100-200 árboles: 3 trampas

Más de 200 árboles: 4 trampas

Las trampas se ubicaron en la periferia de los lotes, disponiendo la trampa en un árbol a una altura superior a 1,50 m e inferior a 2 m. Cada trampa fue identificada con un código compuesto por nueve dígitos donde los dos primeros dígitos corresponden al código DANE del departamento, los tres siguientes corresponden al código de identificación del municipio y los cuatro restantes al consecutivo de la red de trampeo. En cada trampa se marca la fecha de instalación. Cuando la trampa es colocada, se descubre un lado de la misma quitando el protector para dejar expuesto el adhesivo de esa cara. La semana siguiente se hace lectura del número de adultos capturados y se expone la otra cara de la trampa, cubriendo con el protector la cara ya utilizada, siendo la vida útil de cada trampa de dos semanas.

3.4 Selección de puntos de muestreo. Los puntos definidos para muestreo son definidos siguiendo el lineamiento internacional de seleccionar potenciales hospedantes del psílido vector y de las bacterias asociadas, lo que incluye cultivos comerciales, viveros, plantas de traspatio, cercas y plantas en áreas urbanas de especies pertenecientes a la familia Rutaceae, En el Departamento de La Guajira los puntos de muestreo incluyeron 172 sitios en los Municipios de Albania, Maicao, Dibuya, Barrancas, Fonseca, Distracción, El Molino, Villanueva, Urumita, San Juan del Cesar, y La Jagua del Pilar. Se incluyó vigilancia a las especies limón *Swinglea* (*Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr) establecida comúnmente como cerco perimetral de los y mirto o azahar de La India (*Murraya paniculata* L.) , esta última especie de muy amplia distribución en el Departamento como sombrío urbano y ornamental.

3.5 Recolección de material biológico. Los adultos de *Diaphorina citri* se capturan directamente sobre el tejido vegetal o mediante uso de jama entomológica. Posteriormente se dispensan cuidadosamente en recipientes tipo Vacutainer TM conteniendo alcohol al 70%. El tejido vegetal (brotes o ramas jóvenes) conteniendo ninfas es depositado directamente en recipientes conteniendo un 70% de alcohol, posteriormente las ninfas son separadas del material vegetal en condiciones de laboratorio. En cada sitio visitado, independiente de la presencia del vector y/o síntomas en el tejido vegetal, se registra la información relevante como nombre de la finca, vereda, municipio, georreferenciación, altura sobre el nivel del mar, especies vegetales potencialmente hospedantes, área de estas especies y estado fenológico.

Para determinar la procedencia de las muestras entomológicas según el hospedante, las especies son unificadas así: naranjas, limas ácidas, mandarinas, tangelo y mientras que la categoría “varias cítricos” hace referencia a muestras que fueron tomadas en diferentes especies cítricas para lograr hacer una muestra de al menos 10 individuos. También se toman regularmente muestras de limón swinglea y azahar de la India o mirto.

Las muestras son remitidas y analizadas en el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF) del ICA localizado en Mosquera (Cundinamarca).

3.5 Análisis entomológico. El análisis entomológico o determinación taxonómica de los psílidos colectados de basa en la descripción de caracteres morfológicos para los estados de ninfa propuesta por White y Hodkinson (1985) y EPPO (2005) y la determinación taxonómica mediante la descripción de caracteres morfológicos del estado adulto propuesto por EPPO (2005) y Burckhardt (1987).

### 3.6 Detección molecular de *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Extracción de ADN a partir de insectos. La extracción del DNA total de insectos para la detección de la bacteria *Ca. Liberibacter asiaticus*, se realizó a partir de 10 individuos adultos o 10 ninfas que componían una muestra, siguiendo la metodología descrita por Manjunath *et al* (2008). Los individuos fueron previamente secados por 10 minutos sobre papel y posteriormente transferidos a tubos tipo Eppendorf TM conteniendo 300 µl de solución tampón de extracción (10 mM Tris, pH, 8.0, 100 mM NaCl, 1 mM EDTA y 2% SDS y 20 unidades de proteinasa K), macerados e incubados por 3 horas a 50°C o 37°C toda la noche. Los ácidos nucleicos fueron extraídos usando 300 µl de fenol cloroformo alcohol isoamílico (25:24:1), seguido por una segunda extracción usando 300 µl de fenol cloroformo alcohol isoamílico. La fase acuosa fue etanol precipitado y el ADN resultante fue disuelto en 50 µl de agua estéril y almacenado a - 20 °C hasta su uso.

Extracción de ADN a partir de tejido vegetal. El procedimiento para extracción de ADN a partir de tejido vegetal consiste en selección de las nervaduras de las hojas, peciolo y la superficie del tallo para ser analizados cada uno de ellos de manera independiente. Posteriormente la extracción de ADN a partir de cada tejido vegetal de cítricos utilizando el protocolo Purification of Total DNA from Plant Tissue del kit de extracción DNeasy Plant Kit de Quiagen®.

PCR en tiempo real (qPCR). La detección de *Ca. Liberibacter asiaticus* (Las) se realiza mediante PCR en Tiempo Real (qPCR) a partir del DNA previamente extraído de insectos.

La prueba de qPCR se realiza con las siguientes parejas de iniciadores y sondas Taq-Man según Manjunath *et al* (2008):

Iniciadores 298-295 específicos para LAS.	Iniciadores
418-419 específicos para el gen <i>wingless</i> , control interno del insecto.	Sonda para Las
409-Fam	Sonda para
control interno de insectos de insectos 420-HEX.	

Para la prueba de PCR Tiempo Real se utilizaron como controles:  
Positivos: plásmido de la región 16s de *Ca. Liberibacter asiaticus*. Negativo:  
ADN de adulto de *D. citri* no infectado y analizado por qPCR método USDA-APHIS-LNDF

PCR anidada y secuenciación. Para la confirmación de posibles positivos de *Ca. Liberibacter asiaticus*, las muestras fueron sometidas a análisis y pruebas de verificación por PCR anidada (*nested PCR*) con las siguientes características:

Amplificación con los pares 620-289 y 205-206 (fragmento de 900pb) reportados por Razi (2013) de una región de la subunidad 16 de RNA ribosomal del genoma de LAS.

Corte elusión y purificación del fragmento de 900 pb obtenido por PCR y visualizados en gel de agarosa. Secuenciación y análisis de las secuencias obtenidas, mediante el programa Bioedit Sequence Alignment Copyright ©1997-2013 Tom Hall. Comparación de la secuencia obtenida de la muestra con las almacenadas en la base de datos del *National Center for Biotechnology Information (NCBI) – 16S ribosomal RNA sequences* empleando el algoritmo de alineamiento heurístico BLAST-N y con la secuencia de *Ca. Liberibacter asiaticus*, accesión GenBank KP012551-1.

Amplificación por PCR convencional de regiones diferentes a la subunidad del 16S del RNA ribosomal del genoma de *Ca. Liberibacter asiaticus* utilizando tres (3) pares de

iniciadores [F y R: 11 (780 pb), 12 (885pb) y 14 (1500pb)] reportados por Nageswara *et al* (2013), secuencias suministradas por el Dr. Manjunath Keremane de USDA-APHIS.

3.7 Control químico del insecto vector. Para evitar la dispersión de insectos infectivos con la bacteria *Ca. Liberibacter asiaticus*, desde el brote identificado en el sur de la Guajira hacia departamentos cítricos del resto del país, se adelantaron aspersiones químicas con los insecticidas registrados con anterioridad ante el ICA para el control de adultos de *D. citri*, cuyos nombres comerciales son CONNET DUO® (Imidacloprid + Beta-cyfluthrin) y CLOSER® (Isoclast), bajo las recomendaciones establecidas en cada una de las fichas técnicas. El plan de aspersiones árboles de limón común, lima ácida Tahití o naranja, especies, los cercos identificados de swinglea así como los árboles de azahar de la india, estas dos últimas especies identificadas como hospedantes del insecto vector. Las dosis comerciales indicadas para el control de adultos de *Diaphorina Citri* son 400 cc/Ha de CONNET DUO® y 50 cc de CONNET DUO®.

#### 4. Resultados

**4.1 Control legal.** Para la erradicación de estos brotes infectivos en insecto y planta, el ICA emite dos resoluciones así:

Resolución 2390 de 2015 “*Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de Diaphorina citri infectados con la bacteria de la enfermedad del HLB de los cítricos*”. En esta resolución se establecen medidas para toda persona natural o jurídica que produzca a cualquier título, especies de la familia Rutaceae, encaminadas al control químico del vector con insecticidas que posean registro ICA para este insecto dirigidas a las plantas de cítricos de su propiedad y a las plantas de mirto o azahar de la India allí presentes y cercos de limón swinglea que definen el perímetro de su cultivo, bajo la supervisión técnica de un ingeniero agrónomo o unidad municipal de asistencia técnica legalmente establecida; a nivel de viveros establece vigilancia y control químico del vector con insecticidas registrados en el ICA para este insecto y adicionalmente se deberá realizar una aspersión con insecticida dirigido a *Diaphorina citri* previo a la entrega del material vendido, bajo la supervisión del asistente técnico del vivero. Esta emergencia tiene una duración de un año contado a partir de la fecha de promulgación.

Resolución 4713 de 2016 “*Por medio de la cual se declara en cuarentena fitosanitaria el Departamento de La Guajira, por la presencia de la plaga denominada huanglongbing (HLB) de los cítricos*” En esta resolución se establecen medidas para la erradicación de plantas con diagnóstico positivo a la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, sólo permitir la movilización de fruta fresca desde La Guajira libre de pedúnculos, peciolo, ramas, hojas o tallo, cuenten con un tratamiento de lavado o encerado previo en su empaque y estén acompañadas de la respectiva licencia fitosanitaria para la movilización



de material vegetal, También establece restricción de producción de material de propagación vegetal que en el Departamento no cumpla los lineamientos de la Resolución 4215 de 2014, la cual establece la obligatoriedad de producción de material de propagación (sexual y asexual) en ambientes protegidos por una casa de malla antiáfidos, entre otras disposiciones.

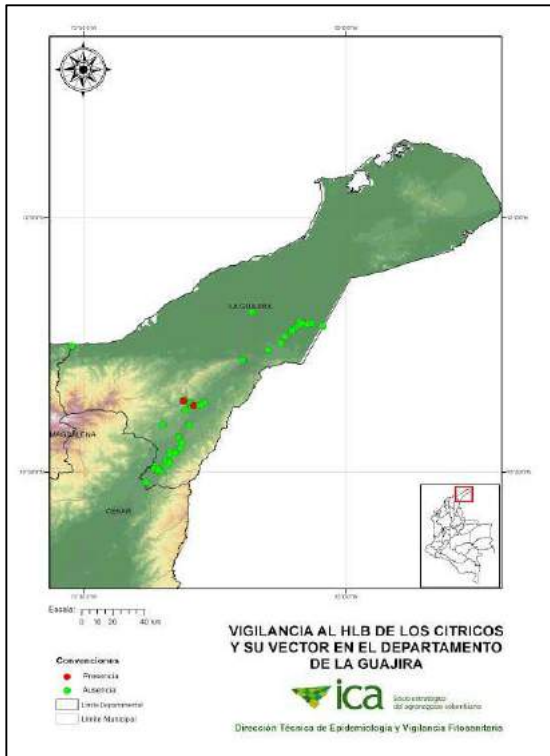
**4.2 Caracterización regional de la citricultura.** La citricultura detectada bajo la vigilancia epidemiológica del ICA en La Guajira corresponde a 110 ha de las cuales en los municipios del sur de La Guajira se reportan 39 has entre Distracción, Fonseca, San Juan, Barrancas, El Molino, Villanueva, Urumita, La Jagua del Pilar y San Juan del Cesar.

Son explotaciones básicamente de limón criollo o común, y en menor proporción naranja dulce, siendo en su mayoría áreas de traspatio, parcelas de 50 hasta 200 árboles y un cultivo comercial de 40 has en Municipio de Dibuya, entre la vía que conduce de Riohacha a . El destino de la producción es mercado fresco local. Se estima que en estos 8 municipios existen 6.750 plantas en diferentes edades con un potencial de rendimiento igual a 202,000 kilogramos de fruta fresca por temporada o cosecha.

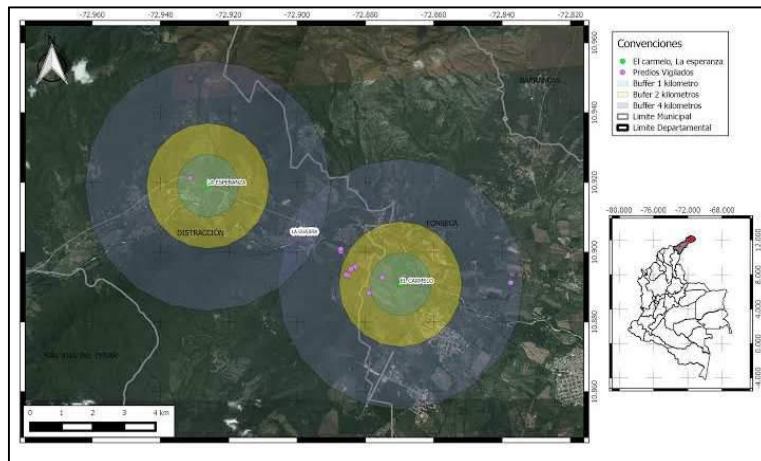
Se reportan 11 viveros productores/distribuidores de material de propagación de cítricos de los cuales 5 no tienen registro ICA. La capacidad de producción de estos viveros no supera las 5.000 plántulas/vivero/año en promedio. Adicionalmente, es costumbre del departamento que los productores de limón criollo establezcan sus siembra por semilla, en lo que comúnmente se denomina a pie franco.

En la figura 1, se presenta los puntos que como parte de la vigilancia realizada durante 2015, destacando los puntos corresponden a sitios con presencia del insecto. Los puntos rojos representan los dos sitios donde se colectaron las muestras con insectos positivo a la presencia de *Ca. Liberibacter* en insecto: El Carmelo (Municipio de Fonseca) y La Esperanza (Municipio de Distracción).

A partir de los sitios positivos, se delimitaron áreas buffer de 1, 2 y 4 km de radio, en los cuales se realizó caracterización y establecimiento de predios de vigilancia para monitoreo de poblaciones del insecto e inspección de posibles síntomas. En este sentido, se identificaron 18 sitios productores en el área buffer correspondientes a 2.120 árboles de limón común y 110 árboles de naranja dulce. En cada visita se realizó exploración al 100% de los potenciales hospedantes cítricos atendiendo al protocolo del Plan de Acción Nacional de Colombia en el Manejo del HL y se procedió nuevamente a toma de muestras de tejido vegetal e insecto. Este muestreo dio como resultado el positivo a tejido que fue reconfirmado en marzo del 2016, que como se señaló previamente fue el motivo para expedir la Resolución 4713 de 28 de Abril de 2016.

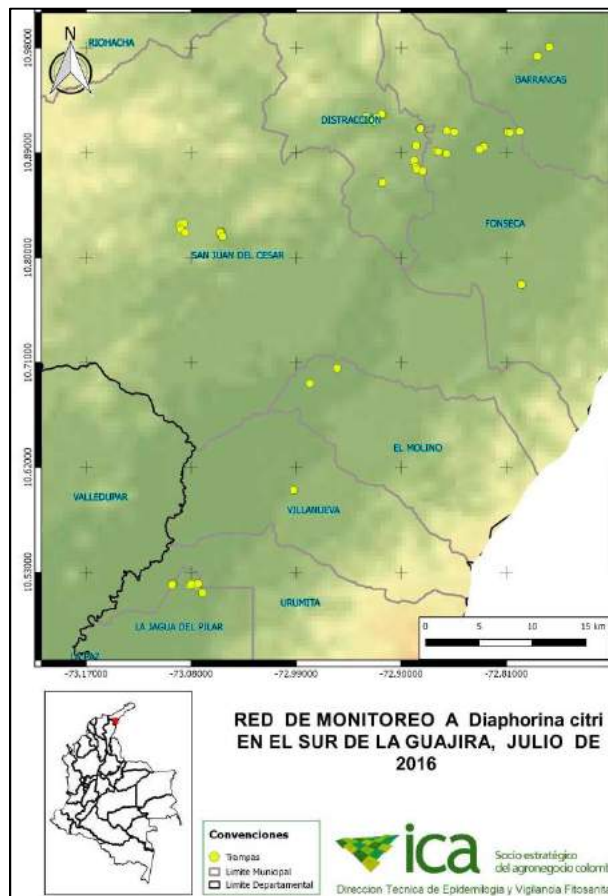


**Figura 1.** Vigilancia del huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector *D. citri* en el Departamento de La Guajira.



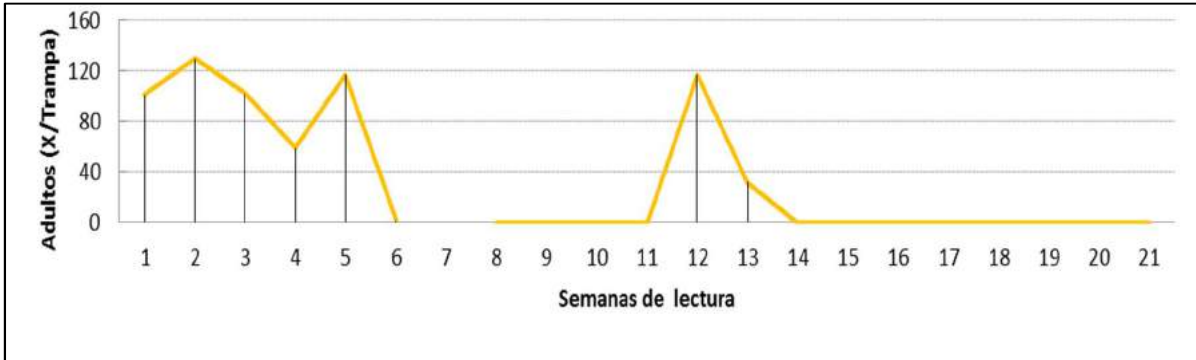
**Figura 2.** Determinación de área *buffer* a 1, 2 y 4 km a partir de dos reportes de psilidos vectores (*D. citri*) con presencia de *Ca. Liberibacter asiaticus*.

**4.3 Fluctuación de la población del psílido vector:** la figura 3 se indican los predios donde se establecieron trampas amarillas pegajosas para el monitoreo semanal de la población de *D. citri* En los municipios de Barrancas, Distracción, Fonseca, San Juan del Cesar, El Molino, Villanueva y La Jagua del Pilar.



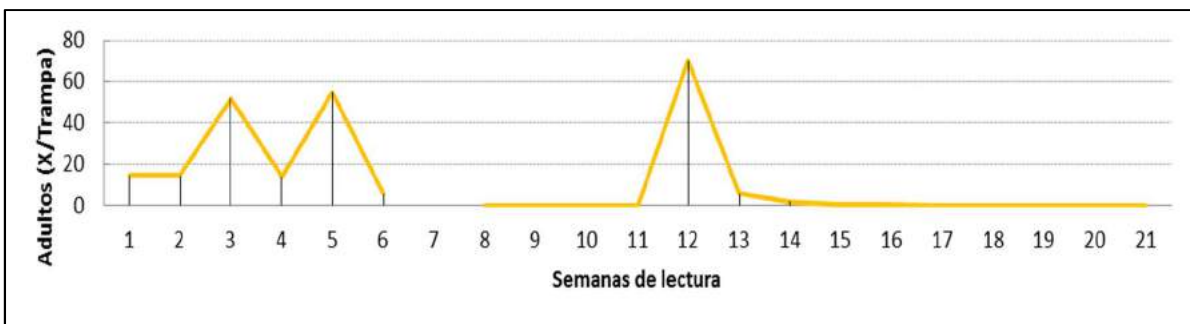
**Figura 3.** Red de monitoreo de *Diaphorina citri* en el sur de La Guajira.

En las figuras se presenta. Todos los municipios objetos de este trabajo se realizó se realizó monitoreo durante la primeras 5 o 6 semanas previas a la aplicación del insecticida. Las aplicación con insecticida químico se realizó cada semana rotando los dos ingredientes activos. La fluctuación de la población por municipio se presentan en las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

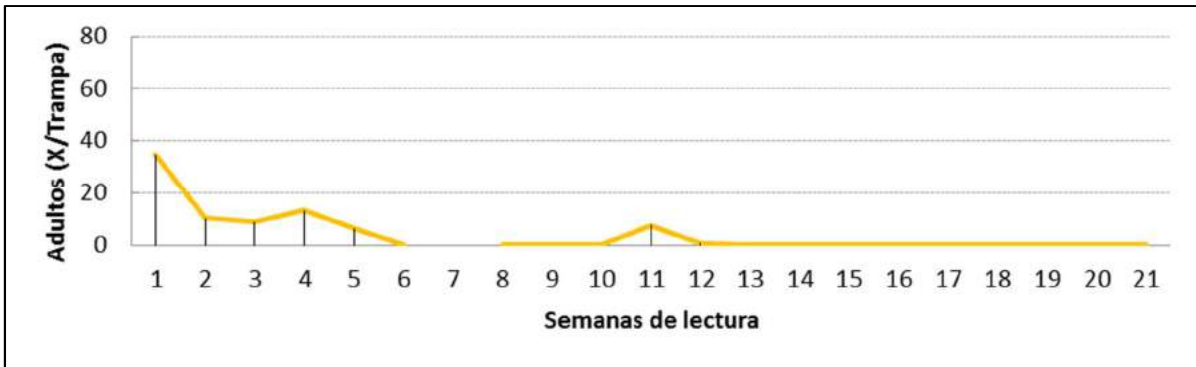


**Figura 4.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de Distracción (La Guajira).

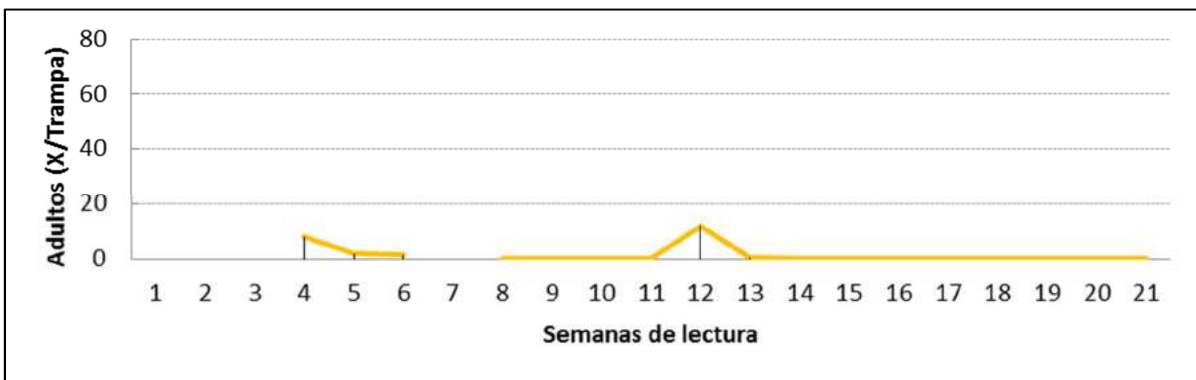
Las poblaciones del psílido en el Municipio de Distracción al inicio del trabajo fueron altas con más de 120 adultos en promedio por trampa (Figura 4). Una semana después de la aplicación, las poblaciones habían descendido a 0 y se mantuvieron en ese nivel por 6 semanas. Tendencias similares se observadas en los Municipios de Barrancas, Villanueva, La Jagua del Pilar y San Juan de Cesar, siempre con un incremento hacia la semana 11 y 12, como se observa en las figuras 5, 6, 7. Este mismo comportamiento se observa a nivel regional, cuando se promedian los valores encontrados en las trampas instaladas en todos los municipios (figura 10).



**Figura 5.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de Villanueva (La Guajira).

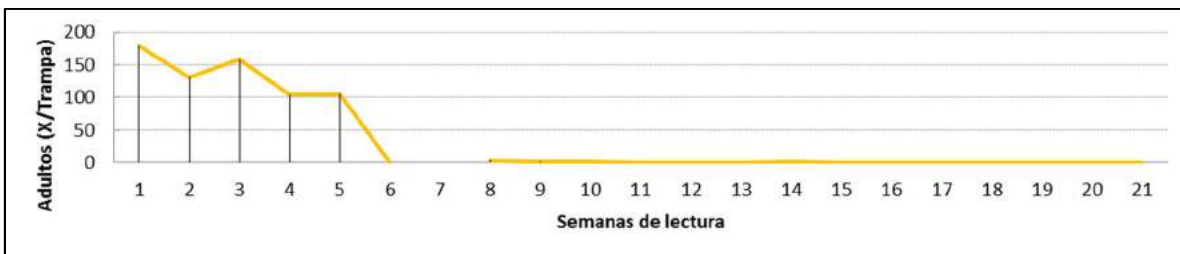


**Figura 6.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de La Jagua del Pilar (La Guajira).

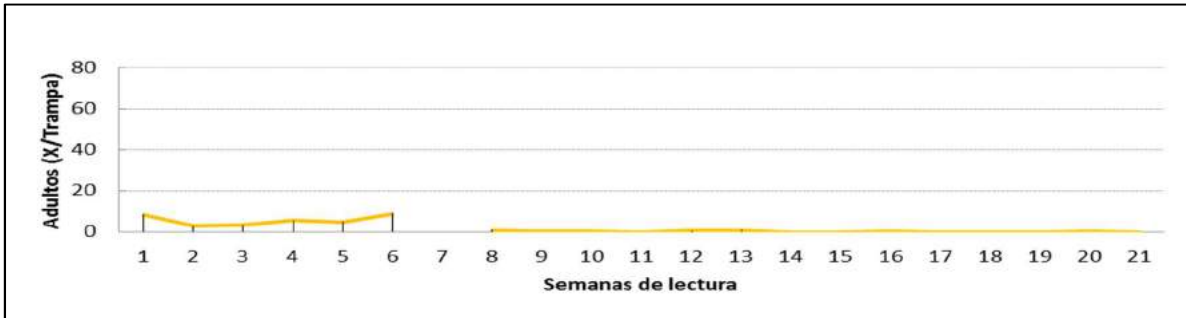


**Figura 7.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de San Juan del Cesar (La Guajira).

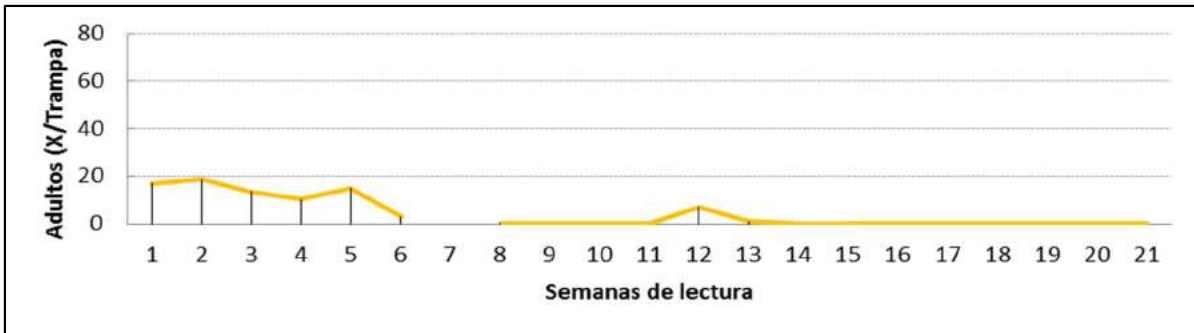
En los Municipios de Barrancas y Fonseca (figuras 8 y 9), no hubo aumento de la población del psílido vector durante el tiempo monitoreado. Los comportamientos de la población reseñados pueden deberse a condiciones ambientales que favorecieron la formación de brotes.



**Figura 8.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de Barrancas (La Guajira).

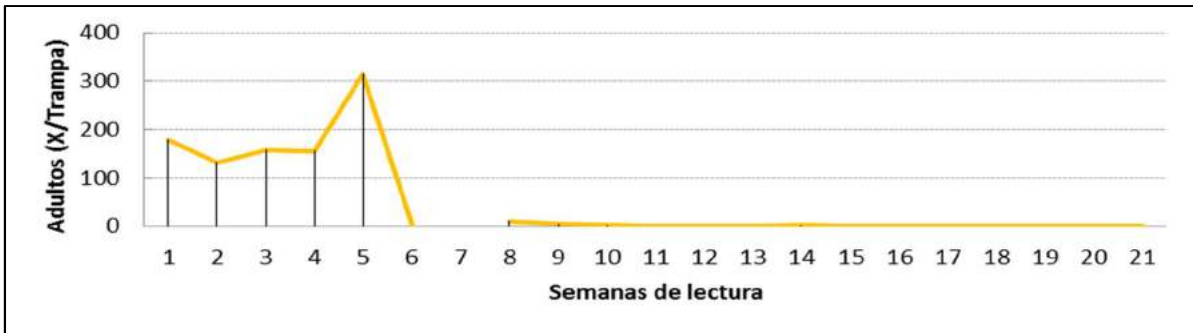


**Figura 9.** Promedio de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en el Municipio de Fonseca (La Guajira).



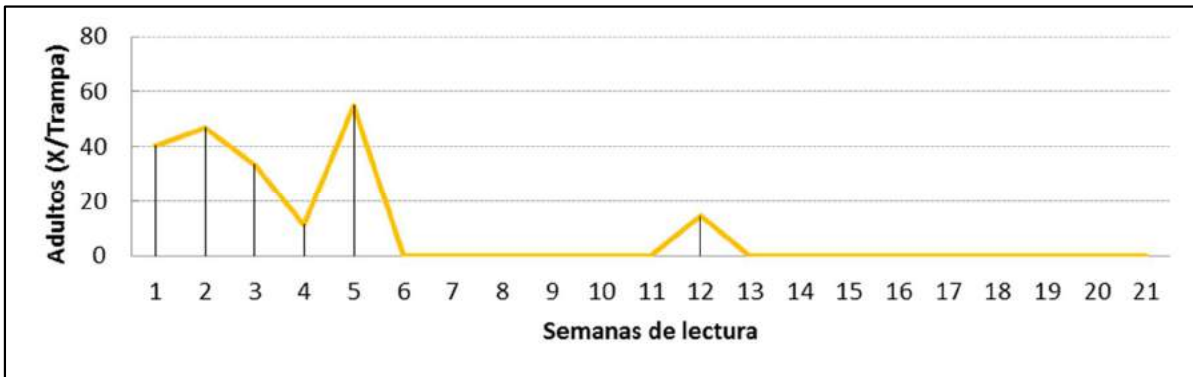
**Figura 10.** Promedio regional de adultos del psílido asiático de los cítricos por trampa amarilla pegajosa en La Guajira, 2016

A nivel de sitios o fincas, es importante tener en cuenta que se presentaron promedios de lecturas semanales por encima de 179 adultos al inicio de las lecturas y de 314 adultos en la semana 5 para la finca Santa Rita (Municipio de Barrancas) siendo este el reporte de más altas poblaciones promedio por finca en la zona de intervención, (Figura 11) Esta misma finca reportó en una sola trampa un conteo de 627 adultos en la semana 5. Una vez se realizó la aplicación la población bajo a cero.

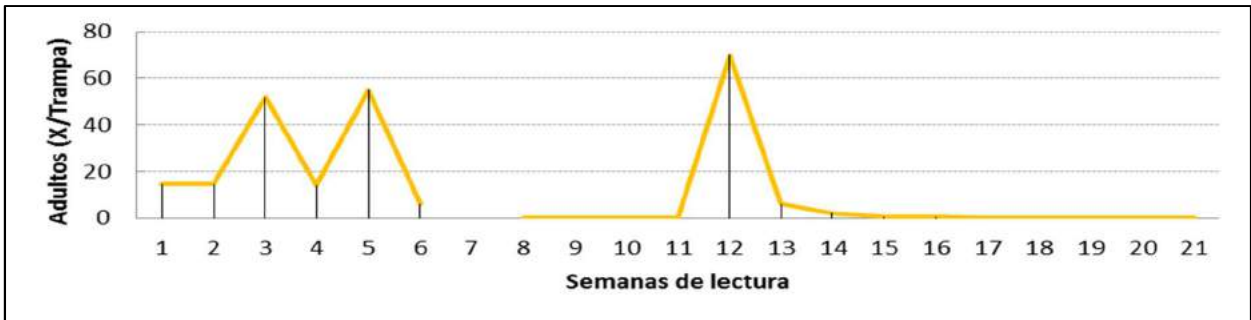


**Figura 11.** Promedio de capturas en trampas amarillas pegajosas en la finca Santa Rita, Municipio de Barrancas, La Guajira.

Finca Buenavista en el Municipio de Distracción, hubo un descenso muy significativo hasta reducirse a 0, una semana después de la primera aplicación. En la semana 12 de lecturas, presentaron incrementos en los promedios de capturas de adultos del insecto con picos de 55 adultos para en la semana cinco (Figura 12), mientras que en el municipio de Villanueva, finca Villa Rossi se reportaron tres picos en las semanas 3, 5 y 12 con valores promedios iguales a 52, 55 y 70 adultos (Figura 13).



**Figura 12.** Promedio de capturas de trampas amarillas pegajosas en la finca Buenavista, Municipio de Distracción, La Guajira.



**Figura 13.** Promedio de capturas de trampas amarillas pegajosas en la finca Villa Rossi, Villanueva, La Guajira, 2016

**4.4 Resultados de diagnóstico.** Todas las muestras ingresadas de insecto correspondieron al psilido *Diaphorina citri*. Desde el primer reporte de la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (LAS) en las localidades de Distracción y Fonseca en el mes de noviembre de 2015, se tomaron 180 muestras de tejido vegetal e insectos en los Departamentos de La Guajira, Cesar, Norte de Santander, Santander y Magdalena con el propósito de delimitar el brote, teniendo en cuenta el alto riesgo en que se encuentra la citricultura de esos departamentos. Sólo se detectó la bacteria fitopatógena en La Guajira inicialmente en dos muestras de tejido, de los municipios de Distracción y Fonseca que dieron lugar a la declaración oficial de la enfermedad en Colombia y a la cuarentena del Departamento de la Guajira. Le siguen 12 nuevos reportes positivos de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, 3 de ellos en insecto y 9 en planta en los municipios de Distracción, Fonseca y Barrancas.

## 5. Conclusiones

El vector *Diaphorina citri* se encuentra ampliamente distribuido en el territorio colombiano, encontrándose en un 40% de las visitas realizadas durante los cuatro años, así como en el 94% de las visitas realizadas en el departamento de la Guajira en el mismo período.

La vigilancia epidemiológica del ICA para la detección del HLB de los cítricos desde el reporte oficial del insecto vector *Diaphorina citri* en Colombia en el año 2007 ha permitido detectar la presencia del psilido vector en 26 departamentos del país y recientemente la enfermedad en el Departamento de la Guajira.

*Candidatus Liberibacter asiaticus* se detectó en los Municipios de Distracción, Fonseca y Barrancas en 14 muestras, de las cuales cinco corresponden a detección en insecto y 9 a detección en planta.



Todas las detecciones de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (LAS) en planta se reportaron en limón criollo o común. De las 5 muestras positivas en insecto, 3 fueron colectadas en el hospedante limón criollo o común, 1 en colecta en limón swinglea Swinglea y 1 en mirto o azahar de la india localizado en medio de un cultivo de limón criollo y naranja dulce.

El control químico de *Diaphorina citri* en seis municipios del Departamento de la Guajira alcanzó el 97,8% de acuerdo al plan de aspersiones con dos insecticidas con registro ICA registrados para este blanco biológico y a las lecturas de capturas de insectos adultos en trampas amarillas pegajosas.

Se han erradicado 22 árboles de limón común afectados por la enfermedad.

## 5. Bibliografía

Achor, D. S., Etxeberria, E., Wang, N., Folimonova, S. Y., Chung, K. R., & Albrigo, L. G. (2010). Citrus Affected with Huanglongbing Disease. *Plant Pathology Journal*, 9(2), 56-64.

Albrecht, U., & Bowman, K. D. (2012). Tolerance of trifoliolate citrus rootstock hybrids to *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Scientia Horticulturae*, 147, 71-80.

## AGRONET

Aubert, B. (1987). *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits*, 42(3), 149-162.

Beattie, G. A. C., Holford, P., Mabblerley, D. J., Haigh, A. M., & Broadbent, P. (2008, December). On the origins of citrus, huanglongbing, *Diaphorina citri* and *Trioza erytrae*. In *Orlando, Florida, USA: International Conference of Huanglongbing Florida* (pp. 25-57).

Beattie, G. A. C., & Barkley, P. (2009). Huanglongbing and its vectors: A pest-specific contingency plan for the citrus and nursery and garden industries (Version 2), February 2009. *Horticulture Australia Ltd., Sydney*.

Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of plant pathology*, 7-37.

Brodersen, C., Narciso, C., Reed, M., & Etxeberria, E. (2014). Phloem production in Huanglongbing-affected citrus trees. *HortScience*, 49(1), 59-64.

Burckhardt, D. (1987). Jumping plant lice (Homoptera: Psylloidea) of the temperate neotropical region. Part 1: Psyllidae (subfamilies Aphalarinae, Rhinocolinae and Aphalaroidinae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 89(4), 299-392.

Coletta-Filho, H. D., Targon, M. L. P. N., Takita, M. A., De Negri, J. D., Pompeu Jr, J., Machado, M. A., Do Amaral, A. M., & Muller, G. W. (2004). First report of the causal agent of Huanglongbing ("*Candidatus Liberibacter asiaticus*") in Brazil. *Plant Disease*, 88(12), 1382-1382.

Da Graça, J. V., & Korsten, L. (2004). Citrus Huanglongbing: Review, present status and future strategies. In *Diseases of Fruits and Vegetables Volume I* (pp. 229-245). Springer Netherlands.

Dagulo, L., Danyluk, M. D., Spann, T. M., Valim, M. F., Goodrich-Schneider, R., Sims, C., & Rouseff, R. (2010). Chemical characterization of orange juice from trees infected with citrus greening (Huanglongbing). *Journal of food science*, 75(2), C199-C207.

Dempsey, S., Evans, G., & Szandala, E. (2002). A target list of high risk pathogens of citrus. *Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Office of the Chief Plant Protection Officer, Canberra*.

Deng, X. L., Gao, Y. D., Chen, J. C., Pu, X. L., Kong, W. W., & Li, H. P. (2012). Current situation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Guangdong, China, Where Citrus Huanglongbing Was First Described. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(3), 424-429.

EPPO. (2005). *Diaphorina citri*. EPPO. *Bulletin*, 35(2).

Fan, J., Chen, C., Achor, D. S., Brlansky, R. H., Li, Z. G., & Gmitter Jr, F. G. (2013). Differential anatomical responses of tolerant and susceptible citrus species to the infection of "*Candidatus Liberibacter asiaticus*". *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 83, 69-74.

Folimonova, S. Y., & Achor, D. S. (2010). Early events of citrus greening (Huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. *Phytopathology*, 100(9), 949-958.

Garnier, M., Jagoueix-Eveillard, S., Cronje, P. R., Le Roux, H. F., & Bové, J. M. (2000). Genomic characterization of a liberibacter present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape Province of South Africa. Proposal of 'Candidatus Liberibacter africanus subsp. capensis'. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50(6), 2119-2125.

Gottwald, T. R., da Graça, J. V., & Bassanezi, R. B. (2007). Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*, 6.

Halbert, S. E. (2005, November). The discovery of huanglongbing in Florida. In *Proceedings of the 2nd International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop* (pp. 7-11).

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(3), 330-353.

Hodges, A. W., & Spreen, T. H. (2006). *Economic impacts of citrus greening (HLB) in Florida* (Vol. 11). 2006/7–2010.

Iftikhar, Y., Rauf, S., Shahzad, U., & Zahid, M. A. (2014). Huanglongbing: Pathogen detection system for integrated disease management – A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.

Jagoueix, S., Bove, J. M., & Garnier, M. (1994). The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the  $\alpha$  subdivision of the Proteobacteria. *International journal of systematic bacteriology*, 44(3), 379-386.

King, W. H., Gómez, C. E., Ebrath, E. E., Ramos, A. A., Burckhardt, D., Moreno, H., & Castañeda, A. (2008, Julio). Detección de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) asociado a cítricos en Colombia. En Resúmenes XXXV Congreso Colombiano de la Sociedad Colombiana de Entomología, Palmira Valle del Cauca (p. 180). Sociedad Colombiana de Entomología.

Knighten, C., Redding, J., Feiber, D., & Compton, E. (2005). Department press release. *US Department of Agriculture and Florida Department of Agriculture confirm detection of citrus greening.*[[http://www.doacs.state.fl.us/press/2005/09022005\\_2.html](http://www.doacs.state.fl.us/press/2005/09022005_2.html)].

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*(4), 387-396.

MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2013. Estadísticas. Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario – AGRONET. <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx> (Último acceso: Julio, 2016)

Naumann, I. D. (2002). Exotic arthropod pests of concern to the Australian citrus industry Office of the Chief Plant Protection Officer. *Canberra, Australia*.

Nageswara-Rao, M., Ireya, M., Garnsey, S. M., & Gowda, S. (2013). Candidate gene makers for *Candidatus Liberibacter asiaticus* for detecting citrus greening disease. *Journal of biosciences*, *38*(2), 229-237.

Nelson, W. R., Munyaneza, J. E., McCue, K. F., & Bové, J. M. (2013). The pangean origin of *Candidatus Liberibacter*. *Journal of Plant Pathology*, *95*(3), 455-461.

Razi, M. F., Keremane, M. L., Ramadugu, C., Roose, M., Khan, I. A., & Lee, R. F. (2014). Detection of Citrus Huanglongbing-Associated 'AGRONET *Liberibacter asiaticus*' in Citrus and *Diaphorina citri* in Pakistan, Seasonal Variability, and Implications for Disease Management. *Phytopathology*, *104*(3), 257-268.

Rigano, L. A., Malamud, F., Orce, I. G., Filippone, M. P., Marano, M. R., do Amaral, A. M., Castagnaro, A. P., & Vojnov, A. (2014). Rapid and sensitive detection of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by loop mediated isothermal amplification combined with a lateral flow dipstick. *BMC microbiology*, *14*(1), 86.

Rosales, R., & Burns, J. K. (2011). Phytohormone changes and carbohydrate status in sweet orange fruit from Huanglongbing-infected trees. *Journal of Plant Growth Regulation*, *30*(3), 312-321.

Texeira, D. D. C., Ayres, J., Kitajima, E. W., Danet, L., Jagoueix-Eveillard, S., Saillard, C., & Bové, J. M. (2005). First report of a Huanglongbing-like disease of citrus in Sao Paulo State, Brazil and association of a new *Liberibacter* species, "*Candidatus Liberibacter americanus*", with the disease. *Plant Disease*, *89*(1), 107-107.

Wang, N., & Trivedi, P. (2013). Citrus huanglongbing: a newly relevant disease presents unprecedented challenges. *Phytopathology*, 103(7), 652-665.

White, I. M., & Hodkinson, I. D. (1985). Nymphal taxonomy and systematics of the Psylloidea (Homoptera). *Bull. of the Brit. museum (natural history. Entomology ser.)*, 50(2).