

41

CONGRESO

SOCOLEN

Cali, Colombia



Memorias



Dow AgroSciences



Patrocinadores



Muestra comercial

Compilador

Jonathan Rodríguez G.

Edición General

Christian A. De la torre-Murillo

Jonathan Rodríguez G.

Copyright Sociedad Colombiana de Entomología

[http:// www.socolen.org.co](http://www.socolen.org.co)

Julio 2014

ISSN: 2389-7694

Citación sugerida:

Rodríguez J. (Comp.) 2014. 41 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Memorias y Resúmenes. Cali, Valle del Cauca, 15 al 18 de julio de 2014. Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN. USB. Cali, Valle del Cauca, 505 p.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA
Junta Directiva 2012 - 2014

Presidente

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

Vocal Principal

Pablo Benavides
CENICAFE

Vicepresidente

Edison Valencia Pizo
Universidad Nacional de Colombia

Vocal Principal

Claudia Martínez-M.
Independiente

Secretaria

Diana Marcela Rueda

Vocal Suplente

Juan Humberto Guarín
CORPOICA C. I. La Selva

Tesorera

Amanda Varela Ramírez
Pontificia Universidad Javeriana

Vocal Suplente

Lucimar Gomes Dias
Universidad de Caldas

Vocal Principal

Alex Bustillo Pardey
CENIPALMA

Vocal Suplente

Cristo Rafael Pérez
FEDEARROZ

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente

Patricia Chacón de Ulloa

Vicepresidente

Carmen Elisa Posso

Secretario

Jonathan Rodríguez G.

Tesorero

Alejandro Pabón V.

Comisión Académica

James Montoya Lerma
María Cristina Gallego R.
Elizabeth Jiménez C.
María del Carmen Zúñiga
Demian Takumasa Kondo
Alex Bustillo

Comisión Financiera

Alejandro Pabón V.
Edison Torrado

Publicidad

Francisco López M.
Eliana Garzón R.
Sara Morales

Recursos Físicos y Eventos

Beatriz Salguero R.
Julio César Montoya
Guillermo Sotelo
Isaura Rodríguez T.

Comisión Internacional

María del Rosario Manzano
Germán Andrés Vargas

Estimados colegas,

Después de un mundial de fútbol, un mundial entomológico. Este año, nuevamente, estamos orgullosos de jugar de anfitriones y recibir las delegaciones tanto nacionales como internacionales asistentes al 41vo Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Como en ocasiones anteriores no hemos ahorrado ni escatimado esfuerzos para hacer de este congreso un espacio de enriquecedora interacción. Les invitamos a disfrutar de este magno certamen donde un total de ocho conferencistas nos harán vibrar, día por día, con sus exposiciones magistrales. Agradecemos a todos los invitados internacionales por acceder a viajar desde sus ciudades para compartir con nosotros sus conocimientos. Estamos seguros que los temas de sus conferencias, todos ellos abordados desde la óptica entomológica, tendrán una acogida multitudinaria.

En los segundos tiempos tendremos 11 simposios que reunirán a más de 20 investigadores abordando tópicos fundamentales de la entomología actual: entomología urbana, comportamiento de insectos, ecología y biogeografía, barrenadores de caña, hormigas cortadoras, plagas de palma, SIB, taxonomía y biodiversidad, control biológico, especies invasoras, OGM, más una conferencia de Procultivos ofrecida por la ANDI. Igualmente, deseamos reconocer el apoyo de todos los panelistas al preparar sus ponencias que además de constituirse en actualizaciones serán focos de debate y discusión.

En todos los salones (o si desean estadios), 120 exposiciones orales y 112 en forma de cartel, se enfrentaran en un “fair-play” y serán seleccionados los mejores trabajos para participar por los máximos premios otorgados por la Sociedad. En un tiempo de reposición esperamos disfruten del Conversatorio de Profesores de Entomología....así mismo, que se abran espacios de interacción, para el establecimiento de nexos colaborativos y el desarrollo de ideas de investigación mientras se disfruta un café....

Los colegas de Brasil, Panamá, Argentina, Puerto Rico, México, Chile, Inglaterra, España y Costa Rica, quienes harán las veces de “veedores” internacionales, nos honran con su presencia. Esperamos que la programación de este congreso colme, tanto para ellos como para todos los nacionales, sus expectativas y que disfruten de los encantos que tiene Cali y en general Colombia.

Este golazo olímpico se pudo concretar gracias al apoyo decidido de las voluntades de un gran número de personas y de entidades que tradicionalmente han acompañado a SOCOLEN. La lista es larga pero deseamos resaltar el apoyo logístico brindado por las Universidades del Valle y Autónoma de Occidente y a CORPOICA. A todos ellos mil y mil gracias.

Sean todos bienvenidos a la siempre cálida Cali que los recibe con mucho afecto, confraternidad y alegría,

James Montoya.

TABLA DE CONTENIDOS.

| | |
|--|----|
| CONFERENCIAS | 5 |
| Psócidos: Plagas de creciente interés en productos almacenados | 6 |
| John Diaz-Montano | |
| ¿Plantas transgênicas resistentes a insectos: onde estamos e até onde vamos?..... | 10 |
| Eliseu José Guedes Pereira & Oscar Fernando Santos Amaya | |
| Parasitoides asociados a las hormigas neotropicales del género <i>Ectatomma</i> (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) | 12 |
| Jean-Paul Lachaud y Gabriela Perez-Lachaud | |
| Análisis de los mecanismos moleculares asociados a la susceptibilidad y refractoriedad de cepas de <i>Aedes aegypti</i> seleccionadas y de campo. | 24 |
| Paola A. Caicedo, Idalba M. Serrato, Carl Lowenberger, George Dimopoulos, Neal Alexander, Clara Ocampo | |
| Biodiversidad, ciencia, informática y postmodernidad..... | 25 |
| Francisco Pando | |
| Paleoentomología: los insectos fósiles (Diptera: Chironomidae) como herramienta en reconstrucciones palaeoambientales del tardiglacial en Colombia | 27 |
| Gonzalo Abril Ramírez, Carlos Albeiro Monsalve Marín, Luis Norberto Parra Sánchez | |
| Afectación de las poblaciones de frailejones (<i>Asteraceae: Espeletia</i> spp.) de los páramos de Colombia: algunas respuestas, más preguntas. | 48 |
| Amanda Varela Ramírez | |
| SIMPOSIOS | 53 |
| ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE PLAGAS DE LA PALMICULTURA COLOMBIANA | 54 |
| El manejo e importancia de defoliadores en palma de aceite | 55 |
| Rosa Cecilia Aldana de la Torre | |
| Identificación del vector del agente causante de la marchitez letal de palma de aceite | 64 |
| Mauricio Arango, Gerardo Martínez | |
| Desarrollo de un programa de manejo integrado de plagas con énfasis en el control biológico en palma de aceite en Colombia | 78 |
| Alex Enrique Bustillo Pardey | |
| La importancia de los barrenadores <i>Rhynchophorus palmarum</i> y <i>Strategus aloeus</i> en la palma de aceite | 88 |
| Oscar Mauricio Moya Murillo | |

| | |
|---|-----|
| <i>BARRENADORES DE CAÑA DE AZÚCAR</i> | 97 |
| Gestión en el manejo integrado de <i>Diatraea saccharalis</i> en caña de azúcar: Brasil..... | 98 |
| Dr. José Francisco García | |
| Los barrenadores de la caña, <i>Diatraea</i> spp., En el valle del río cauca..... | 103 |
| Luis Antonio Gómez y Germán Vargas | |
| Relaciones entre plantas hospederas, barrenadores del tallo (<i>D. saccharalis</i>) y sus parasitoides (<i>Cotesia flavipes</i>)..... | 110 |
| Dra. Andrea Joyce | |
| Situación actual y proyección del manejo de <i>Diatraea</i> spp. (Lepidoptera: Pyralidae), en panamá..... | 112 |
| Bruno Zachrisson | |
| <i>COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS Y SiB COLOMBIA</i> | 116 |
| Pasos curatoriales en una colección entomológica: primordiales en la cadena de información para tener registros de alta calidad | 117 |
| Claudia A. Medina | |
| COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS EN LA RED DE GBIF | 118 |
| Francisco Pando | |
| <i>COMPORTAMIENTO DE INSECTOS</i> | 119 |
| Disectando cerebros para entender sociedades: neuroanatomía y comportamiento en hormigas de las acacias..... | 120 |
| Sabrina Amador | |
| Higiene, salud y parásitos: evolución y ecología del manejo de enfermedades por las hormigas cultivadoras de hongos..... | 121 |
| Hermógenes Fernández-Marín | |
| Interacciones formicidae- eucharitidae: explotación del comportamiento del hospedero por los parasitoides? | 123 |
| Gabriela Perez-Lachaud y Jean-Paul Lachaud | |
| Atracción fatal: trampas irresistibles para insectos | 129 |
| Edison Torrado-León | |
| <i>CONTROL BIOLÓGICO</i> | 136 |
| El papel del control biológico en la fitosanidad del cultivo del café en colombia | 137 |
| Pablo Benavides M. Luis M. Constantino Ch., Zulma Gil P. Carmenza Góngora B. Gonzalo David R. Oscar E. Ortega M. | |

| | |
|---|-----|
| Caña de azúcar en el valle del cauca: modelo de regulación de plagas por acción de parasitoides y depredadores..... | 140 |
| Yolanda Gutiérrez Hernández | |
| Pasado, presente y futuro del control biológico, en Panamá | 147 |
| Bruno Zachrisson | |
| <i>CONVERSATORIO</i> | 154 |
| Insectos como estrategia didáctica en la enseñanza de la ecología a través del cómic | 155 |
| Jairo Robles-Piñeros | |
| <i>ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA DE INSECTOS ACUÁTICOS</i> | 156 |
| Cambios en la entomofauna acuática por efecto de la restauración de corredores ribereños en microcuencas afectadas por ganadería | 157 |
| Julián David Chará, Lina Paola Giraldo, Ana Marcela Chará-Serna | |
| Respuestas ecológicas y genéticas de insectos acuáticos: Un nuevo recto en los programas de biomonitoreo | 160 |
| Lucimar Gomes Dias | |
| Eficiencia de índices biológicos en la determinación de la calidad de agua: ¿La riqueza puede ser mejor que índices más complejos como el BMWP? | 163 |
| Carlos Molineri, Daniel Andrés Dos Santos, María Celina Reynaga | |
| Biogeografía de Ephemeroptera (Insecta) de américa del sur: patrones de co-ocurrencia continentales (endemismos) a partir del estudio de redes | 166 |
| Carlos Molineri, María del Carmen Zúñiga, Eduardo Domínguez, Carolina Nieto, Daniel Andrés Dos Santos, Daniel Emmerich | |
| <i>ENTOMOLOGÍA URBANA</i> | 169 |
| Estudios entomológicos en ambientes urbanos de América latina..... | 170 |
| Patricia Chacón de Ulloa | |
| BIOLOGIA E CONTROLE DE FORMIGAS URBANAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) | 175 |
| Odair Correa Bueno | |
| Mariposas diurnas (Lepidoptera) en ambientes urbanos latinoamericanos | 177 |
| Lorena Ramírez Restrepo | |
| <i>ESPECIES INVASORAS</i> | 178 |
| Manejo y ecología de el psílido asiático de los cítricos en Florida (EUA) | 179 |
| Alejandro A. Calixto, Ph.D. Michael E. Rogers Ph..D | |
| <i>Digitontophagus gazella</i> : Especie introducida naturalizada en los sistemas ganaderos del valle del río Cesar | 181 |

| | |
|---|------|
| Carolina Giraldo, Santiago Montoya-Molina, Federico Escobar, Julián Chará, Cecilia Díaz-Castelazo & James Montoya-Lerma | |
| Insectos adventicios (invasores y no invasores) recientes en Colombia..... | 183 |
| Takumasa Kondo | |
| New threats for Colombian agriculture. | 186 |
| Bernhard Löhner | |
| <i>HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS</i> | 187 |
| Comportamento alimentar em formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) | 188 |
| Odair Correa Bueno | |
| Meta-análisis de los efectos de las hormigas cortadoras de hojas sobre la fertilidad del suelo y el desempeño de las plantas..... | 191 |
| Alejandro Farji-Brener | |
| Hormigas cortadoras de hojas en Panamá: que dicen los agricultores, y que hacen las hormigas..... | 193 |
| Hermógenes Fernández-Marín | |
| <i>ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS</i> | 194 |
| ¿How to assess environmental impacts of GM plants on non-target organisms?..... | 195 |
| Dr. Nora Eckermann | |
| Cultivos biotecnológicos una táctica de manejo más para nuestros agricultores | 196 |
| Jairo Rodríguez Ch. | |
| Evaluación de efectos adversos ocasionados por OGM en organismos no blanco de países megadiversos. | 201 |
| Ana Wegier, Alejandro Ponce-Mendoza, Marina Benítez, Rebeca Velázquez, Atsiry López, Valeria Alavez. | |
| <i>TAXONOMIA</i> | 205 |
| Grandes grupos—grandes retos: Taxonomía de Reduviidae y Miridae en Colombia (Hemiptera: Heteroptera)..... | 2056 |
| Dimitri Forero, Ph.D. | |
| Psocodea: ‘Psocoptera’, un ejemplo de desconocimiento de la biodiversidad neotropical en Colombia. | 2089 |
| Ranulfo González Obando, Alfonso Neri García Aldrete | |
| Un análisis filogenético de las escamas blandas (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) | 2145 |
| Takumasa Kondo y Lyn Cook | |
| Riqueza y distribución de Plecoptera (Insecta) en Colombia | 2167 |
| María del Carmen Zúñiga | |

CONFERENCIAS

PSÓCIDOS: PLAGAS DE CRECIENTE INTERÉS EN PRODUCTOS ALMACENADOS

John Diaz-Montano

USDA-ARS, Center for Grain and Animal Health Research, Stored Product Insect, Research Unit, Manhattan, KS 66502 USA. Correo de correspondencia: john.diaz-montano@ars.usda.gov

Muchas especies de psócidios del género *Liposcelis* se han convertido en plagas de importancia mundial de diversos productos almacenados. *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae) es considerada la especie más diseminada del género *Liposcelis* (Mills *et al.* 1992, Turner 1994). Otras especies de psócidios importantes son *L. entomophila* (Enderlein), *L. paeta* Pearman and *L. decolor* Pearman. Estos insectos de tamaño pequeño (adultos miden ~1 mm de largo), con cuerpo blando y sin alas pueden ser importantes plagas de varios productos de alimentos almacenados (Turner 1994, Athanassiou *et al.* 2010b) debido a que pueden causar significativa reducción en el peso y calidad de granos como arroz, *Oryza sativa* L. (Rees and Walker 1990) y trigo, *Triticum aestivum* L. (Kučerová 2002). Los psócidios surgieron como plagas de creciente interés en productos de grano almacenado en Australia (Rees 1994), Asia (Leong and Ho 1994), Europa (Turner 1994), y Canada (Mills *et al.* 1992) en los años noventa, y luego en los Estados Unidos en la década del 2000 (Throne 2010, Phillips and Throne 2010). Los psócidios también han sido identificados como plagas caseras. En una encuesta llevada a cabo en hogares del Reino Unido en 1997 (Turner and Bishop 1998) se colocaron trampas con levadura de cerveza en alacenas de las cocinas y se encontraron ocho especies de psócidios, siendo *L. bostrychophila* las más predominante.

Varios factores biológicos como rápido tiempo de desarrollo, alta capacidad reproductiva, longevidad (Wang *et al.* 2000), y sobrevivencia sin comida hasta por 7 semanas (Turner and Maude-Roxby 1988) hacen que el control de los psócidios sea difícil. Además, los insecticidas químicos usados para controlar otros insectos plaga de productos almacenados con frecuencia no son tan efectivos para controlar psócidios (Athanassiou *et al.* 2009). Los psocidos han mostrado resistencia al fumigante fosfina (Nayak *et al.* 1998), a insecticidas de contacto como el carbamato carbaryl (Nayak *et al.* 1998), los piretroides deltametrina (Nayak *et al.* 1998) y esfenvalerato (Opit *et al.* 2012), el organofosforado diclorvos (Ding *et al.* 2002), piretrina (Athanassiou *et al.* 2009), espinosad (Athanassiou *et al.* 2009), y el regulador de crecimiento de insectos metoprene (Athanassiou *et al.* 2010a). Por la información previamente suministrada es evidente que los psócidios son plagas de granos almacenados con creciente importancia económica.

La investigación en psócidios del USDA-ARS-Center for Grain and Animal Health Research (CGAHR), Stored Product Insect Research Unit (SPIRU) en Manhattan, Kansas y otros investigadores alrededor del mundo comenzó en los años noventa pero principalmente en la década del 2000, y ha incluido investigación sobre el crecimiento y desarrollo de varias especies de psócidios en diferentes temperaturas (Rees and Walker 1990, Tang *et al.* 2008,

Wang *et al.* 2009), crecimiento de poblaciones de especies de psócidos en diferentes granos (Athanassiou *et al.* 2010b), métodos de muestreo (Opit *et al.* 2009), efectividad de insecticidas (Athanassiou *et al.* 2009, 2010a), tolerancia a temperaturas altas (Beckett and Morton 2003) y el efecto del medio atmosférico controlado (Ding *et al.* 2002) entre otros.

La actual investigación en el USDA-ARS-CGAHR-SPIRU está centrada en dos áreas críticas que tienen como objetivo encontrar métodos apropiados para controlar y monitorear los psócidos. Inicialmente se está evaluando las respuestas de los psócidos a varios atrayentes potenciales (Diaz-Montano *et al.* 2014). Una evaluación sistemática de diferentes atrayentes es necesaria para determinar que materiales son más efectivos para luego incorporarlos en trampas de psócidos que puedan ser usadas en instalaciones de procesamiento y de almacenamiento de granos. Estas trampas pueden ser usadas para la captura masiva de psócidos y/o monitoreo del nivel de infestación de los psócidos. Subsecuentemente, la distribución de los psocidos en diferentes gradientes de temperaturas (Throne and Flinn 2013) y humedad está siendo evaluada. El conocimiento de las temperaturas y condiciones de humedad ideales y perjudiciales para el desarrollo de los psócidos es crítico para determinar sus preferencias ecológicas, lo cual puede ayudar a tomar decisiones en el manejo de esta plaga.

BIBLIOGRAFÍA.

ATHANASSIOU, C. G., ARTHUR, F. H. THRONE, J. E. 2009. Efficacy of grain protectants against four psocid species on maize, rice and wheat. *Pest Manag. Sci.* 65: 1140-1146.

ATHANASSIOU, C. G., ARTHUR, F. H. THRONE, J. E. 2010a. Efficacy of methoprene for control of five species of psocids (Psocoptera) on wheat, rice, and maize. *J. Food Prot.* 73: 2244-2249.

ATHANASSIOU, C. G., OPIT, G. P. THRONE, J. E.. 2010b. Influence of commodity type, percentage of cracked kernels, and wheat class on population growth of stored-product psocids (Psocoptera: Liposcelidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 985-990.

BECKETT, S. J. MORTON, R. 2003. The mortality of three species of Psocoptera, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel, *Liposcelis decolor* Pearman and *Liposcelis paeta* Pearman, at moderately elevated temperatures. *J. Stored Prod. Res.* 39: 103-115.

IAZ-MONTANO, J. CAMPBELL, J. F. PHILLIPS, T. W. THRONE, J. E. 2014. Evaluation of potential attractants for *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae). *J. Econ. Entomol.* 107: 867-874.

DING, W. WANG, J. J. ZHAO, Z. M. TSAI, J. H. 2002. Effects of controlled atmosphere and DDVP on population growth and resistance development by the psocid, *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae). *J. Stored Prod. Res.* 38: 229-237.

KUČEROVÁ, Z. 2002. Weight losses of wheat grains caused by psocid infestation (*Liposcelis bostrychophila*: Liposcelididae: Psocoptera). *Plant Prot. Sci.* 38: 103-107.

- LEONG, E.C.W. HO, S. H. 1994.** Relative tolerance of *Liposcelis bostrychophila* (Bad.) and *L. entomophila* (End.) to some organophosphorus and carbamate insecticides. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 15: 343-349.
- MILLS, J. T. SINHA, R. N. DEMIANYK, C. J. 1992.** Feeding and multiplication of a psocid *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelidae) on wheat, grain screenings, and fungi. *J. Econ. Entomol.* 85: 1453-1462.
- NAYAK, M. K. COLLINS, P. J. REID, S. R. 1998.** Efficacy of grain protectants and phosphine against *Liposcelis bostrychophila*, *L. entomophila*, and *L. paeta* (Psocoptera: Liposcelidae). *J. Econ. Entomol.* 91: 1208-1212.
- OPIT, G. P. THRONE, J. E. FLINN, P. W. 2009.** Evaluation of five sampling methods for the psocids *Liposcelis entomophila* and *L. decolor* (Psocoptera: Liposcelidae) in steel bins containing wheat. *J. Econ. Entomol.* 102: 1377-1382.
- OPIT, G. P. ARTHUR, F. H. THRONE, J. E. PAYTON, M. E. 2012.** Susceptibility of stored-product psocids to aerosol insecticides. *J. Insect Sci.* 12: 1-14.
- PHILLIPS, T. W. THRONE, J. E. 2010.** Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annu. Rev. Entomol.* 55: 375-397.
- REES, D. 1994.** Distribution and status of psocoptera infesting stored products in Australia, pp. 583-587. *In* E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ (eds.), *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia.* CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- REES, D. P., WALKER, A. J. 1990.** The effect of temperature and relative humidity on population growth of three *Liposcelis* species (Psocoptera: Liposcelidae) infesting stored products in tropical countries. *Bull. Entomol. Res.* 80: 353-358.
- TANG, P. A., WANG, J. J. HE, Y. JIANG, H. B., WANG. Z. Y. 2008.** Development, Survival, and Reproduction of the Psocid *Liposcelis decolor* (Psocoptera: Liposcelidae) at Constant Temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101: 1017-1025.
- THRONE, J. E. 2010.** Overview of North American stored product research, pp. 42-49. *In* M. O. Carvalho, P. G. Fields, C. S. Adler, F. H. Arthur, C. G. Athanassiou, J. F. Campbell, F. Fleurat-Lessard, P. W. Flinn, R. J. Hodges, A. A. Isikber, S. Navarro, R. T. Noyes, J. Riudavets, K. K. Sinha, G. R. Thorpe, B. H. Timlick, P. Trematerra, and N.D.G. White (eds.), *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June to 2 July 2010, Estoril, Portugal.* Julius Kühn-Institut, Berlin, Germany.
- THRONE, J. E. FLINN, P. W. 2013.** Distribution of psocids (Psocoptera) in temperature gradients in stored wheat. *J. Stored Prod. Res.* 55: 27-31.
- TURNER, B. D. 1994.** *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelidae), a stored food pest in the UK. *Int. J. Pest Manag.* 40: 179-190.

TURNER, B. D. MAUDE-ROXBY, H. 1988. Starvation survival of the stored product pest *Liposcelis bostrychophilus* Badonnel (Psocoptera: Liposcelidae). J. Stored Prod. Res. 24: 23-28.

TURNER, B. D. BISHOP, J. 1998. An analysis of the incidence of psocids in domestic kitchens: the PPFA 1997 household survey (What's bugging your kitchen). Environ. Health J. 106: 310-314.

WANG J. J. TSAI, J. H. ZHAO, Z. M. LI, L. S.. 2000. Development and reproduction of the psocid *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae) as a function of temperature. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 261-270.

WANG J. J. REN, Y. WEI, X. Q. DOU. W. 2009. DEVELOPMENT, Survival, and Reproduction of the Psocid *Liposcelis paeta* (Psocoptera: Liposcelididae) as a Function of Temperature. J. Econ. Entomol. 102: 1705-1713.

¿PLANTAS TRANSGÊNICAS RESISTENTES A INSETOS: ONDE ESTAMOS E ATÉ ONDE VAMOS?

Eliseu José Guedes Pereira¹ & Oscar Fernando Santos Amaya²

¹Eng. Agr., Ph. D. em Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 36570-000, Brasil. E-mail: eliseu.pereira@ufv.br ou ejgpereira@gmail.com. ²Eng. Agr., Doutorando em Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 36570-000, Brasil. E-mail: oscar.amaya@ufv.br ou santosamaya@gmail.com.

Embora o uso de cultivares de plantas resistentes a insetos-praga há muito tempo é considerado um método de controle populacional importante no Manejo de Integrado de Pragas (MIP), a aplicação da tecnologia do DNA recombinante para produzir plantas transgênicas resistentes a insetos alterou a forma como insetos-praga são manejados em uma escala sem precedentes desde a introdução dos inseticidas sintéticos na década de 1950. O uso de biotecnologia para transformação genética e melhoramento de plantas permite obter cultivares transgênicos altamente produtivos em tempo relativamente curto, os quais podem apresentar características que conferem não apenas resistência a insetos e patógenos, mas também tolerância a herbicidas.

As primeiras plantas transgênicas resistentes a insetos foram obtidas em 1987 com a inserção de genes da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) em plantas de fumo e tomate. Desde então, genes de *Bt* tem sido transferidos a muitas outras plantas cultivadas, principalmente algodão e milho, cujos cultivares *Bt* são plantados em mais de 66 milhões de hectares em quase todo o mundo. Esses genes de *Bt* inseridos nas plantas codificam expressão de proteína inseticida (ou toxina) contra algumas espécies de lagartas (Lepidoptera) ou contra larvas de alguns besouros (*Diabrotica* spp., Coleoptera: Chrysomelidae).

As toxinas de *Bt* produzidas nas plantas transgênicas são altamente específicas para os insetos-alvo, apresentando ação inseticida a um número limitado de espécies. Além disso, essas toxinas não são tóxicas para organismos não-alvos (seres humanos, animais vertebrados e plantas) e são biodegradáveis. Dessa forma, os cultivos transgênicos *Bt* têm sido considerados uma tecnologia segura, eficaz e econômica para manejo de pragas na agricultura. Entretanto, esta tecnologia precisa ser empregada sob os princípios do MIP, principalmente em regiões tropicais, onde depende do uso integrado de outras táticas de manejo de pragas, incluindo uso de controle cultural e de inseticidas convencionais.

Evolução de resistência de insetos a plantas *Bt* é um problema sério que pode inviabilizar o uso desta importante ferramenta no controle de pragas e já existem alguns casos documentados de resistência de insetos a cultivos *Bt* no campo. Para manejar a resistência a plantas *Bt* é preciso compreendê-la, sendo que por meio da pesquisa científica são elaboradas estratégias e táticas. Entretanto, o desafio é a implementação das práticas de manejo da resistência, para a qual é preciso esforço conjunto de toda cadeia produtiva: fornecedores da tecnologia, revendedores, usuários (produtores) e demais setores da sociedade, tais como instituições de pesquisa, associações de produtores, entre outros.

As plantas *Bt* dominam o mercado comercial de hoje para as culturas transgênicas resistentes a insetos. No entanto, nem todas as pragas são suscetíveis às toxinas de *Bt* e existem preocupações de que populações das espécies suscetíveis a *Bt* podem evoluir para se tornar resistente a estas culturas. A busca de alternativas é um bom caminho, com progressos significativos já alcançados no sentido de produzir culturas transgênicas expressando compostos inseticidas de plantas. Novos tipos de proteínas de *B. thuringiensis*, tais como as proteínas inseticidas vegetativas e proteínas quiméricas também estão sendo explorados. Numa fase inicial de desenvolvimento mas atraindo muito interesse de pesquisa estão outros compostos inseticidas provenientes de bactérias, vírus, plantas e artrópodes. Proteínas de fusão, combinando características de diferentes proteínas inseticidas têm um potencial significativo para estender o espectro de espécies de insetos-praga que podem ser controladas por plantas transgênicas. No futuro, engenharia metabólica de plantas poderia nos permitir alterar com precisão formas em que as plantas e insetos interagem e apesar da complexidade do metabolismo secundário de plantas, importantes avanços têm sido obtidos. Além disso, silenciamento da expressão de genes específicos de insetos com RNA de interferência (RNAi) expresso por plantas transgênicas tem demonstrado oferecer proteção contra algumas pragas, abrindo caminho para uma nova geração de culturas resistentes a insetos. A compatibilidade destas novas estratégias de controle de insetos com organismos não-alvo e o manejo integrado de pragas deve ser avaliada sob a ótica de custo/benefício antes da liberação comercial.

Palavras-chave: Resistência de plantas, transformação genética, genes de *Bacillus thuringiensis*, proteínas inseticidas, manejo de resistência, novas estratégias de transgenia, engenharia metabólica, RNAi, análise de custo/benefício.

PARASITOIDES ASOCIADOS A LAS HORMIGAS NEOTROPICALES DEL GÉNERO *Ectatomma* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE: ECTATOMMINAE)

Jean-Paul Lachaud¹ y Gabriela Perez-Lachaud²

¹Doctor, El Colegio de la Frontera Sur, Conservación de la Biodiversidad, Avenida Centenario Km 5.5, Chetumal 77014, Quintana Roo, Mexico, jlachaud@ecosur.mx – Centre de Recherches sur la Cognition Animale, UMR-CNRS 5169, Université de Toulouse, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 09, France. Correo de correspondencia: jean-paul.lachaud@univ-tlse3.fr ²Doctora, ECOSUR, Conservación de la Biodiversidad, Chetumal, igperez@ecosur.mx.

RESUMEN. Aunque la diversidad de las asociaciones reportadas entre hormigas e invertebrados mirmecófilos sea asombrosa, los ejemplos de parasitoidismo resultan escasos y, generalmente, han sido pobremente documentados sobre todo cuando se trata de particularizar hacia grupos de hormigas con pocas especies. En esta revisión sobre el parasitoidismo de especies del género neotropical *Ectatomma* F. Smith, identificamos 18 asociaciones que involucran por lo menos 14 taxa de parasitoides, distribuidos en tres familias de dos clases de invertebrados, y cinco de las 15 especies válidas de *Ectatomma*. Considerando el número muy reducido de especies de *Ectatomma* y la falta de estudios dedicados a sus parásitos y parasitoides, los datos disponibles sugieren que, a pesar de su dieta carnívora y de la agresividad característica de sus obreras, la diversidad de estas asociaciones podría ser mucho más importante de lo esperado hasta el momento. Hacemos énfasis sobre la urgencia de realizar inventarios más finos y enfocados sobre estas asociaciones, no únicamente para el género *Ectatomma* sino, de manera más general, para todas las Ectatomminae y las hormigas poneromorfas.

Palabras clave: Parasitoidismo. Phoridae. Eucharitidae. Mermithidae. Inventario.

INTRODUCCIÓN. Aunque el periodo que abarca fines del siglo XIX y principios del siglo XX haya sido prolijo en estudios sobre la fauna asociada a los insectos sociales, y a las hormigas en particular (ver las revisiones por Wheeler 1910; Wilson 1971; Kistner 1982; Hölldobler y Wilson 1990; Schmid-Hempel 1998), pocos investigadores se han enfocado al estudio de la diversidad de los parasitoides de hormigas. Además, en muchas ocasiones, la naturaleza exacta de la asociación permanece ambigua y no permite determinar si el reporte corresponde verdaderamente a un caso de parasitoidismo directo (primario) o si se trata más bien de una asociación indirecta (interferencia), a través del parasitismo primario de otros huéspedes que se pueden encontrar en las colonias de hormigas o relacionados con ellas (mirmecófilos). Un inventario reciente de la literatura entre 1852 y 2011 sobre la diversidad de los himenópteros parasitoides asociados a las hormigas (Lachaud y Pérez-Lachaud 2012) muestra que de un total de más de 500 especies inicialmente consideradas como parasitoides, sólo una fracción (138 especies) correspondía realmente a esa categoría. Sin embargo, es preciso hacer notar que estos datos consideraron la totalidad de la familia Formicidae, con 15680 especies y subespecies válidas distribuidas en 21 subfamilias modernas de tamaño muy variable (Bolton 2003; AntWeb), y la falta de información confiable se hace mucho más patente cuando uno se

enfoca sobre los parasitoides asociados a algunas subfamilias o algunos géneros de hormigas que cuentan con pocas especies.

El género de hormigas neotropical *Ectatomma* F. Smith, conformado por sólo 15 especies válidas, ilustra perfectamente bien esta situación. Todas las especies de este género son depredadoras generalistas y oportunistas (Brown 1958; Fernández 1991; Arias-Penna 2008), que cazan presas o

colectan cadáveres pertenecientes a una gran variedad de taxa (esencialmente invertebrados), y que aprovechan también de diferentes fuentes azucaradas. Debido a su acción depredadora sobre una gran variedad de insectos que incluyen numerosas plagas de cultivos importantes como el algodón, el maíz, el café y el cacao, algunas especies como *E. ruidum* y *E. tuberculatum* han sido consideradas por varios autores como posibles agentes de control biológico (Cook 1905; Weber 1946; Perfecto 1991; Lachaud *et al.* 1996; Ibarra-Núñez *et al.* 2001). Al igual que para la mayoría de las hormigas de las subfamilias incluidas en el grupo de las poneromorfas y también aquellas de los otros géneros de Ectatomminae, su dieta carnívora y la agresividad de sus obreras ha hecho que el número de invertebrados asociados a las especies del género *Ectatomma* haya sido siempre considerado *a priori* como muy reducido (Cook 1905; Hölldobler y Wilson 1990). Sin embargo, la mayoría de las especies de este género han sido muy poco documentadas: datos finos sobre su biología se conocen sólo para unas cuantas especies y, en gran parte, fueron obtenidos solamente en los últimos 15 años. Esta situación nos impulsó a revisar los datos actualmente disponibles en relación con el tamaño real y la diversidad de la fauna de parasitoides asociada al género *Ectatomma*.

Listado de los parasitoides conocidos de *Ectatomma*

En esta revisión, consideramos únicamente los reportes de parasitoidismo para los cuales el parasitismo ha sido claramente establecido o, por lo menos, parece altamente probable. Utilizamos el término de “parasitoide” tal como lo define Reuter (1913): se aplica a todos los organismos para los cuales los estadios juveniles parasitan a un solo individuo hospedero, el cual consumen, mientras que el parasitoide adulto es de vida libre. En general, las hembras parasitoides oviponen sobre o dentro del cuerpo de su hospedero y uno o varios individuos pueden desarrollarse sobre un mismo hospedero. Cualquier estado de desarrollo del hospedero (huevo, larva, ninfa, o adulto) es susceptible de ser atacado, aunque la mayoría de los parasitoides presentan una preferencia por un estado en particular (Godfray 1994). Generalmente también, la larva del parasitoide mata gradualmente a su hospedero mientras se alimenta de sus tejidos (Godfray 1994) o justo al momento de emerger, como es el caso para los nemátodos (Poinar 2012). En algunos otros ejemplos, el parasitoide sólo esteriliza a su hospedero, como ocurre en los ataques por parte de los strepsípteros (Kathirithamby 2009), o bien puede permitir el desarrollo incompleto del hospedero (cuando éste es de gran tamaño en comparación con el parasitoide), el cual queda deforme y poco viable (Wheeler 1907). Tomando en cuenta estas restricciones, se encontraron en total 18 asociaciones con especies del género *Ectatomma*, involucrando parasitoides de dos clases de invertebrados que pertenecen por lo menos a 14 taxa (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de los invertebrados parasitoides asociados a las hormigas del género *Ectatomma*. (a): parasitoidismo primario comprobado; (b): parasitoidismo altamente probable, aunque poco frecuente; (c): parasitoidismo dudoso.

| Associated species | Host(s) | References |
|-------------------------------------|------------------------|------------|
| Diptera | | |
| Phoridae | | |
| Phorinae | | |
| <i>Apocephalus catholicus</i> Brown | <i>E. goninion</i> (b) | Brown 2000 |

| | | | |
|-----------|------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | <i>Apocephalus comosus</i> Brown | (b) | Brown 2000 |
| | <i>Apocephalus glabriventris</i> | | |
| Brown | | <i>E. ruidum</i> (b) | Brown 2000 |
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | <i>Apocephalus lobicauda</i> Brown | (b) | Brown 2000 |
| | <i>Apocephalus paraponerae</i> | | |
| Borgmeier | | <i>E. lugens</i> (b) | Brown 2000 |
| | | <i>E. ruidum</i> (b) | Morehead y Feener 2000 |
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | | (a) | Brown y Feener 1991; Brown 2000 |
| | Especie no identificada | <i>E. brunneum</i> (c) | Lapola <i>et al.</i> 2003 |

Hymenoptera

Eucharitidae

Eucharitinae

| | | | |
|---------|---|------------------------|--|
| | <i>Dicoelothorax platycerus</i> | | |
| Ashmead | | <i>E. brunneum</i> (a) | Torréns y Heraty 2012; Torréns 2013 |
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | <i>Dilocantha lachaudii</i> Heraty | (a) | Heraty 1998; Lachaud <i>et al.</i> 1998 |
| | <i>Galearia latreillei</i> (Guérin-Méneville) | | |
| | | <i>E. brunneum</i> (a) | Torréns 2013 |
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | <i>Isomerala coronata</i> (Weswood) | (a) | Cook 1904, 1905; Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2006b |
| | | | Howard <i>et al.</i> 2001; Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2006a |
| | <i>Kapala iridicolor</i> (Cameron) | <i>E. ruidum</i> (a) | |
| | <i>Kapala izapa</i> Carmichael | <i>E. ruidum</i> (a) | Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2006a |
| | <i>Kapala</i> sp. | <i>E. brunneum</i> (a) | Lachaud <i>et al.</i> 2012a |
| | | <i>E. tuberculatum</i> | |
| | | (a) | Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2006b |

Nematoda (Mermithida)

Mermithidae

Mermithinae

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| <i>Meximermis ectatommi</i> Poinar <i>et al.</i> | <i>E. ruidum</i> (a) | Weber 1946; Poinar <i>et al.</i> 2006 |
| <i>Meximermis</i> sp. | <i>E. tuberculatum</i> (a) | Wheeler 1930; Pérez-Lachaud <i>et al.</i> 2011 |

Diptera: Phoridae: Phorinae

Existen numerosos ejemplos de asociación entre dípteros y hormigas que conciernen más de 20 familias de dípteros involucradas en una amplia gama de relaciones facultativas u obligadas con las hormigas, que comprenden: detritófagos entre su basura, ladrones de sus recursos alimenticios (cleptoparasitismo), depredadores sobre los adultos o su cría, o bien que actúan como parasitoides de los adultos o de la cría (Hölldobler y Wilson 1990; Feener y Brown 1997; Pérez-Lachaud *et al.* 2014). Sin embargo los casos de parasitoidismo primario son relativamente escasos y se restringen a sólo tres familias: una sola especie de Tachinidae, *Strongylogaster globula* (Meigen), endoparásitoide de las reinas fundadoras de diferentes especies de *Lasius* Fabricius (Gösswald 1950); una especie, única también, de Syrphidae de la subfamilia Microdontinae, *Hypselosyrphus trigonus* Hull, ectoparásitoide de las prepupas de la ponerina arborícola *Pachycondyla villosa* Fabricius (Pérez-Lachaud *et al.* 2014); y varias especies de diferentes géneros de Phoridae (*Allochaeta* Borgmeier, *Apocephalus* Coquillet, *Apodicrania* Borgmeier, *Brachycephaloptera* Borgmeier, *Cremersia* Schmitz, *Dacnophora* Borgmeier, *Diocophora* Borgmeier, *Eibesfeldtphora* Disney, *Megaselia* Rondani, *Menoziola* Schmitz, *Myrmosicarius* Borgmeier, *Neodohrniphora* Malloch, *Pseudacteon* Coquillet, *Puliciphora* Dahl, *Rhyncophoromyia* Malloch, *Xanionotum* Brues), todas ellas parasitoides de obreras adultas (Feener y Brown 1997; Brown y Feener 1998; Brown *et al.* 2012; Folgarait 2013).

Ocho asociaciones con el género *Ectatomma* han sido reportadas (Tabla 1), involucrando cinco o seis especies de fóridos y cinco de *Ectatomma* (*E. brunneum*, *E. goninion*, *E. lugens*, *E. ruidum*, *E. tuberculatum*). Cinco de las especies de fóridos encontradas asociadas a las *Ectatomma* pertenecen al género *Apocephalus*, y es muy probable que eso sea también el caso para la sexta especie, aun no identificada, asociada a *E. brunneum*. En el género *Apocephalus*, todas las especies son parasitoides, esencialmente de hormigas. Las hembras pueden parasitar las obreras activas fuera del nido; en tal caso el hospedero permanece vivo durante el desarrollo larvario que ocurre dentro de su capsula cefálica y es lento, y la hormiga es decapitada al momento de la emergencia. En la mayoría de los ejemplos, sin embargo, las hembras de *Apocephalus* son atraídas por las feromonas de alarma y por ciertos compuestos químicos liberados por obreras lastimadas, a punto de morir, o recién muertas, sobre las cuales oviponen; el desarrollo en este caso es mucho más rápido, las larvas abandonan al hospedero después de 4-5 días y la pupación ocurre en el suelo (Feener y Brown 1997).

Para casi todas las especies reportadas aquí (*A. catholicus*, *A. comosus*, *A. glabriventris*, y *A. lobicauda*), sólo la atracción por parte del potencial hospedero lastimado y algunas tentativas de ovipostura han sido observadas, pero faltan evidencias directas de la presencia de los huevos sobre el hospedero y del desarrollo de las moscas hasta el estado adulto. En el caso de la especie no identificada asociada a *E.*

brunneum, tampoco se tienen evidencias directas del parasitoidismo y éste parece aún menos seguro debido a que las moscas fueron encontradas aparentemente libres en una recámara profunda dentro del nido (Lapola *et al.* 2003), lo que sugiere más bien un comportamiento detritívoro o, tal vez, depredador. El único caso de parasitoidismo verdaderamente confiable es el de *A. paraponerae* atacando *E. tuberculatum*, para el cual la ovipostura de varios huevos (1.13 por hospedero en promedio) y el desarrollo, por lo menos hasta el estadio de larva, han sido comprobados (Brown 2000). Aunque el hospedero preferencial de *A. paraponerae* sea *Paraponera clavata* Fabricius (Brown y Feener 1991), las hembras pueden atacar otras hormigas como *E. tuberculatum*, *E. ruidum*, y diferentes especies de *Pachycondyla*. Brown (2000) señala que en la Península de Osa, en Costa Rica, este fórido puede realmente sobrevivir exclusivamente sobre *E. tuberculatum* puesto que *P. clavata* no está presente en esa región. Sin embargo, los trabajos más recientes sobre estas asociaciones (Morehead *et al.* 2001), basados sobre algunas características conductuales y diferencias de tamaño, sugieren que las poblaciones de *A. paraponerae* que atacan *P. clavata* y *E. tuberculatum* podrían pertenecer en realidad a razas o tal vez a especies crípticas diferentes.

Hymenoptera: Eucharitidae, Eucharitinae

Las avispas actualmente reconocidas como parasitoides primarios de hormigas pertenecen a nueve familias: Chalcididae, Encyrtidae, Eucharitidae, Eulophidae, Eurytomidae y Perilampidae (Chalcidoidea); Diapriidae (Diaprioidea); Braconidae e Ichneumonidae (Ichneumonoidea) (Hölldobler y Wilson 1990; Schmid-Hempel 1998; Lachaud y Pérez-Lachaud 2012; Pérez-Lachaud *et al.* 2012). Todas las especies de Eucharitidae son parasitoides exclusivos de larvas o ninfas de diversas especies de hormigas y presentan un ciclo de vida altamente modificado (Clausen 1941; Heraty 2002; Lachaud y Pérez-Lachaud 2012). A diferencia de la mayoría de los otros himenópteros parasitoides, no depositan sus huevecillos sobre, dentro o muy cerca de su hospedero sino a distancia de éste. Las hembras oviponen sobre o dentro del tejido de ciertas plantas y es el primer estadio larval, muy móvil, denominado “*planidium*” quien busca activamente a su huésped, aprovechando de las obreras de hormigas que llegan a forrajear para anclarse sobre ellas y dejarse transportar por “foresis” (Carey *et al.* 2012) hacia el interior del nido, donde se traslada sobre una larva y espera hasta la pupación del huésped para alimentarse y empezar a desarrollarse (Clausen 1941; Heraty 2002; Pérez-Lachaud *et al.* 2006a). Generalmente sólo un parasitoide se desarrolla por hospedero, pero ocasionalmente dos, tres, o cuatro individuos pueden desarrollarse a partir de una misma pupa (Pérez-Lachaud *et al.* 2006a; Lachaud y Pérez-Lachaud 2009; Pérez-lachaud *et al.* 2010), aunque el número de *planidia* observado sobre las larvas puede llegar hasta 11 (Pérez-lachaud *et al.* 2010). Después de la emergencia, los adultos tienen que aprovechar de las pocas horas durante las cuales su hospedero demuestra una agresividad muy baja en su contra para tratar de escapar del nido (Vander Meer *et al.* 1989; Lachaud *et al.* 1998; Pérez-Lachaud *et al.* en preparación), puesto que el apareamiento ocurre fuera del nido sobre las plantas situadas en los alrededores (Clausen 1941; Johnson *et al.* 1986; Pérez-Lachaud *et al.* 2006a).

Hasta el momento, se conocen ocho asociaciones con especies del género *Ectatomma* (Tabla 1) involucrando siete o, probablemente, ocho especies de eucarítidos, todas de la subfamilia Eucharitinae, y tan sólo tres especies de *Ectatomma* (*E. brunneum*, *E. ruidum*, *E. tuberculatum*). Esta subfamilia Eucharitinae incluye numerosos géneros y especies de parasitoides de las pupas de Ponerinae y de Ectatomminae (Lachaud y Pérez-Lachaud 2012). Dentro de éstas, las del género *Kapala* son las más comúnmente colectadas (Lachaud *et al.* 2012a), pero su taxonomía es delicada y pocas especies han sido identificadas con seguridad debido a una variación morfológica muy importante, tanto dentro de una misma especie como entre especies diferentes (Heraty y Woolley 1993). Aunque la especificidad por un hospedero en particular, por lo menos a nivel de género, sea generalmente considerada como

una característica relativamente estable de los parasitoides (Godfray 1994; Schmid-Hempel 1998), incluso para los eucarítidos (Heraty 2002), es muy notable que algunas especies de esta última familia sean capaces de atacar diversos hospederos pertenecientes a géneros distintos y alejados filogenéticamente como es el caso de *Kapala iridicolor* quien parasita no solamente *E. ruidum* sino también otras tres Ectatomminae (*Gnamptogenys regularis* Mayr, *G. striatula* Mayr, *G. sulcata* (F. Smith)), y una Ponerinae (*Pachycondyla stigma* (Fabricius)) (Pérez-Lachaud *et al.* 2006a).

Otro aspecto de interés en lo que concierne las especies asociadas al género *Ectatomma* es el parasitoidismo co-ocurrente, es decir el ataque por diferentes especies de parasitoides de una misma población del hospedero, que se ha descrito para *E. ruidum* (parasitado por dos especies del mismo género: *Kapala iridicolor* y *K. Izapa*) (Pérez-Lachaud *et al.* 2006a; Lachaud y Pérez-Lachaud 2009) y *E. tuberculatum* (parasitado por tres especies de géneros diferentes: *Dilocantha lachaudii*, *Isomerala coronata* y *Kapala sp.*) (Pérez-Lachaud *et al.* 2006b, 2010). *Ectatomma brunneum* es también parasitado por tres especies de géneros diferentes: *Dicoelothorax platycerus*, *Galearia latreillei* y *Kapala sp.*, aunque en poblaciones diferentes (Lachaud *et al.* 2012a; Torréns 2013) Para *E. tuberculatum*, se ha reportado además el único ejemplo de multiparasitismo (desarrollo simultáneo en un mismo individuo hospedero de dos o más especies de parasitoides, ver Quicke 1997) conocido para los eucarítidos (Pérez-Lachaud *et al.* 2006b, 2010).

En las asociaciones con eucarítidos más estudiadas hasta el momento por su posible impacto económico, las cuales involucran a *E. ruidum*, a *E. tuberculatum* y a varias especies de *Orasema*, el grado de parasitismo observado es muy variable y muy localizado en cuanto al periodo del año y a los parches en los cuales ocurre (Lachaud y Pérez-Lachaud 2009; Pérez-Lachaud *et al.* 2010; Varone *et al.* 2010). A pesar de una prevalencia local que puede ser ocasionalmente muy alta, el impacto sobre las poblaciones de sus hospederos a un nivel más global parece muy reducido, lo que sugiere que los eucarítidos no tienen una influencia muy importante sobre la dinámica poblacional de sus hospederos aunque la puedan tener a un nivel local (Lachaud y Pérez-Lachaud 2012).

Nematoda: Mermithidae

Con una estimación de hasta 10 millones de especies (Poinar 2011), la diversidad de los nemátodos es asombrosa y sobrepasa en mucho la diversidad de los dípteros o de los himenópteros. En una revisión reciente los ejemplos de asociación con hormigas Poinar (2012) enumera una lista de 10 familias involucradas: Allantonematidae, Diplogastridae, Heterorhabditidae, Mermithidae, Panagrolaimidae, Physalopteridae, Rhabditidae, Seuratidae, Steinernematidae, y Tetradonematidae. De estas familias, la más conocida es la de los Mermithidae cuyos miembros presentan una especificidad relativamente importante hacia su hospedero. El ciclo de vida puede seguir dos vías: directa cuando todo el desarrollo, desde el estadio infeccioso (que ocurre después de la eclosión del huevo) hasta la emergencia fuera del hospedero, se realiza en un mismo hospedero; o indirecta cuando el estadio infeccioso no emerge inmediatamente del huevo sino se enquistas y entra en diapausa dentro de un hospedero intermediario (paraténico) antes de infectar al hospedero definitivo. Cuando el crecimiento del nemátodo se ha completado, la fase final implica la manipulación del comportamiento del hospedero quien se dirige hacia un hábitat acuático o semiacuático el cual permite al estadio juvenil post-parasítico salir de su hospedero, generalmente después del estallido del abdomen y la muerte del hospedero, y realizar su última muda en un hábitat favorable para llegar al estado adulto. Generalmente, el parasitismo por nemátodos se traduce por un aumento notable del tamaño del abdomen de la hormiga hospedera y, muchas veces, se acompaña de modificaciones morfológicas más o menos importantes según la especie afectada (deformación de la cabeza y/o del tórax, aparición de ocelos, etc.), que pueden llevar a la formación de intercastas (Wheeler 1907; Passera 1976).

Hasta el momento, se conocen solamente dos asociaciones con el género *Ectatomma* (Tabla 1) las cuales involucran dos especies de nemátodos de la familia Mermithidae, y dos especies de *Ectatomma* (*E. ruidum*, *E. tuberculatum*). El primer reporte sobre la presencia de un nemátodo en una *Ectatomma* se debe aparentemente a Emery (1890) quien menciona, dentro de su colección, a una obrera de *E. tuberculatum* con una cabeza reducida y un abdomen voluminoso. Sin embargo, el primer reporte detallado de obreras mermitizadas de *E. tuberculatum* fue realizado por Wheeler (1930) quien señala también la deformación de la cabeza, más corta y más estrecha, así como de varias otras estructuras como por ejemplo las patas más largas, las mandíbulas más cortas, el tórax más corto y comprimido, y las esculturas cuticulares más finas de la cabeza, pero sin ningún índice de feminización ni de formación de intercastas. Se ha además señalado un efecto de castración reproductiva del nemátodo ya que de las cuatro hembras sin alas de *E. tuberculatum* mermitizadas encontradas en un mismo nido (Pérez-Lachaud *et al.* 2011), ninguna era funcional a nivel reproductivo. En obreras mermitizadas de *E. ruidum*, Weber (1946) señala también algunas deformaciones morfológicas, pero indica que en este caso se deben a una feminización marcada de ciertos caracteres (en particular la presencia de ocelos) que llevan al desarrollo de individuos intermediarios entre obrera y hembra.

Las especies de nemátodos involucradas en estas asociaciones fueron reportadas en ambos casos como *Mermis* sp. (Wheeler 1930; Weber 1946). Sin embargo, estudios más recientes para los cuales los estadios juveniles post-parasíticos pudieron ser criados hasta la última muda, permitieron determinar que se trataba de un nuevo género, *Meximermis* Poinar, Lachaud, Castillo e Infante (Poinar *et al.* 2006; Pérez-Lachaud *et al.* 2011), y determinar la especie asociada a *E. ruidum* como *M. ectatommi* (Poinar *et al.* 2006). En el caso de *E. tuberculatum* sin embargo, sólo hembras adultas fueron obtenidas y en la ausencia de machos la identificación a nivel de especie no fue posible.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

Con la excepción de las especies nómadas, el nido de la mayoría de las especies de hormigas constituye un hábitat relativamente estable que a la vez proporciona una fuente alimenticia y una protección en contra de otros depredadores para una gama amplia de organismos (Kistner 1982; Hölldobler y Wilson 1990; Hughes *et al.* 2008; Lachaud *et al.* 2012b, 2013). Hasta hace poco tiempo sin embargo (ver Wheeler 1910 y autores anteriores hasta Hölldobler y Wilson 1990), se había considerado que las especies con dieta carnívora y obreras provistas de un aguijón y que manifiestan comportamientos agresivos, como es el caso de las *Ectatomma*, no podían propiciar tal tipo de servicios. Por otro lado, se ha considerado también que la abundancia y la diversidad de los organismos mirmecófilos están relacionadas con el tamaño y la longevidad de las colonias y, aunque se desconoce la longevidad de las colonias de *Ectatomma* en situación natural, las especies de este género son conocidas por tener colonias de tamaño reducido: algunas docenas de obreras para la mayoría de las especies y hasta 1200 individuos en *E. tuberculatum* (Lachaud *et al.* 1996) Por lo tanto, se creía que las *Ectatomma* no podían exhibir una fauna mirmecófila importante. Sin embargo, una revisión en proceso (Lachaud y Pérez-Lachaud en preparación) del estado de conocimiento actual sobre la macrofauna asociada al género *Ectatomma* F. Smith parece infirmar tal hecho y los 14 taxa de parasitoides listados en la presente revisión sugieren lo mismo.

Varios estudios han mostrado que los ataques por parasitoides como los fóridos (Feener 2000; Philpott *et al.* 2009) y los eucarítidos (Lachaud y Pérez-Lachaud 2009; Pérez-Lachaud *et al.* 2010), o por patógenos (Keller 1995; Schmid-Hempel 1998; Naug y Camazine 2002) pueden llegar a constituir un factor importante de perturbación capaz de afectar tanto la composición y la dinámica de las comunidades de hormigas así como el fenotipo de las colonias. De las 15 especies de *Ectatomma* reconocidas actualmente, solamente se conocen parasitoides para cinco de ellas; sin embargo,

considerando el carácter casi anecdótico de las menciones sobre *E. goninion* y *E. lugens*, en realidad sólo en tres especies (*E. brunneum*, *E. ruidum* y *E. tuberculatum*) se han efectuado estudios focalizados en este tema. Estas cifras enfatizan la falta de conocimiento sobre las relaciones exactas que existen dentro de numerosas comunidades de hormigas y la necesidad de desarrollar el estudio exhaustivo de su fauna asociada. Considerando los cambios drásticos que sufren varios hábitats y la pérdida dramática de biodiversidad en diferentes zonas del Neotrópico catalogadas como "hot-spots" para la biodiversidad (Guénard *et al.* 2012; Lachaud *et al.* 2012b), es urgente realizar inventarios finos sobre la diversidad de diferentes comunidades de hormigas poco conocidas como las Ectatomminae y las poneromorfas, o como las hormigas arborícolas (Pérez-Lachaud *et al.* 2012, 2013) y algunas otras especies de hábitat muy restringido (Brown *et al.* 2012), consideradas ya en situación crítica. Este objetivo debería volverse una necesidad apremiante para nuestra comunidad.

BIBLIOGRAFÍA.

ANTWEB. <http://www.antweb.org>. Fecha último acceso: 6 mayo 2014.

ARIAS-PENNA, T. M. 2008. Subfamilia Ectatomminae. pp. 53-107. In: Jiménez, E.; Fernández, F.; Arias T. M.; Lozano-Zambrano, F. H. (Eds.). Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C., Colombia. 609 p.

BOLTON, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 71: 1-370.

BROWN, B. V. 2000. Revision of the "*Apocephalus miricauda*-group" of ant-parasitizing flies (Diptera: Phoridae). *Contributions in Science* 482: 1-62.

BROWN, B. V. FEENER JR., D. H. 1991. Behavior and host location cues of *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of the giant tropical ant, *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica* 23: 182-187.

BROWN, B. V. FEENER JR., D. H. 1998. PARASITIC phorid flies (Diptera: Phoridae) associated with army ants (Hymenoptera: Formicidae: Ecitoninae, Dorylinae) and their conservation biology. *Biotropica* 30: 482-487.

BROWN, M. V. BRAGANÇA, M. A. L.; GOMES, D. S.; QUEIROS, J. M. TEIXEIRA, M. C. 2012. Parasitoid phorid flies (Diptera: Phoridae) from the threatened leafcutter ant *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 3385: 33-38.

BROWN JR., W. L. 1958. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 118: 175-362.

CAREY, B.; VISSCHER, K. HERATY, J. 2012. Nectary use for gaining access to an ant host by the parasitoid *Orasema simulatrix* (Hymenoptera, Eucharitidae). *Journal of Hymenoptera Research* 27: 47-65.

CLAUSEN, C. P. 1941. The habits of the Eucharidae. *Psyche* 48: 57-69.

COOK, O. F. 1904. Habits of the Kelep, or Guatemalan cotton-boll-weevil ant. United States Department of Agriculture, Bulletin # 49, 15 p.

COOK, O. F. 1905. The social organization and breeding habits of the cotton-protecting Kelep of

Guatemala. United States Department of Agriculture, Technical Series 10: 1-55.

EMERY, C. 1890. Studii sulle formiche della fauna neotropica. I. Formiche di Costa Rica. Bolletino de la Società Entomologica Italiana 22: 33-80.

FEENER JR., D. H. 2000. Is the assembly of ant communities mediated by parasitoids? *Oikos* 90: 79-88.

FEENER JR., D. H. BROWN, B. V. 1997. Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology* 42: 73-97.

FERNÁNDEZ, F. 1991. Las hormigas cazadoras de género *Ectatomma* (Formicidae: Ponerinae) en Colombia. *Caldasia* 16: 551-564.

FOLGARAIT, P. J. 2013. Leaf-cutter ant parasitoids: current knowledge. *Psyche* 2013, Article ID 539780, 10 p.

GODFRAY, H. C. J. 1994. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 488 p.

GÖSSWALD, K. 1950. Pflege des Ameisenparasiten *Tamiclea globula* Meig. (Dipt.) durch den Wirt mit Bemerkungen über den Stoffwechsel in der parasitierten Ameise. *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen* 1949: 256-264.

GUÉNARD, B. WEISER, M. D. DUNN, R. R. 2012. Global models of ant diversity suggest regions where new discoveries are most likely are under disproportionate deforestation threat. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 109: 7368-7373.

HERATY, J. M. 1998. The genus *Dilocantha* (Hymenoptera: Eucharitidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 100: 72-87.

HERATY, J. M. 2002. A revision of the genera of Eucharitidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of the world. *Memoirs of the American Entomological Institute* 68: 1-367.

HERATY, J. M. WOOLLEY, J. B. 1993. Separate species or polymorphism: a recurring problem in *Kapala* (Hymenoptera: Eucharitidae). *Annals of the Entomological Society of America* 86: 517-531.

HÖLLDOBLER, B. WILSON, E. O. 1990. The ants. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 732 p.

HOWARD, R. W. PEREZ-LACHAUD, G. LACHAUD, J.-P. 2001. Cuticular hydrocarbons of *Kapala sulcifacies* (Hymenoptera: Eucharitidae) and its host, the ponerine ant *Ectatomma ruidum* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 94: 707-716.

HUGHES, D. P. PIERCE, N. E. BOOMSMA, J. J. 2008. Social insect symbionts: evolution in homeostatic fortresses. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 672-677.

IBARRA-NÚÑEZ, G. GARCÍA, J. A. LÓPEZ, J. A. LACHAUD, J.-P. 2001. Prey analysis in the diet of some ponerine ants (Hymenoptera: Formicidae) and web-building spiders (Araneae) in coffee plantations in Chiapas, Mexico. *Sociobiology* 37: 723-755.

- JOHNSON, J. B. MILLER, T. D. HERATY, J. M. MERICKEL, F. W. 1986.** Observations on the biology of two species of *Orasema* (Hymenoptera: Eucharitidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 88: 542-549.
- KATHIRITHAMBY, J. 2009.** Host-parasitoid associations in Strepsiptera. Annual Review of Entomology 54: 227-249.
- KELLER, L. 1995.** Parasites, worker polymorphism, and queen number in social insects. The American Naturalist 145: 842-847.
- KISTNER, D. H. 1982.** The social insects' bestiary. pp. 1-244. In: Hermann, H. R. (Ed.). Social Insects, vol. 3. Academic Press, New York, New York. 459 p.
- LACHAUD, J.-P. PEREZ-LACHAUD, G. 2009.** Impact of natural parasitism by two eucharitid wasps on a potential biocontrol agent ant in southeastern Mexico. Biological Control 48: 92-99.
- LACHAUD, J.-P. PÉREZ-LACHAUD, G. 2012.** Diversity of species and behavior of hymenopteran parasitoids of ants: a review. Psyche 2012, Article ID 134746, 24 p.
- LACHAUD, J.-P. LOPEZ MENDEZ, J. A. SCHATZ, B. DE CARLI, P. BEUGNON, G. 1996.** Comparaison de l'impact de prédation de deux ponérines du genre *Ectatomma* dans un agroécosystème néotropical. Actes des Colloques Insectes Sociaux 10: 67-74.
- LACHAUD, J.-P. PEREZ-LACHAUD, G. HERATY, J. M. 1998.** Parasites associated with the ponerine ant *Ectatomma tuberculatum* (Hymenoptera: Formicidae): First host record for the genus *Dilocantha* (Hymenoptera: Eucharitidae). Florida Entomologist 81: 570-574.
- LACHAUD, J.-P. CERDAN, P. PÉREZ-LACHAUD, G. 2012a.** Poneromorph ants associated with parasitoid wasps of the genus *Kapala* Cameron (Hymenoptera: Eucharitidae) in French Guiana. Psyche 2012, Article ID 393486, 6 p.
- LACHAUD, J.-P. LENOIR, A. WITTE, V. (Eds.) 2012b.** Ants and their parasites. Psyche Special Issue. Hindawi Publishing Corporation, New York, New York. 282 p.
- LACHAUD, J.-P. LENOIR, A. HUGHES, D. P. (Eds.) 2013.** Ants and their parasites 2013. Psyche Special Issue. Hindawi Publishing Corporation, New York, New York. 148 p.
- LAPOLA, D. M. ANTONIALI JÚNIOR, W. F. GIANNOTTI, E. 2003.** Arquitetura de ninhos da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae) em ambientes alterados. Revista Brasileira de Zoociências 5: 177-188.
- MOREHEAD, S. A. FEENER JR., D. H. 2000.** Visual and chemical cues used in host location and acceptance by a dipteran parasitoid. Journal of Insect Behavior 13: 613-625.
- MOREHEAD, S. A. SEGER, J. FEENER JR. D. H. BROWN, B. V. 2001.** Evidence for a cryptic species complex in the ant parasitoid *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae). Evolutionary Ecology Research 3: 273-284.
- NAUG, D. CAMAZINE, S. 2002.** The role of colony organization on pathogen transmission in social

insects. *Journal of Theoretical Biology* 215: 427-439.

PASSERA, L. 1976. Origine des intercastes dans les sociétés de *Pheidole pallidula* (Nyl.) (Hymenoptera Formicidae) parasitées par *Mermis* sp. (Nematoda Mermithidae). *Insectes Sociaux* 23: 559-576.

PEREZ-LACHAUD, G. HERATY, J. M. CARMICHAEL, A. LACHAUD, J.-P. 2006a. Biology and behavior of *Kapala* (Hymenoptera: Eucharitidae) attacking *Ectatomma*, *Gnamptogenys*, and *Pachycondyla* (Formicidae: Ectatomminae and Ponerinae) in Chiapas, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 99: 567-576.

PÉREZ-LACHAUD, G. LÓPEZ-MÉNDEZ, J. A. LACHAUD, J.-P. 2006b. Eucharitid parasitism of the Neotropical ant *Ectatomma tuberculatum*: parasitoid co-occurrence, seasonal variation, and multiparasitism. *Biotropica* 38: 574-576.

PÉREZ-LACHAUD, G. LÓPEZ-MÉNDEZ, J. A. BEUGNON, G. WINTERTON, P. LACHAUD, J.-P. 2010. High prevalence but relatively low impact of two eucharitid parasitoids attacking the Neotropical ant *Ectatomma tuberculatum* (Olivier). *Biological Control* 52: 131-139.

PEREZ-LACHAUD, G. VALENZUELA, J. E. LACHAUD, J.-P. 2011. Is increased resistance to parasitism at the origin of polygyny in a Mexican population of the ant *Ectatomma tuberculatum* (Hymenoptera: Formicidae)? *Florida Entomologist* 94: 677-684.

PÉREZ-LACHAUD, G. NOYES, J. LACHAUD, J.-P. 2012. First record of an encyrtid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea) as a true primary parasitoid of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist* 95: 1066-1076.

PEREZ-LACHAUD, G. GATES, M. W. LACHAUD, J.-P. 2013. New host record for *Camponotophilus delvarei* (Hymenoptera: Eurytomidae), a parasitoid of microdontine larvae (Diptera: Syrphidae), associated with the ant *Camponotus* sp. aff. *textor*. *Psyche* 2013, Article ID 230601, et al-Env 6 p.

PEREZ-LACHAUD, G. JERVIS, M. A. REEMER, M. LACHAUD, J.-P. 2014. An unusual, but not unexpected, evolutionary step taken by syrphid flies: the first record of true primary parasitoidism of ants by Microdontinae. *Biological Journal of the Linnean Society* 111: 462-472.

PERFECTO, I. 1991. Ants (Hymenoptera: Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology* 84: 65-70.

PHILPOTT, S. M. PERFECTO, I. VANDERMEER, J. UNO, S. 2009. Spatial scale and density dependence in a host parasitoid system: an arboreal ant, *Azteca instabilis*, and its *Pseudacteon* phorid parasitoid. *Environmental Entomology* 38: 790-796.

POINAR JR., G. 2011. *The Evolutionary History of Nematodes: as revealed in stone, amber and mummies.* Brill, Leiden. 429 p.

POINAR JR., G. 2012. Nematode parasites and associates of ants: past and present. *Psyche* 2012, Article ID 192017, 13 p.

POINAR JR., G. LACHAUD, J.-P. CASTILLO, A. INFANTE, F. 2006. Recent and fossil nematode parasites (Nematoda: Mermithidae) of Neotropical ants. *Journal of Invertebrate Pathology* 91: 19-26.

QUICKE, D. L. J. 1997. *Parasitic wasps.* Chapman & Hall, London. 470 p.

REUTER, O. M. 1913. *Lebensgewohnheiten und Instinkte der Insekten bis zum Erwachen der Sozialen*

Instinkte. R. Friedländer & Sohn, Berlin. 448 p.

SCHMID-HEMPEL, P. 1998. Parasites in social insects. Monographs in Behavior and Ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 413 p.

TORRÉNS, J. 2013. A review of the biology of Eucharitidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Argentina. *Psyche* 2013, Article ID 926572, 14 p.

TORRÉNS, J. HERATY, J. M. 2012. Description of the species of *Dicoelothorax* Ashmead (Chalcidoidea, Eucharitidae) and biology of *D. platycerus* Ashmead. *ZooKeys* 165: 33-46.

VANDER MEER, R. K. JOUVENAZ, D. P. WOJCIK, D. P. 1989. Chemical mimicry in a parasitoid (Hymenoptera: Eucharitidae) of fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Chemical Ecology* 15: 2247-2261.

VARONE, L. HERATY, J. M. CALCATERRA, L. A. 2010. Distribution, abundance and persistence of species of *Orasema* (Hym: Eucharitidae) parasitic on fire ants in South America. *Biological Control* 55: 72-78.

WEBER, N. A. 1946. Two common ponerine ants of possible economic significance, *Ectatomma tuberculatum* (Olivier) and *E. ruidum* Roger. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 48: 1-16.

WHEELER, W. M. 1907. The polymorphism of ants, with an account of some singular abnormalities due to parasitism. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 23: 1-93.

WHEELER, W. M. 1910. Ants, their structure, development and behavior. The Columbia University Press, New York. 663 p.

WHEELER, W. M. 1930. Two mermithergates of *Ectatomma*. *Psyche* 37: 48-54.

WILSON, E. O. 1971. The insect societies, The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 548 p.

ANÁLISIS DE LOS MECANISMOS MOLECULARES ASOCIADOS A LA SUSCEPTIBILIDAD Y REFRACTORIEDAD DE CEPAS DE *Aedes aegypti* SELECCIONADAS Y DE CAMPO.

Paola A. Caicedo¹, Idalba M. Serrato¹, Carl Lowenberger², George Dimopoulos³, Neal Alexander¹, Clara Ocampo¹.

¹*Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (CIDEIM). Santiago de Cali-Colombia.* ²*Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, Vancouver-Canada.*

³*Department of Molecular Microbiology and Immunology, Malaria Research Institute, Bloomberg School of Public Health, Johns Hopkins University, Baltimore, USA.*

La selección de dos cepas de *Aedes aegypti* colectados en Cali, con diferente susceptibilidad a la infección por virus dengue, susceptible (Cali-S) y refractaria (Cali-MIB), sugiere la apoptosis como uno de los mecanismos de respuesta inmune presentes en los mosquitos refractarios para eliminar infección por el virus. Con el fin de identificar si existen otros mecanismos inmunes o metabólicos asociados a la refractoriedad en la cepa Cali-MIB, se comparó la expresión génica global del intestino medio de Cali-S y Cali-MIB utilizando microarreglos. A su vez se evaluó si las diferencias en la susceptibilidad de las cepas seleccionadas estaban asociadas al serotipo de y si se observaban mecanismos moleculares similares en cepas de campo. Los resultados de los microarreglos indican la expresión de 3761 genes en todas las cepas. Los genes expresados diferencialmente entre las dos cepas expuestas al virus DEN-2 incluyen genes de diferentes vías metabólicas: inmunidad, proteólisis, redox, replicación, transporte, y otros de función desconocida. La evaluación de la competencia vectorial de las cepas seleccionadas ante los otros serotipos demostró que las cepas mantienen su susceptibilidad y refractoriedad observada al serotipo D-2. A su vez las cepas colectadas en campo evidenciaron comportamientos similares en la expresión de genes de apoptosis en las cepas con menor susceptibilidad demostrando que los mecanismos observados en las cepas seleccionadas son producto de las características genéticas de las poblaciones de campo. Los resultados obtenidos en estos estudios validan el uso de nuestras cepas derivadas de campo como un modelo biológico importante para estudiar las relaciones virus-hospedero.

BIODIVERSIDAD, CIENCIA, INFORMÁTICA Y POSTMODERNIDAD

Francisco Pando

GBIF España, Real Jardín Botánico-CSIC; Claudio Moyano, 1, 28014 Madrid, España.

Nuestra propuesta en esta charla es dar un repaso a los hechos, ideas, tecnologías y presiones que están provocando que hacer ciencia ya no sea lo que era. Trataremos de explicar ---siquiera someramente-- en qué consisten estas realidades, que promesas encierra y también que riesgos. Por supuesto haremos énfasis en la ciencia de la biodiversidad, y dentro de esta, sobre todo en los organismos, las especies.

A tener en cuenta también que el propio avance de la ciencia es responsable del "*brave new world*" en que nos encontramos.

Si algo caracteriza nuestra sociedad y nuestra percepción del mundo actual es la superabundancia de información, la diversidad de enfoques para tratar de entenderla, y la percepción de que la Tierra es un lugar finito y frágil. Así, los elementos escogidos -aún con el afán de que sean los relevantes a la hora de determinar "Cómo hacer buena ciencia ahora"-- constituirán irremediabilmente una enumeración incompleta y arbitraria, que aun así visitaremos:

El ensalzamiento de la Ciencia, su papel en el pensamiento moderno y el fin de este pensamiento con la segunda guerra Mundial.

Postmodernidad: La aceptación de nuestra incapacidad para entenderlo todo, y el componente irracional de la ciencia (Hull 1988; Bereiter 1994). La alienación del concepto de ciencia y su desplazamiento hacia el pragmatismo.

Post-postmodernidad: La crisis de la biodiversidad, la preocupación social por la sostenibilidad (década de la biodiversidad, la conjunción biología e informática (Edmontt *et al.* 2006). Nuevas maneras de hacer lo de siempre: iniciativas globales (Genbank, GBIF, EOL, CoL,), cibertaxonomía, publicación en línea (Ware & Mabe 2012), "big data" (y "thick data") (Lazer *et al.* 2014), la exacerbación del sistema científico (Anón. 2013) y la crisis de la taxonomía.

Pretendo concluir con propuestas que den ideas sobre cómo las nuevas generaciones de biólogos con interés en las especies pueden contribuir eficazmente a hacer buena ciencia, a tener carreras exitosas y a una sociedad mejor y más sostenible.

BIBLIOGRAFÍA.

Anón. 2013. Unreliable science: trouble at the lab. *The Economist* Oct. 19th.: 26-30.

Bereiter, C. 1994. Implications of Postmodernism for Science as Progressive Discourse. *Educational Psychologist* 29(1): 3-12.

Edmontt, S. et al. 2006. Science 2020 report. Microsoft Research. Cambridge.

Hull, D. L. 1988. *Science as a Process. An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science.* The University of Chicago Press, Chicago and London.

Lazer, D., Kenedy, R., King, G. & Vespignam, A. 2014. The Parable of Google Flu: Traps in Big Data Analysis. *Science* 343 (6176): 1203-1205.

Ware, M. & Mabe, M. 2012. *The stm report, An overview of scientific and scholarly journals publishing.* London.

PALEOENTOMOLOGÍA: LOS INSECTOS FÓSILES (DIPTERA: CHIRONOMIDAE) COMO HERRAMIENTA EN RECONSTRUCCIONES PALAEOAMBIENTALES DEL TARDIGLACIAL EN COLOMBIA

Gonzalo Abril Ramírez¹, Carlos Albeiro Monsalve Marín², Luis Norberto Parra Sánchez³.

¹I.A. M.Sc. Entomología. Docente Entomología, UN Medellín gabril@unal.edu.co, ² Biólogo, M. Sc, Ph.D. Candidato. Docente Botánica. UN Medellín camonsal@unal.edu.co, ³ Geólogo, Ph.D. Biología. Docente Geología. UN. Medellín lnparra@unal.edu.co

RESUMEN. La perforación Llano Grande IX, de la turbera Llano Grande del páramo de Frontino Antioquia Colombia, (6°29'00" de latitud norte y 76°6'00" de longitud Oeste y altura de 3600 m) y a profundidades entre 12,00-12,70 m con una edad entre 13850 a 14170 años antes del presente, confirma la presencia de tres fases sedimentológicas tefras, palaeosuelo y mineral, que se vieron acompañadas de cambios en los ensambles de quironómidos.

En la fase mineral se evidencian las primeras colonizaciones de invertebrados en las lagunas someras verde azules de superparamos con predominio de Podonominae, (*Podonomus* sp. y *Parochlus* sp.) Diamesinae (*Diamesa* sp.) y Orthocladiinae (*Parakiefferiella* sp.). La presencia de nuevas cápsulas cefálicas en la fase palaeosuelo, muestran la transición hacia ambientes de páramo más cálidos con lagunas pardas altamente productivas, la aparición de nuevos géneros y la desaparición de Podonominae y Diamesinae evidencian una extinción local debido a una larga sequía sucedida entre los años 13800 y 13972 y que duró cerca de 172 años que fue intensa y persistente.

La presencia en el sedimento de una capa de cenizas de 9 cm indica una erupción volcánica de gran magnitud que se depositó casi de manera instantánea en la laguna, sin efectos catastróficos sobre las poblaciones de quironómidos. Los cambios en el clima, se asocian consistente y similarmente con los ensambles polínicos de plantas propias del ecosistema acuático.

Palabras clave: Chironomidae. Fósiles. Tardiglacial. Sedimentos lagunares. Páramo de Frontino. Cambio climático

INTRODUCCIÓN. La familia Chironomidae (Diptera: Nematóceras) tiene sus primeros reportes en el Cretáceo temprano (129 MA), siendo la especie *Dungeyella gavini* (Buchonomyiinae) uno de los quironómidos más primitivos hallados en incrustaciones de ámbar de gimnospermas (Jarzembowski *et al.* 2008), mientras (Engel y Grimaldi 2005), reportan el género *Aenne* en el mismo periodo. Los quironómidos son uno de los grupos de insectos con mayor ubicuidad y de mayor abundancia en los diferentes cuerpos de agua, las subfamilias Podonominae y Diamesinae han colonizado y adaptado a ambientes extremos de bajas temperaturas, mientras que algunos Chironominae y Orthocladiinae se han adaptado a ambientes más cálidos (Armitage *et al.* 1995). Los huevos son ovopositados en sitios húmedos, las larvas son semiacuáticas o se desarrollan dentro de los cuerpos de agua, las cuales para su crecimiento y desarrollo mudan tres veces; las pupas migran hacia la superficie para la emergencia de los adultos, que se aparean en vuelo a excepción de los grupos ápteros, el género *Tanytarsus* bajo la característica biológica de la pedogénesis puede producir crías o huevos en su fase de pupa (Lara, 1979).

Las cápsulas cefálicas y cuerpos larvales de las diferentes mudas de los quironómidos quedan como registros fósiles y son frecuentemente halladas en los sedimentos lagunares y han suscitado un

particular interés en las investigaciones palaeolimnológicas (Massaferro *et al.* 2005), (Massaferro *et al.* 2002), (Arizteguí *et al.* 1997), (Walker, 1987), (Araneda *et al.* 2007). Son indicadores ecológicos de la génesis y desarrollo de los cuerpos lagunares, de la paleo-temperatura y pueden indicar los cambios de los estados tróficos del cuerpo lagunar durante su ontogenia.

Para una correcta identificación e interpretación de los hallazgos en el registro sedimentario es importante conocer la sinecología y autoecología de los ensamblajes de los grupos modernos ya que hasta un solo taxón puede indicar una condición particular de un sistema lagunar. Entre los estudios del uso de los quironómidos fósiles para la zona templada se encuentran los de Thienemann (1920), (Andreev, 2005), seguido de los estudios sobre filogeografía de quironómidos de (Brundín 1966). Para el continente sur americano se destacan los trabajos de la alta montaña de Brundín (1958) y las investigaciones de (Massaferro 2005, 2009 a, 2009 b), (Massaferro y Corley 1998) que utilizan este indicador en reconstrucciones e interpretaciones palaeoambientales.

Antecedentes de la paleo-entomología colombiana.

En Colombia se han realizado cerca de 90 perforaciones en lagos y turberas altoandinas, concentradas principalmente en la Cordillera Oriental seguidas de la Central y la Occidental y cerca de 14 perforaciones realizadas en el páramo de Frontino, Cordillera Occidental (Van der Hammen & González 1960, 1963, 1964, Dueñas 1979, Torres 1995 Hooghiemstra 1984; 1989 Van 't Veer y Hooghiemstra 2000 Thouret y Van der Hammen 1983 Rangel-Ch *et al.* 1995, Jaramillo, J. A. 1998 Parra *et al.* 2006 Monsalve *et al.* 2008, 2011). Todas estas investigaciones han estado centradas en el polen y las esporas de plantas, a pesar de la abundancia de otros restos fósiles como esporas de hongos, algas, protozoos e insectos.

Es en los atlas de polen donde empiezan a ser reportados algunos restos fósiles de hongos, Tecamebas (Hooghiemstra, 1984) y grupos no palinomorfos como rotíferos, quironómidos y ácaros reportado en los trabajos de (Van Gel, 1978 sin publicar).

Kuhry (1988), elabora el primer atlas de “Tipos zoológicos” para las perforaciones de la zona centro del país; tales hallazgos fósiles incluyen un acaro, un cocón de un posible Oligocheta y un pupario de insecta. Este autor si bien incluye en los diagramas finales algunos grupos zoológicos, ellos no son utilizados como herramienta concluyente en las interpretaciones paleoambientales a pesar de anotar que una reconstrucción climática a partir solo de polen puede estar sesgada.

En las perforaciones realizadas en los complejos lagunares del páramo de Frontino los fragmentos de naturaleza quitinosa o zooclastos empiezan a jugar un papel complementario en las interpretaciones paleoecológicas derivadas del polen, (Monsalve, 2004, Jaramillo 1998); sin embargo estos trabajos no tienen aun un grado de discriminación e identificación taxonómica adecuado en los zooclastos y quedan solo como registros de la presencia de macroinvertebrados en los cuerpos lagunares en las épocas del Tardiglacial, y Holoceno.

Investigaciones recientes sobre macroinvertebrados acuáticos actuales del ecosistema paramuno han permitido mejorar el conocimiento sobre estos organismos en los páramos, (Posada *et al.* 2008), (Abril, 2007). Un primer atlas de restos de macroinvertebrados acuáticos con aceptable resolución taxonómica, es publicado por Abril y Parra 2010 e incluye los grupos Chironomidae, Acari y Ostrácoda, estos primeros hallazgos a diferentes profundidades en la columna sedimentaria confirman la presencia de los quironómidos desde el inicio del cuerpo de agua hasta el final de la misma.

Los estudios palaeontomológicos en Colombia o sea aquellos que utilizan solo restos de insectos para derivar información paleoambiental, se inician con Abril (2011). En esta investigación, se analizan los primeros 1.6 m de la perforación 2 de la turbera Llano Grande que cubren los últimos 2000 años a un intervalo de 2cm., usando quironómidos, ostrácodos, ácaros, *Hyalela* sp. y otros restos. Se concluye que los restos de macroinvertebrados tienen mejor definición de los cambios ambientales de los cuerpos de agua que el polen.

La presente investigación sobre palaeontología explora algunos eventos ocurridos en el Tardiglacial en Colombia y se desarrolla en simultánea con estudios de polen (Monsalve en prensa), siguiendo la recomendación sobre el uso de multi-indicadores (Parra, 2014) para los estudios sobre cambio climático en los ecosistemas lagunares de páramo.

METODOLOGIA.

Sitio de estudio. La turbera Llano Grande está localizada a 20 km de la cabecera del municipio de Urrao, Antioquia en la cordillera Occidental Colombiana a 6°29'00" de latitud norte y 76°6'00" de longitud Oeste, a 3600 m de altura y se ubica en el ecotono bosque-paramo y cubre un área cercana a 1 km² (Figura 1).



Figura 1. Localización turbera Llano Grande, plano general del área de estudio (Fotografía Gonzalo Abril R. 2010)

La reconstrucción de las condiciones del pasado depende del conocimiento que tengamos de los ecosistemas modernos y por lo tanto el estudio de la entomofauna y de los fenómenos de sedimentación lagunar en los páramos y superpáramos son esenciales. Nuevos registros sobre la neo-entomología de los actuales ecosistemas de lagunas someras y profundas, de la Sierra Nevada del Cocuy están siendo desarrollados por los autores de este documento y coinciden a nivel de subfamilia con lo encontrado en el Tardiglacial en el páramo de Frontino e igual sucede con algunos fenómenos de sedimentación como el retiro del hielo, el transporte de material particulado a las cuencas y la colonización de la vegetación. En la figura (2 a-f), se presenta a modo de ilustración algunos de los fenómenos análogos actuales.



a- Retiro del hielo y formación de lagunas verde-azules con sedimento mineral



b. Proceso de colonización de la primera sucesión vegetal



c- Colonización vegetal en fondo de laguna por el retiro del agua



d- Lagunas pardas con proceso de formación de suelos laterales



e- Fases finales de colmatación

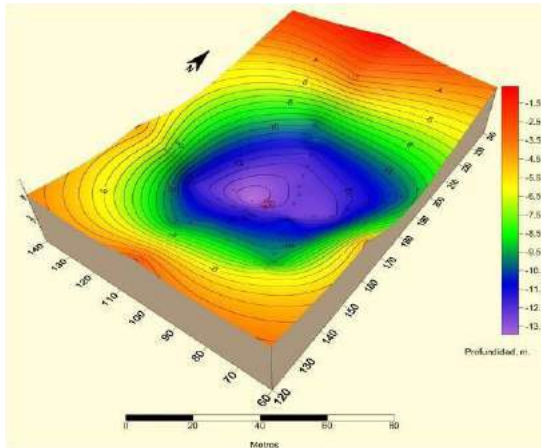


f- Colonización con elementos vegetales terrestres y formación de una turbera

Figura 2. Fases del modelado glacial y formación de turberas en la zona paramuna colombiana (Fotografías Sierra Nevada del Cocuy, agosto de 2012 a, e, f. José L. Torres, c-d. Carlos Monsalve y b. G. Abril).

Extracción del Núcleo.

La máxima profundidad de la turbera Llano Grande, se determinó mediante sucesivas perforaciones distanciadas a un metro; una vez hallada su máxima profundidad recuperó un par de núcleos gemelos distanciados 30 cm. con una sonda rusa modificada (Monsalve, Parra y Abril 2010), se describió en campo la litología y se hizo su respectivo registro fotográfico. (Figura. 3).



a.



b.

Figura. 3. -a. Corte tridimensional de la batimetría de la turbera Llano Grande, Páramo de Frontino Antioquia Colombia, (tomado de Monsalve *et al.* in press), b- Sonda rusa de perforación (fotografía. Gonzalo Abril R.)

Muestreo de macro invertebrados fósiles

El núcleo completo de 15 m., fue fotografiado en campo y laboratorio, la sección 12-12,60 m objeto de este estudio, fue seccionada, con descripción detallada al centímetro, la caracterización de las tres unidades litológicas se hizo visualmente y mediante el uso de microscopio petrográfico óptico Olympus y con el microscopio electrónico SEM Jeol se fotografió el componente más representativo de cada subunidad. El núcleo completo de 15 metros, fue descrito lito y pedostratigráficamente por Parra en el año 2010.

El segmento de núcleo 12-12,60 m extraído de la turbera, se refrigeró en cavas de almacenamiento a 8°C, y se descongeló a temperatura ambiente durante 20 minutos antes de seccionarlo al centímetro. Posteriormente, se extrajo con pinzas de punta fina material suficiente para llenar 1cm³ de una jeringa volumétrica, sin compactar, para evitar la destrucción y fragmentación de los artrópodos. El cilindro de 1cm³ de sedimento se depositó en un beaker de 100 ml con 80 ml de agua alcoholizada 50:50, se calentó a 70°C con fuente de aire durante 5 minutos, permitiendo una disgregación parcial por burbujas del material y recuperando los artrópodos y zooclastos intactos.

El material disgregado se caracterizó en función de sus componentes macroscópicos como raíces, tallos, cenizas, cristales y minerales, luego fue pasado por un tamiz de 106 µm de apertura de malla; el

material menor a $106\ \mu\text{m}$ se deshidrató en estufa a $30\ ^\circ\text{C}$ y fue almacenado para su respectivo registro fotográfico para gama de colores y estudio de otros indicadores. El material mayor a $106\ \mu\text{m}$ se observó bajo estereomicroscopio Olympus Z60 y se separaron manualmente los restos entomológicos.

Los zooclastos y estructuras quitinizadas representativas e indicadoras de algún grupo taxonómico claramente identificable se clarificaron en NaOH al 5%, se lavaron en agua destilada y montaron en placas en el medio Euparal, posteriormente se hizo su respectiva ilustración y registro fotográfico en microscopio Olympus CH30. En la figura 4, se ilustra el proceso de separación de los macroinvertebrados de los sedimentos.

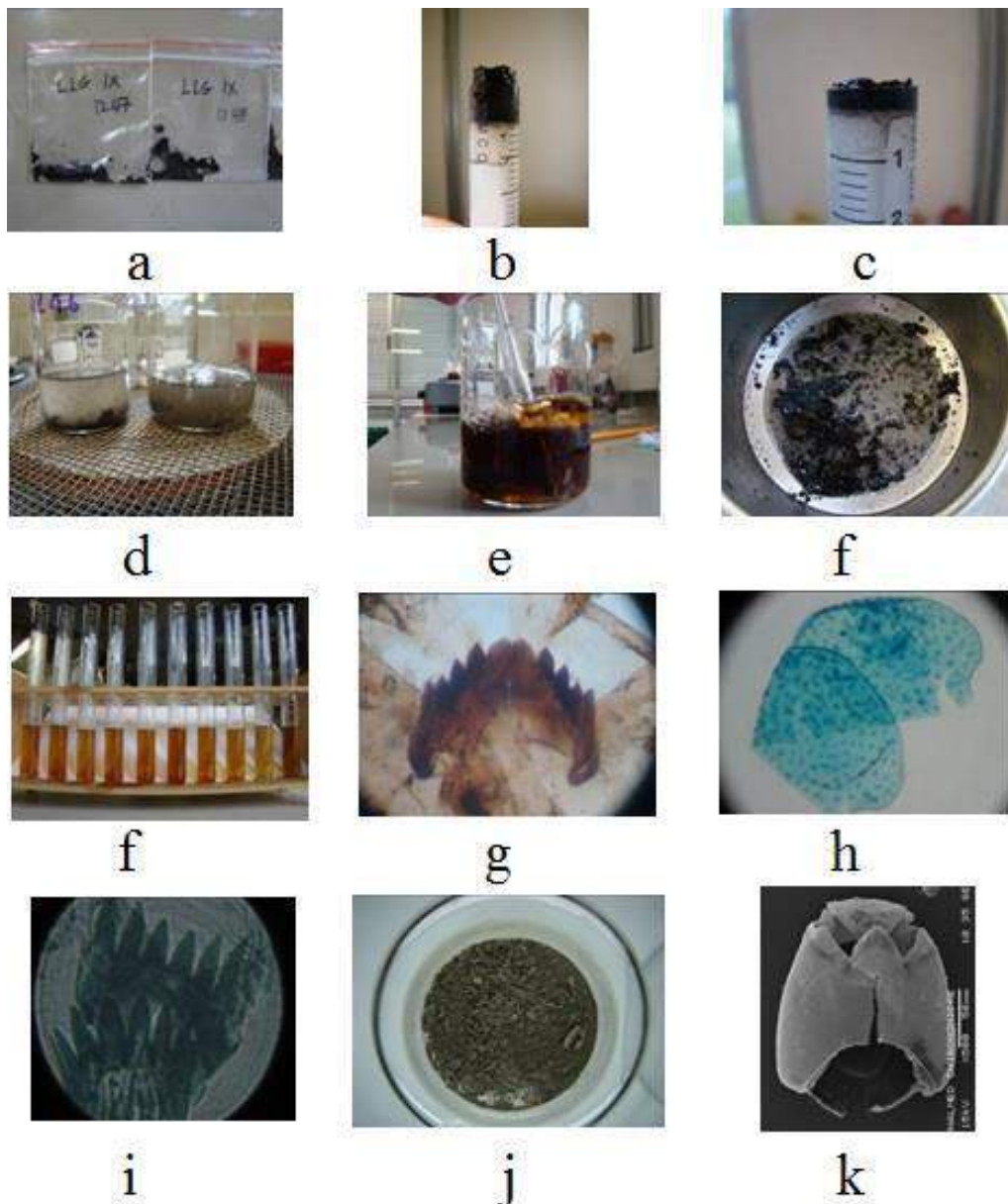


Figura 4. Protocolo para la extracción de macroinvertebrados en sedimentos fósiles

a- Corte al cm del núcleo, **b-** 1cm^3 de sedimento, **c-** $0,25\ \text{cm}^3$ de sedimento, **d-** Calentamiento, **e-** Inyección de aire, **f-** Tamizaje fracción mayor de $200\ \mu\text{m}$, **g-** Gama de coloración, **h-** Mentum de

Chironomidae, **i**-Tinción diferencial Ostrácodos, **j**-Tinción diferencial de quironómidos, **k**- Sedimento fracción más 200 μm , **l**- Cápsula cefálica de Chironomidae

Para la identificación taxonómica de los ejemplares de Chironomidae se recurrió a los trabajos y claves taxonómicas de Brundin (1958,1966), (Trivinho y Strixino, 1995), (Cranston, 2000); (Cranston & Edwards 1999), Cranston (1996, 2000), Hofmann (1971), Wiederholm (1983), Epler (2001), (Massaferro y Brooks 2002), (Ospina *et al.* 2000), (Prat *et al.* 2010) y para los demás grupos las claves de (McCafferty y Provonsha 1998). Para la identificación taxonómica de algunos ejemplares polínicos se recurrió a las guías ilustradas de Monsalve *et al.* 2014.

Las edades del núcleo fueron determinadas sobre la materia orgánica a través del C^{14} AMS en laboratorios comerciales; se dataron las secciones 12,00-13,00 m, de los núcleos LLG-4, LLG-5 y LLG-8 adyacentes a la perforación Llano Grande 9, que están distanciados a pocos metros y se correlacionan fácilmente entre sí, por medio de los estratos de las secciones minerales, las tefras y el paleosuelo. Las edades de laboratorio fueron calibradas con el programa OxCal v3.10, Bronk Ramsey (2005). (Tabla. 1).

Tabla. 1. Resultados de las dataciones de carbono ^{14}C obtenidas para las muestras.

| Número identificación de la perforación | Profundidad | Edad años BP | Calibración años BP* |
|---|---------------|--------------|----------------------|
| LLG-5 | 11,97-12,00 m | 13850 | 16505 |
| LLG-4 | 12,12-12,14 m | 13590 | 16190 |
| LLG-4 | 12,37-12,39 m | 14210 | 16970 |
| LLG-8 | 12,40-12,43 m | 13940 | 16610 |
| LLG-8 | 12,66-12,74 m | 14170 | 16910 |

El gráfico de los grupos de macro invertebrados fósiles en cada centímetro de la columna del sedimento se halló mediante los programas Tilia y Tilia Graph, la zonación en la columna se hizo con base en el análisis de las diferencias de los grupos mostradas en CONISS.

RESULTADOS. La descripción estratigráfica del segmento 12,00-13,00 m, muestra tres unidades que se corresponden del techo a la base así: I- unidad de ceniza volcánica-tefras, II- unidad palaeosuelo y III- unidad mineral; el análisis al centímetro para toda la sección, muestra que entre ellas existen subunidades laminares intermedias definidas por cambios de coloración y de compactación del material, que solo son detectadas bajo estereomicroscopio, especialmente en la unidad del palaeosuelo. En la unidad mineral; estas láminas indican importantes variaciones durante los procesos sedimentológicos de cada uno de los materiales ya bien sea limos, arenas u arcillas.

Unidad Mineral III

La depresión glacial de Llano Grande y su proceso natural de llenado se inició hace aproximadamente 18000 años antes del presente y su proceso se dio después del retiro del hielo de las montañas circundantes. Desde la base del lago a 15 m de profundidad hasta los 12,60 m aproximadamente se encuentra esta extensa unidad de aproximadamente 2,35 m (Figura 5) con tasas de sedimentación muy rápidas con respecto a las demás unidades de unos 16 cm/año.



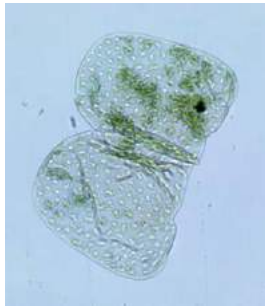
A



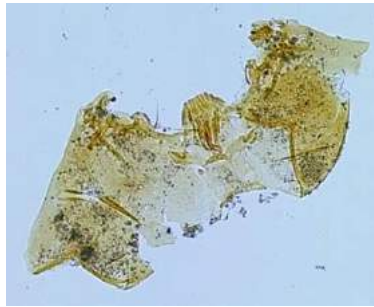
B

Figura 5. Segmento Llano Grande 9, A- sección 12-12,50 m de profundidad, B. sección 12,50-13 m de profundidad.

La lectura al centímetro de las subunidades de la unidad mineral, muestra que son muy homogéneas en su composición, el material mineral fósil sedimentado corresponde especialmente a material de feldespatos y cuarzo, acarreado y depositado por el agua de escorrentía, por el viento y por pequeños deslizamientos desde los escarpes rocosos. Las láminas de esta sección muestran un ritmo en los eventos sub-anales a manera de capas de colores grises, blancos y negros de hasta de un milímetro de espesor. Algunas de estas secciones presentan mezclas heterocíclicas de cenizas volcánicas, arenas, limos y arcillas, y fracciones de materia orgánica fina. El cuerpo de agua presente en esta fase fue colonizado hace 14035 años por artrópodos acuáticos (ostrácodos y cladóceros) y por quironómidos de las subfamilias Orthoclaadiinae, Podonominae y Diamesinae, los géneros encontrados más representativos fueron *Podonomus*, *Parochlus*, *Diamesa* y *Parakiefferiella* que son estenotérmicos propios de aguas extremadamente frías del Pleniglacial (Figura 6). La coloración de los ejemplares de artrópodos fósiles va de clara a casi transparente; estructuras del aparato bucal como el mentum de algunos Diamesinae presentan severos desgastes debido a la fricción con el material mineral que es el principal componente de esta sección. Las finísimas y microscópicas capas del material mineral depositado lograron cubrir los restos de mudas de las larvas de quironómidos y demás grupos. Esta unidad es la que presenta un menor número de taxones y se corresponden con los quironómidos adaptados a aguas frías de los superparamos. Esta parte del núcleo analizado es característica de los lagos verde-azules del superpáramo cuya condición es la ultraoligotrofia y las poblaciones de quironómidos, ácaros y crustáceos que habitaron este ecosistema fueron los pioneros colonizadores, estaban adaptadas a rangos estrechos de temperatura, solo algunas especies euritérmicas con amplios rangos de adaptación lograron sobrevivir la transición hacia la mesotrofia del sistema, otras por el contrario presentan extinción local ya que sufrieron un cambio drástico que fue letal para su supervivencia.



a-Profundidad 12,53 m



b-Profundidad 12,61 m



c-Profundidad 12,61 m

Figura 6. Macroinvertebrados fósiles de la sección mineral de la turbera Llano Grande 9. a. Ostrácodo, b. mentum de Diamesinae y c. larva de Orthoclaadiinae

Unidad Palaeosuelo II

Litoestratigráficamente, la unidad palaeosuelo de la turbera Llano Grande es poligenética y representa una fase acuática de aguas pardas de páramo inicial y luego de la desecación se presenta una edafogénesis terrestre. Esta unidad es la más importante desde el punto de vista climático, ya que evidencia fenómenos intensos de sequías prolongadas.

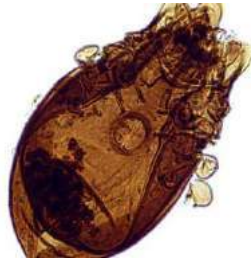
En la fase acuática, de acuerdo a los taxones polínicos encontrados fue colonizada antes de la sequía por plantas de la familia Apiaceae y los géneros *Hypericum*, *Lachemilla* y *Lycopodium*, y anfibias y acuáticas como Cyperaceae, Juncaceae, *Sphagnum*, *Callitriche*, *Isoetes* y *Ranunculus* y algas tipo diatomeas, como los géneros *Navicula* sp y *Pinnularia* sp. también se hallaron taxones de plantas terrestres, como *Polylepis* y esporas de helechos que muestran, que la vegetación tuvo un buena cobertura y también se dio un desarrollo óptimo para todas las comunidades especialmente para los macroinvertebrados acuáticos. La presencia de cuerpos enteros de ácaros y ostrácodos ramoneadores y de larvas de Orthoclaadiinae y Podonominae en esta unidad muestra que hubo una protección por la presencia de tallos y ramas de plantas acuáticas lo que disminuyó la hidrodinámica del sistema por la cantidad y diversidad del material vegetal enraizado. La lectura de las subunidades de la sección muestra la transición hacia una laguna de aguas pardas más productivas que se dio entre los años 13972-13800 antes del presente. Se presentan pequeñas laminaciones de material mineral que se corresponde con pequeños depósitos de material muy fino; igualmente se encuentran láminas de restos de zooclastos a las que podemos denominar zooclitas, de color muy brillante, con predominio de Ostrácodos, Cladóceros y quironómidos de las subfamilias Orthoclaadiinae y Podonominae que dominaban el anterior cuerpo de agua.

El patrón de coloración de los ejemplares fósiles es castaño oscuro, estos hallazgos indican una transición hacia climas más cálidos y secos ya que varias de las especies de la fase mineral de lagos verde-azules no se encuentran en esta sección. Una sucesión parece haberse dado, ya que las especies de la comunidad de quironómidos se han modificado y el sistema se encontraba en una fase de transición hacia mesotrófico.

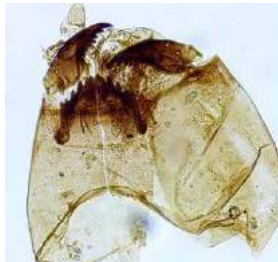
En esta unidad, también se presenta un predominio del grupo de los ostrácodos y acari que llegan a conformar el 50 % de la matriz de la muestra, que quedaron depositados en la base del lago, ya que en sus requerimientos ecológicos dependen de una constante columna de agua, mientras que los diferentes taxones de quironómidos son reemplazados por otros más adaptados a condiciones de mayor temperatura, lo que sugiere una habilidad para responder a cambios de largo plazo, más no a cambios

drásticos y abruptos como la variación del clima, estos cambios se asocian consistente y similarmente con la ausencia de plantas acuáticas y de diatomeas

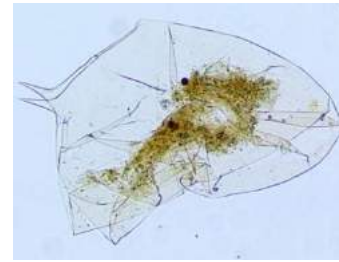
La fase terrestre de esta unidad, es un horizonte estructurado, de color negro, tiene un espesor aproximado de 32 cm y llega hasta una profundidad de 12,57 m. El tiempo acumulado en esta sección es de 172 años, con una tasa de acumulación/preservación promedio de 5.4 cm/año. El material de cada una de estas subunidades está conformado especialmente por materia orgánica con procesos intensos de oxidación y corrosión por la exposición aérea de los sedimentos del lago. En la Figura 7, se muestran los macroinvertebrados fósiles encontrados en el sedimento de la sección palaeosuelo.



Profundidad 12,48 m



Profundidad 12,42 m



Profundidad 12,29 m

Figura 7. Macroinvertebrados fósiles de la sección palaeosuelo. a. Acari *Hydrozetes* sp. b. cápsula cefálica de Orthocladiinae y c. Exuvia de branquiópodo.

La importancia de esta unidad radica en que es la evidencia de la formación de un suelo sobre material acuático en una turbera, como consecuencia de la evaporación de la lámina de agua, cada subunidad tiene las características de un suelo, ya que su estructura se conserva intacta por la agregación del material componente. Bajo la observación al estereomicroscopio de una de las microunidades del palaeosuelo, es consistente el hallazgo de pequeños fragmentos (zooclastos) de insectos de hábitos completamente terrestres como alas, escamas de mariposas, aparatos bucales de insectos chupadores, tarsos de insectos, además de raíces largas y tallos de hasta 3 cm, que pasan de una micro unidad a otra. En esta zona se muestra una desaparición de cuatro taxones entre ellos los Tanitarsini y *Podonomus* sp; esta desaparición, coincide con la formación del palaeosuelos en el ecosistema lagunar donde los cuerpos de agua tuvieron su máximo descenso hasta la desaparición total. La abundancia y frecuencia del hallazgo de macrorrestos, zooclastos de insectos y plantas terrestres en esta unidad, muestra claramente el gran potencial que tienen los insectos como indicadores de la presencia de paleosuelos en las columnas estratigráficas.

Unidad cenizas tefras I

Sobre la unidad palaeosuelo se encuentra una capa de cenizas volcánicas de 9 cm de espesor, (Figura 4), que se corresponde con el vulcanismo del complejo Ruiz-Tolima (Parra 2010) que dista a 600 km de su centro de origen, esta pluma de cenizas fue transportada por los vientos (Thouret 1989). De acuerdo al espesor de esta capa y a la composición de sus subunidades se depositó instantáneamente, lo que indica un evento eruptivo de gran escala que se desplazó hasta la zona paramuna de la cordillera Occidental. La composición mineral de la ceniza, está representada principalmente por vidrios volcánicos, ortopiroxenos verdes y marrones, y oxihornblenda y se le puede asignar una edad radiocarbono cercana a 13500 años antes del presente, con base en las edades radiométricas de los materiales orgánicos que la encierran.

Entre el material piroclástico, se encuentran pocos fragmentos y restos de materia orgánica y de zooclastos, pero sobre la tefra se encuentran exuvias de ostrácodos y ácaros, hay un aumento de las densidades y tamaño de las diatomeas (Figura 8), muy probablemente por el aporte de silicio de las cenizas. Los quironómidos no parecen haber sufrido durante este fenómeno de caída de las cenizas, ellos pudieron migrar hacia las zonas superiores, mientras que los ácaros y los ostrácodos de hábitos ramoneadores del litoral si muestran un drástico y subsecuente decrecimiento.

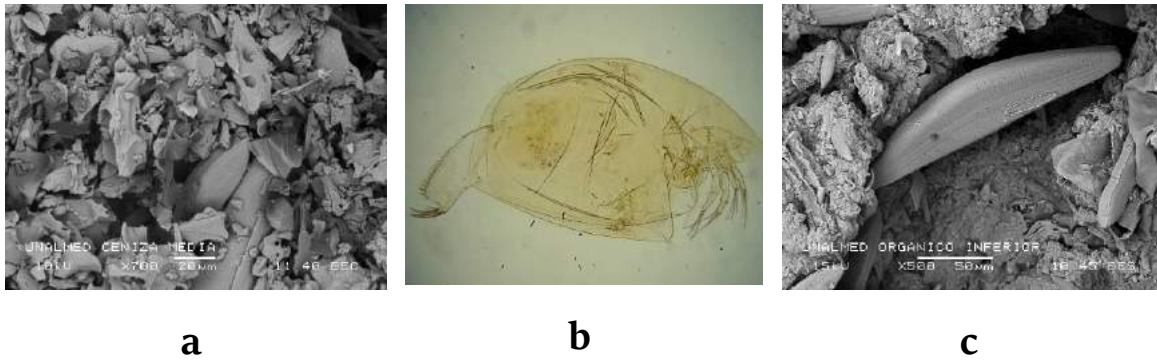


Figura. 8. Unidad ceniza. a. vidrio volcánico (SEM), b. Ostrácodo y c. Diatomeas (SEM) (Fotografías. Gonzalo Abril R.)

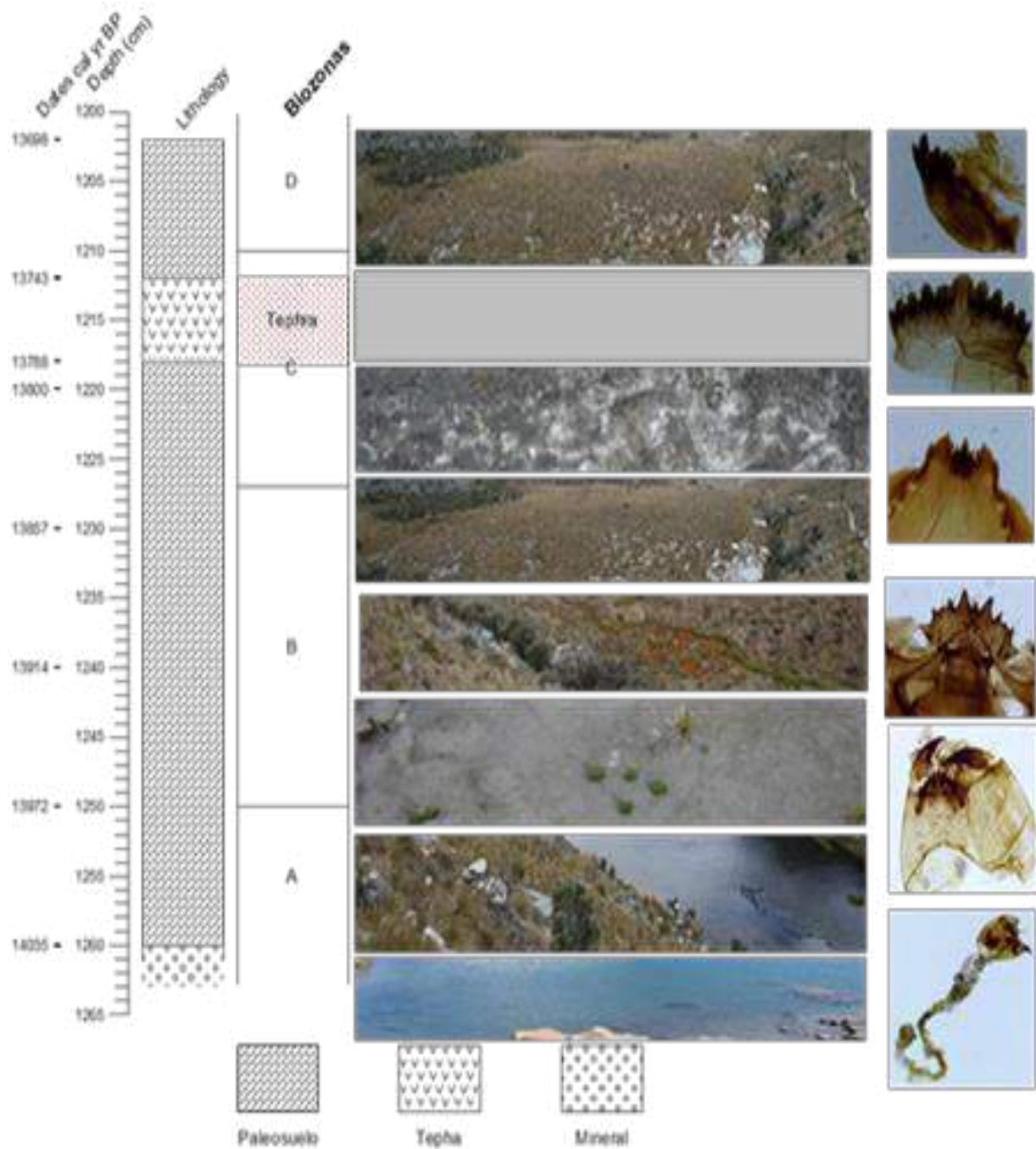


Figura 9. Cronología, sedimentología y cápsulas cefálicas fósiles de quironómidos del segmento 12-12,60 m de profundidad de la turbera Llano Grande del páramo de Frontino.

CONCLUSIONES. Esta investigación de alta resolución con énfasis en quironómidos muestra claramente que el registro puede ser subdividido en una fase muy fría, una sequía y una fase fría.

La fase muy fría correspondiente a la parte inferior del registro (antes de 13972 años calendario) está dominada por géneros *Podonomus*, *Parochlus*, *Diamesa* y *Pa. araucanus* de aguas extremadamente frías. Estos géneros son nuevos registros fósiles de esta familia para las aguas frías de la alta montaña del Pleniglacial de Colombia y complementan la distribución de las subfamilias en las zonas altas de los andes propuesta por (Brundin, 1966), cuyos equivalentes ecológicos actuales se encuentran actualmente vivientes en la Sierra Nevada del Cocuy.

La sequía, ante este episodio de extinción local como consecuencia de una sequía prolongada, 172 años aproximadamente, sucedida entre los años 13972 y 13800 antes del presente, los géneros *Podonomus*, *Parochlus*, *Diamesa* y *Pa. araucanus* desaparecen.

La fase fría, las subfamilias Ortocladiinae y nuevos géneros de Podonominae recolonizan el sistema respondiendo a cambios en las variables climáticas locales, especialmente a los cambios en la temperatura de la columna de agua y subsecuente desaparición, las nuevas especies en identificación, evidencian la transición climática y productividad del sistema.

De acuerdo a la variación climática actual y al hallazgo de los registros fósiles de quironómidos que desaparecieron en la columna de las lagunas del páramo de Frontino, se puede inferir que las lagunas de la Sierra Nevada del Cocuy han iniciado ya su fase de desaparición como cuerpo de agua.

Con el estudio de los quironómidos fósiles y su correcta identificación taxonómica, se pueden estudiar las problemáticas de cambio climático, especialmente las paleo-temperaturas que son difíciles de obtener con el polen y entrar en la fase de estudios de la más alta resolución con multi-indicadores que determine cambios a nivel anual o bianual no mostrados con otras herramientas palaeoecológicas actuales.

DISCUSIÓN. Aunque esta investigación ha permitido mostrar que los quironómidos se pueden utilizar en la alta montaña tropical como indicadores de cambio climático, especialmente del régimen de temperatura, tal como se usan en las altas latitudes, también es cierto que otros restos de insectos como ácaros y ostrácodos acuáticos permiten afinar con mucho detalle las reconstrucciones ontogénicas de los lagos.

Debido al hecho que los macro-invertebrados acuáticos se presentan como comunidades sincrónicas en el tiempo y con requisitos de hábitat muy estrecho, ya que comparten similares estructuras externas como órganos de locomoción, natatorios y sistemas respiratorios traqueales, además de que eventualmente durante su ciclo de vida utilizan los mismos sustratos o hacen parte de una misma cadena trófica, entonces el ensamble de restos fósiles ofrece muchas más posibilidades de derivación de información paleoecológica que un solo grupo de ellos.

El número de cápsulas cefálicas encontrados en las diferentes sedimentos es alto y se ajusta a lo discutido y propuesto por (Andrei *et al.* 2005, Heiri and Lotter 2001, Larocque 2001) que sugieren que con el hallazgo de 50 cápsulas cefálicas es suficiente para realizar inferencias medioambientales en especial de cambios de temperatura; sin embargo, en el caso de los páramos, estos números mínimos se exceden ampliamente y se pueden encontrar laminas con sobrepoblaciones de restos o zooclitas.

Es deseable que un mayor número de entomólogos, se decida a incursionar en la investigación palaeontológica en Colombia, ya que su orfandad es evidente y su potencial para derivar información sobre cambio climático es de incalculable a nivel científico y aplicado, dado el escenario de los cambios drásticos esperados en el inmediato futuro.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a la dirección de Parques Nacionales Naturales Seccional Urrao y Guicán, especialmente al Antropólogo Héctor Velásquez director del Parque Nacional Natural las Orquídeas y al técnico Arley Duque y su equipo de trabajo por el apoyo y colaboración académica y logística para el acceso al ecosistema páramo, al profesor José Lubín Torres por su excursión a la Sierra Nevada del Cocuy, a la Sociedad Colombiana de Entomología por permitirnos publicar y dar a conocer el mundo de los insectos fósiles en los ecosistemas lagunares colombianos, a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, al doctor Georges Gorin de la Universidad de Ginebra por la Financiación parcial del proyecto y dataciones y finalmente un agradecimiento a estela María Barrientos R. por los aportes a la corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA.

ABRIL, R. G., 2007. Macroinvertebrados acuáticos del páramo de Frontino, Antioquia-Colombia con énfasis en Chironomidae. Tesis de maestría Universidad Nacional de Colombia sede Medellín 60 p.

ABRIL, R. G. PARRA, L. N. 2010. Zooclastos de la turbera Llano Grande del páramo de Frontino Antioquia Colombia. Diversidad Biótica X. Cambio global (Natural) y climático (Antrópico) en el páramo colombiano. J. Orlando Rangel Ch, editor. Pag. 167-180.

ABRIL, R. G, 2011. Palaeoentomología con invertebrados acuáticos del ecosistema paramuno. Memorias 38º Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN Manizales Pag. 89-102.

ANDREEV, A. TARASOV, P. E., ILYASHUK, B. P, ILYASHUK, E. A, CREMER, H. HERMICHEN, W. D. HUBBERTEN, H. W. WISCHER, F. 2005: Holocene environmental history recorded in the Lake Lyadhej-To sediments, Polar Urals, Russia, Palaeogeography palaeoclimatology palaeoecology 223, pp. 181-203.

ARANEDA, A., CRUCES, F. TORRES, L. BERTRAND. S. FAGEL, N. TREUTLER C. HANS., CHIRINOS. L. BARRA, R. URRUTIA, R. 2007. Changes of subfossil chironomid assemblages associated with volcanic sediment deposition in an Andean lake (38° S), Chile. Revista Chilena de Historia Natural 80: 141-156, 2007.

ARIZTEGUI, D. M. M. BIANCHI, J. MASSAFERRO, E. LAFARGUE F. NIESSEN. 1997. Interhemispheric synchrony of late-Glacial climatic instability as recorded in proglacial Lake Mascardi, Argentina. Journal of Quaternary Science 12: 333-338.

ARMITAGE, P. D. CRANSTON, P.S. PINDER, L.C.V-. (Eds), 1995 The Chironomidae: The biology and ecology of non biting midges. Chapman & Hall, New York, 572 p.

BRUNDIN, L. 1958. The bottom faunistic lake type system and applications to the Southern Hemisphere. Moreover, a theory of glacial erosion as a factor of productivity in lakes and oceans. Verhandlungen der internationalen Vereinigung für Limnologie 13:228-297.

BRUNDIN, L. 1966. Trasantartic relationships and their significance, as evidenced by chironomid midges, with a monograph of the subfamilies Podonominae, and Aphroteniinae and the austral Heptagytiae. *Kungl Sveska Vetenskapsakademiens Handlingar* 11:1-472.

CENDREDO, U. ANTONIO. V. M. BRUSCHI, J.B. PICO TEJERINA, J.R. 2009. Previsiones sobre cambio climático y cambio global ¿Son sostenibles las tendencias Observadas? *Rev. R. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. (Esp.)* Vol.103, N° 1 pp.55-77.

CLYMO, R. S. 1984. The limits to peat bog growth. *Phil.Trans. R. Soc. Lond. B* 303, 605-654 (1984)

CRANSTON, P, S, 2000. The electronic guide to the Chironomidae of Australia (Versión1.1). <http://www.science.uts.edu.au/sasb/chiropage/>

CRANSTON, P, S. 1996. Identification guide to the Chironomidae of the new south wales. Australian Water Technologies. Pty. Ltd, West Ryde, NSW, pp,376

CRANSTON, P.S. 2000. Parapsectrocladius: a new genus of Orthocladiinae Chironomidae (Diptera) from Patagonia, the southern Andes. *Insect Systematics and Evolution* 31(1).103-120.

CRANSTON, P.S. EDWARDS, D.H.D. 1999. Botryocladus gen.n. a new trasantartic genus of Orthocladiinae midge (Diptera: Chironomidae) *Systematic Entomology* 24:305-333.

DUEÑAS, H. 1979. Estudio palinológico de los 35 mts. Superiores de la formación Terragona, Sabana de Bogotá. *Caldasia*, 12(60): 539-571.

GONZÁLEZ E., THOMAS VAN der HAMMEN, RICHARD F. FLINT. 1965. Late Quaternary glacial and vegetational sequence in Valle de Lagunillas, Sierra Nevada del cocuy Colombia.

HEIRI O. LOTTER AF. 2001 Effect of low count sums on quantitative environmental reconstruction: an example using subfossil chironomids, *J. Paleolimnol.* 26:343

HOOGHIEMSTRA, H. 1989. Quaternary and Upper Pliocene glaciations and forest development in tropical andes: evidence from the long high-resolution pollen record from the sedimentary basin Bogotá, Colombia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72:11-26.

HOOGHIEMSTRA, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high Plain of Bogotá, Colombia: A continuous record of the Last 3.5 million years. Thesis Univ. Amsterdam, 368 pp. *Dissertationes Botanicae*, Band 79. Vaduz, J. Cramer. In: Quaternary of Colombia, Vol 10, Ámsterdam (T. van der Hammen, editor).

HOOGHIEMSTRA, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: A continuous record of the last 3.5 million years. *El Cuaternario en Colombia*, Volumen 10, T. Van der Hammen editor.

JARAMILLO F. D. PARRA, S. L. N.1993. Aspectos biofísicos generales del páramo de Frontino. *Rev. ICNE.* 4(2): 81- 96.

JARAMILLO J. A. 1998. Registro palinológico de una de las turberas del complejo lagunar Puente largo, páramo de Frontino, cordillera Occidental de Colombia. Tesis de maestría, Universidad de Antioquia, Medellín.

KUHRY, P. 1988. Palaeobotanical-Palaeoecological studies of tropical high andean peatbog sections (Cordillera Oriental, Colombia) *The Quaternary of Colombia*, Vol. 14 Berlín.

- KUHRY, P., 1988.** A paleobotanical and palynological study of Holocene peat from the bosque Mire, located in a volcanic area of the Cordillera Central of Colombia. Review of palaeobotany and palynology, 55, (1988):19-72.
- LARA, M FERNANDO. 1979.** Principios de Entomología. Piracicaba, Livro ceres, segunda edición 304 p.
- MASSAFERRO, J. 2009a.** Palaeoecología: El uso de quironómidos fósiles (Diptera:Chironomidae) en reconstrucciones palaeoambientales durante el Cuaternario en la Patagonia. Rev. Soc. Entomol. Argent. 68 (1-2) 209-217, 2009
- MASSAFERRO, J., P.I. MORENO, G. H. DENTON, VANDERGOES, M., DIEFENBACHER-KRALL. A. 2009b.** Chironomid and pollen evidence for climate fluctuations during the last glacial termination in NW Patagonia. Quaternary Science Reviews 28:518-525.
- MASSAFERRO, J., BROOKS, S. HARBERLE, S. 2005.** The dynamics of vegetation and chironomid assemblages during the late Quaternary at Laguna Fácil, Chonos Archipelago, southern Chile. Quaternary Science Reviews. 24:2510-2522.
- MASSAFERRO, J., BROOKS S., JACKSON KA. 2002.** Estudio preliminar de la distribución y composición de las comunidades de quironómidos (Diptera:Chironomidae) en el parque nacional Laguna San Rafael (46° S). Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 51:123-134.
- MASSAFERRO, J., CORLEY, J. 1998.** Environmental disturbance and chironomid palaeodiversity: 15 kyr BP of history at lake Mascardi (Patagonia, Argentina), Aquatic Conservation: Marine and Fresh Water Ecosystems, 8:315-323
- MCCAFFERTY, P. W. & PROVONSHA, ARWIN V. 1998.** Aquatic Entomology. The fishermen's and Ecologists' Illustrated guide to insects and their relatives. Jones and Bartlett Publishers 448 p.
- MONSALVE, M. C. A., PARRA L. N., GORIN G.** Caracterización climática entorno al páramo del Sol, municipio de Urao, Antioquia-Colombia. 70 p (en prensa).
- MONSALVE, C.A. 2004.** Palinología del Holoceno superior en la Laguna Puente Largo, Páramo de Frontino, Antioquia, cordillera Occidental, Colombiana. Tesis magister, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.117p.
- MONSALVE-M, C., GORIN, J., PARRA, L. N.** Cambio climático durante el Tardiglacial-Holoceno en el Noroccidente de Suramérica, con base en palinología y microflorencia de rayos X, páramo de Frontino, Antioquia-Colombia. Tesis Ph D. En prensa.
- OSPINA, T. R., RISS, W. RUIZ, J. L.** Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera:Chironomidae:Orthoclaadiinae) de la Sabana de Bogotá. In:Amat G., G. Andrade y Fernández eds. Insectos de Colombia Vol. II Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras N° 13. Editora Guadalupe, Bogotá, 363-384.
- PARRA, L. N. 2014.** Disturbios en los páramos Andinos. Visión ecosistémica de los páramos de la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto Alexander Von Humboldt.

- PARRA, S. L. N. 2005.** Análisis facial de alta resolución de sedimentos del Holoceno tardío en el Páramo de Frontino, Antioquia. Tesis doctorado en biología. Universidad nacional de Colombia, Sede Bogotá. 240 p.
- POSADA GARCÍA, J. A., ABRIL R., G. PARRA S., L.N. 2008.** Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del páramo de Frontino (Antioquia, Colombia) *Caldasia*, 30(2):441-455. 2008
- PRAT, N., ACOSTA, R., VILLAMARÍN, C. Y RIERADEVALL, M. 2010.** Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Clave para la identificación de los principales morfotipos larvarios. Grupo de investigación F.E.M. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Abril de 2010
- RANGEL-CH., J.O., D. SÁNCHEZ, ARIZA-N., C. 1999.** Fitosociología del páramo de Frontino. Págs. 110-120. En: Velásquez, C. *et al.* 1999. Tardiglacial y Holoceno del norte de la cordillera occidental de Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín – Colciencias. 236 pp.
- ROSSARO, B. 1991.** Chironomids and water temperature. *Aquatic insects*, Vol. 13 (1991), N° 2, pp 87-98.
- RUIZ-MORENO J. L., TORRES, O. R. RISS, W. 2000.** Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II. Subfamilia Chironominae. *Caldasia*. 22(1) 15-33.
- THOURET, J.C. 1989.** Geomorfología y cronoestratigrafía del macizo volcánico Ruiz-Tolima (Cordillera Central Colombiana) en: T. van der Hammen, S. Díaz y J.V.J. Álvarez (Eds.), *La cordillera Central Colombiana, transecto Parque los Nevados. Estudios de ecosistemas tropandinos*, 257-278
- THOURET, J.C. VAN DER HAMMEN, T., 1983.** La secuencia Holocénica y Tardiglacial en el Parque de los Nevados. In: Van der Hammen, T., *et al.* (eds.), *La Cordillera Central Colombiana, transecto Parque de los Nevados. Studies on Tropical Andean Ecosystems / Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 1, 262-276, Cramer, Vaduz.
- TORRES, 1995.** Análisis paleoclimático con base en palinología de los sesenta metros superiores del pozo Ingeominas-I y su relación con los depósitos lacustres de la Sabana de Bogotá. Undergraduate thesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., 43 pp.
- TORRES, V. 2006.** Pliocene-Pleistocene of flora, vegetation and climate: A palynological and sedimentological study of a 586-m core from the Bogotá Basin Colombia. Thesis Ph D. Universiteit van Amsterdam. 189 pp.
- TORRES, V., VANDENBERGHE, J., HOOGHIEMSTRA, H., 2005.** An environmental reconstruction of the sediment infill of the Bogotá basin (Colombia) during the last 3 million years from abiotic and biotic proxies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 226, 127-148.
- TRIVINHO, S.S. STRIXINO, G. 1995.** Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de Sao Paulo: Guia de identificação e diagnose de gêneros PPG-ERN/UFS Car, São Carlos, 227 pp.
- VAN'T VEER, R., HOOGHIEMSTRA, H., 2000.** Montane forest evolution during the last 650 000 years in Colombia: a multivariate approach based on pollen record Funza-1. *Journal of Quaternary Science* 15, 329-346.

VAN DER HAMMEN, T. GONZÁLEZ, E. 1960. Upper Pleistocene and Holocene climate vegetation of the “Sabana de Bogotá”. (Colombia, South America). *Leidse Geologische Mededelingen*, 25: 125-315.

VAN DER HAMMEN, T. GONZÁLEZ, E. 1963. Historia de clima y la vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico*, XI(1-3): 189-266. Ingeominas, Bogotá.

VAN DER HAMMEN, T. GONZÁLEZ, E. 1964. A pollen diagram from Quaternary of the Sabana de Bogotá (Colombia) and significance for the geology of the northern Andes. *Geologie en Mijnbouw*, 43:113-117.

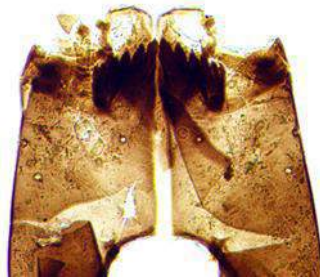
VARGAS, R. O. 2013. Disturbios en los páramos Andinos. Visión ecosistémica de los páramos de la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto Alexander Von Humboldt.

WALKER, I.R. 1987. Chironomidae (Diptera) in palaeoecology. *Quaternary Science Reviews* 6-29-40

WALKER, I. R. OWYNAR, L.C. 2006. Midges and paleotemperature reconstruction-The North American experience. *Quaternary Science Reviews*.25:1911-1925.



12,02 m



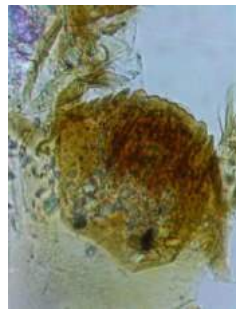
12,03 m



12,03 m



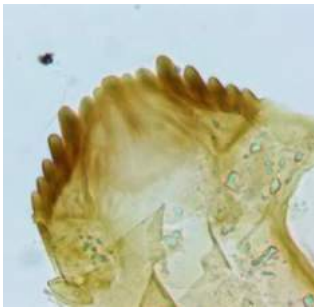
12,04 m



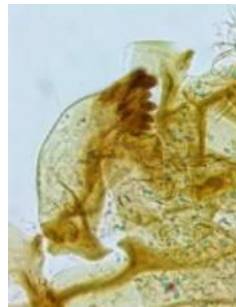
12,04 m



12,04 m



12,05 m



12,05 m



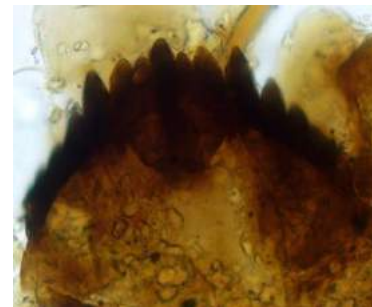
12,06 m



12,06 m

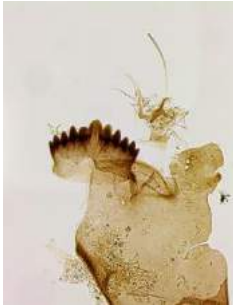


12,10 m



12,12 m

Lámina I. Estructuras y cápsulas cefálicas de quironómidos encontrados a 12,02-12,12 m de profundidad en la columna sedimentaria del Núcleo Llano Grande 9



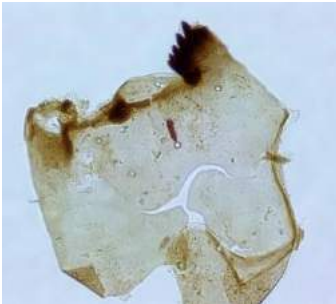
12,14 m



12,14 m



12,14 m



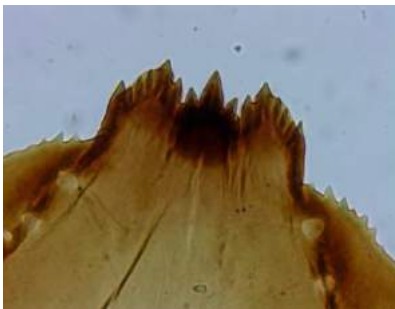
12,18 m



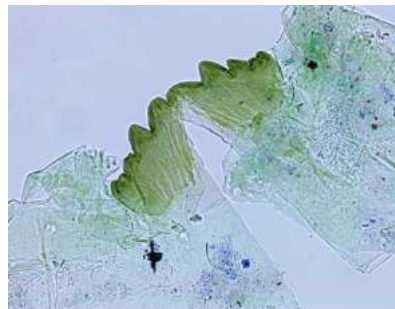
12,18 m



12,18 m



12,19 m



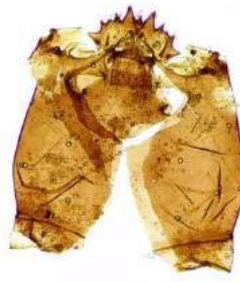
12,20 m



12,22 m



12,23 m



12,26 m

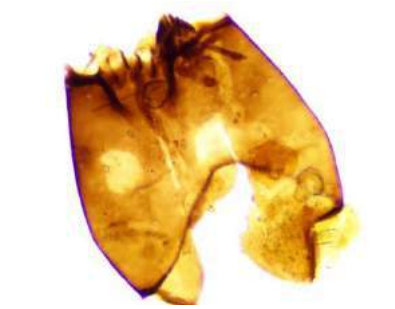


12,27 m

Lámina II. Estructuras y cápsulas cefálicas de quironómidos encontrados a 12,14-12,27 m de profundidad en la columna sedimentaria del Núcleo Llano Grande 9



12,27 m



12,29 m



12,33 m



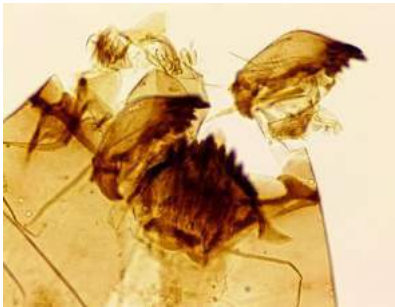
12,39 m



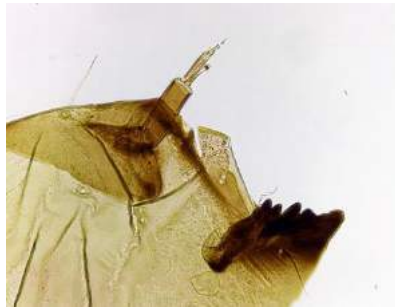
12,41 m



12,41 m



12,45 m



12,50 m



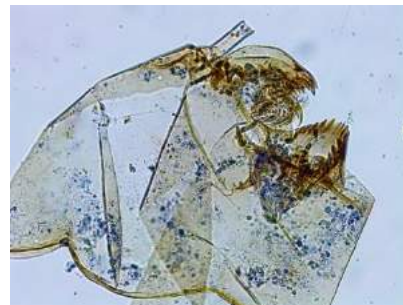
12,57 m



12,57 m



12,57 m



12,61 m

Lámina III. Estructuras y cápsulas cefálicas de quironómidos encontrados a 12,27-12,61 m de profundidad en la columna sedimentaria del Núcleo Llano Grande 9.

AFECTACIÓN DE LAS POBLACIONES DE FRAILEJONES (ASTERACEAE: *Espeletia* SPP.) DE LOS PÁRAMOS DE COLOMBIA: ALGUNAS RESPUESTAS, MÁS PREGUNTAS.

Amanda Varela Ramírez

*Ph.D., Pontificia Universidad Javeriana. Cra. 7 No. 43-82, Ed- 53, Of. 406B. Bogotá, Colombia.
Correo de correspondencia: avarela@javeriana.edu.co*

En los páramos del país, tanto en áreas protegidas como no protegidas, se viene presentado recientemente una alteración en la morfología de las hojas y mortalidad aumentada en los frailejones (*Espeletia* spp.), que fue reportada en 2009 en el Parque Nacional Natural Chingaza (Medina & Varela 2009). Observaciones preliminares indican que esta afectación puede ser consecuencia de la acción fitófaga de insectos de los órdenes Lepidoptera y Coleoptera, los cuales causan daños en las estructuras vegetativas de los frailejones y de hongos fitopatógenos que causan pudrición del tallo y (Medina *et al.* 2010). Posiblemente cambios en las condiciones ambientales están interactuando con estos organismos, favoreciendo su aparición o su desplazamiento desde altitudes más bajas. Teniendo en cuenta que las especies del género *Espeletia* son elementos constituyentes esenciales del ecosistema de páramo, su permanencia no sólo es fundamental para el mantenimiento de los procesos ecológicos y la provisión hídrica, sino también para el mantenimiento de otros organismos y de los procesos asociados, por lo que es de enorme importancia caracterizar e identificar los agentes causantes del daño. Por esto el Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación de los Frailejones en los Páramos de Andes del Norte se estableció con el objetivo de realizar investigaciones sobre esta problemática y ha realizado algunos proyectos con resultados que aportan al conocimiento de los agentes involucrados y ayudan a entender la dinámica de la afectación. Sin embargo aún quedan muchas preguntas por responder, las cuales debe ser resuelta prontamente para poder definir de manera adecuada las estrategias de manejo y control de esta afectación.

Palabras clave: Coleoptera, Lepidoptera, hongos, páramo, servicios ecosistémicos.

Las interacciones planta-insecto son dinámicas, tanto temporal, espacial como ecológicamente, dando como resultado patrones complejos de asociación (Funk *et al.* 1995, Becerra & Venable 1999). De hecho hay evidencia que el origen de la planta, su distribución, características químicas y variaciones intra e interpoblacionales influyen sobre la selección, especificidad y especiación de los insectos fitófagos (Janz & Nylin 1998, Berenbaum 2001). Las plantas terrestres y los insectos que las atacan comprenden más de la mitad de las especies vegetales conocidas y de la otra mitad, la mayoría son fuente de alimento. Su interacción probablemente es responsable, directa o indirectamente, de la mayoría de la diversidad terrestre (Farrel *et al.* 1992). Evolutivamente los insectos fitófagos asociados a un taxón vegetal forman una unidad ecológica debido a que las especies de herbívoros generalmente atacan unas pocas plantas relacionadas (Farrel *et al.* 1992). Sin embargo las pérdidas de cultivos por plagas de insectos se estiman que están entre el 10-20% para la mayoría de estos y son un factor significativo que limita la producción de alimentos (Ferry *et al.* 2006).

Por otra parte las enfermedades infecciosas causadas por hongos cada vez se reconocen más como amenaza para la seguridad alimentaria, lo cual no es nuevo si se tiene en cuenta la famosa hambruna

provocada en el siglo XIX por el hongo *Phytophthora infestans*, que acabó con los cultivos de papa en Irlanda y llevó a la ruina económica (Fisher *et al.* 2012). Entonces dado que las plantas se ven confrontados constantemente con ataques de insectos y de diferentes tipos de patógenos, esto las ha llevado a desarrollar estrategias de defensa. Los mecanismos más sofisticados involucran la producción de anticuerpos y células que provocan la muerte del patógeno (Aerts *et al.* 2008, Cooper & Alder 2006). Las estrategias más simples son las de inmunidad innata y están en prácticamente todos los organismos, involucrando entre otras, la producción de péptidos antimicrobianos (PAMs), que se producen rápidamente después de la infección usando una cantidad limitada de biomasa y energía y que de manera eficiente pueden repeler al patógeno (Hancock 2001).

Adicionalmente características morfológicas de las plantas como tamaño, arquitectura, ceras epicuticulares y presencia de tricomas pueden aumentar o disminuir la habilidad de forrajeo y metabolitos secundarios, de moléculas reactivas al oxígeno y de peróxido de hidrógeno. Por otra parte cuando la planta es atacada por herbívoros la planta responde produciendo después del daño por insectos masticadores, perforadores y succionadores (Maffei *et al.* 2006). efectividad de los insectos predadores (Coll *et al.* 1997, Kareiv & Sahakian 1990, Obrycki & Tauber 1984, Rutledge *et al.* 2003).

Recientemente se han registrado enfermedades infecciosas y explosiones de poblaciones de insectos que se han asociado con cambios en el clima, las cuales pueden presentar una amenaza no sólo para la seguridad alimentaria, sino para la diversidad (Fisher *et al.* 2012). Un caso puede ser el que presentaré a continuación sobre la problemática detectada en *Espeletia* spp. conocida como frailejón. Esta es una especie endémica que habita los páramos de Colombia, Ecuador y Venezuela y uno de los géneros vegetales que lo caracterizan. Los páramos son ecosistemas importantes en términos de su diversidad, ya que albergan un alto porcentaje de especies endémicas (Reyes *et al.* 1995), y ofrecen una serie de bienes y servicios ecosistémicos, entre los cuales probablemente el más importante sea la regulación hídrica (van der Hammen *et al.* 2002); por lo que para las poblaciones humanas es considerado ecosistema estratégico (Buytaert *et al.* 2006). Este ecosistema está expuesto a varios factores ambientales relacionados con actividades económicas intensivas como la ganadería, la agricultura y la minería, que afectan la riqueza de especies, la calidad del suelo y cantidad y calidad del agua (Sarmiento *et al.* 1993).

En el Congreso Mundial de Páramos (2002) se estableció que el cambio climático también es una gran amenaza para este ecosistema. En este sentido y tal como lo indican los datos del IDEAM se puede esperar un aumento de 2.5 °C en los próximos 50 años, lo que llevaría a la desaparición de las zonas de superpáramo y el desplazamiento del páramo medio, llevando a la reducción y desaparición de muchas especies. Adicionalmente las modificaciones al interior del ecosistema, pueden propiciar invasiones biológicas por organismos generalistas y altamente adaptables, en detrimento de la permanencia de las especies nativas del páramo (Morales *et al.* 2007).

Para el año 2009, en la microcuenca de la quebrada Calostros, que drena al río Blanco, en el PNN Chingaza, se reportaron oficialmente los cambios morfológicos en las hojas de *E. grandiflora* consistentes en el consumo y pérdida del meristemo, entorchamiento y deformación de las hojas, cambios de coloración hacia el amarillo, destrucción de cerca del 50% de las hojas y un pudrimiento del tallo de individuos vivos. Como consecuencia se evidenció su muerte en relativo corto tiempo -ocho

meses- (Medina & Varela 2009). El área de frailejones afectados aumentó progresivamente en cuestión de cinco meses en 596%. Observaciones preliminares indicaron que esta afectación posiblemente era consecuencia de la acción fitófaga de insectos de los órdenes Lepidoptera y Coleoptera, los cuales causan daños en las estructuras vegetativas de los frailejones y, de hongos fitopatógenos que provocan pudrición al tallo. Posiblemente cambios en las condiciones ambientales en interacción con estos organismos, favorecieron su aparición y acción. Ante esta situación se hicieron descripciones de esta afectación, y se reportó que otras especies del género presentaban los mismos síntomas (*E. argentea*, *E. killipii* y *E. uribei*). Posteriormente se identificaron algunos agentes que podían estar involucrados en la generación de este problema (Medina *et al.* 2010): ejemplares de Lepidoptera: Pterophoridae (polillas); los escarabajos *Dyscolus interruptus* y *Dyscolus* af. *striatulus* (Carabidae) en la base de la roseta entrando y saliendo por una serie de túneles, en una densidad de 2-3 individuos/frailejón. Algunos de estos escarabajos se observaron causando daño en las hojas más grandes de la roseta del frailejón, lo cual es algo atípico, pues se considera que los carábidos no pertenecen a la fauna permanente de los frailejones, aunque los visitan ocasionalmente en busca de presas durante su período de actividad nocturna (Lamotte 1998, en Moret 2005). El hongo fue identificado como *Colletotrichum* (Ascomycota), género que involucra especies endófitas y parasíticas de plantas. Se le encontró asociado a la base de la roseta y tallo de los frailejones (Medina *et al.* 2010).

Ante esta situación se aunaron esfuerzos entre diferentes instituciones entre interesadas y previamente involucradas en el tema y se firmó un convenio que permitió establecer El Programa Nacional para la Evaluación del Estado y Afectación de los Frailejones en los Páramos de Andes del Norte. Esta es una iniciativa nacional de investigación de la que hacen parte La Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, la Pontificia Universidad Javeriana, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, la Sociedad Colombiana de Entomología y Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas. El Programa planteó cinco objetivos que contemplan cada uno varios proyectos y subproyectos.

Se han hecho algunas investigaciones en el área donde inicialmente se registró la afectación y se ha podido establecer algunos patrones diferenciales de las especies de frailejón y temporales de herbivoría y malformación de las hojas. Actualmente se ha podido establecer que la afectación está en otras áreas protegidas y no protegidas de páramo del país, en Venezuela y en Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

AERTS, A.M.; FRANCOIS, I.E.J.A.; CAMMUER, B.P.A.; THEVISSSEN, K. 2008. The mode of antifungal action of plant, insect and human defensins. Cellular and Molecular Life Sciences 65:2069-2079.

BECERRA, J.X.; VENABLE D.L. 1997. Insects on plants: macroevolution of insect-plant associations: the relevance of host biogeography to host affiliation. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 96:12626-12631.

BERENBAUM, M.R. 2001. Chemical mediation of coevolution: phylogenetic evidence for Apiaceae and associates. Annals of the Missouri Botanical Garden 88:45-59.

BUYTAERT, W., R. ; CEELLERI, B. ; DE BIEVRE, F. ; CISNEROS, G. WYSEURE ; DECKERS, J. ; HOFSTEDE, R. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*. Vol, 79: 53-72.

COLL, M., SMITH, L.A.; RIDGWAY, R.L. 1997. Effect of plants on the searching efficiency of a generalist predator: the importance of predator-prey spatial association. *Entomological Experimental Applications* 83:1-10.

CONGRESO MUNDIAL DE PÁRAMOS. 2002. Memorias tomo I. Mayo. Bogotá, Colombia. 987 p.

COOPER, M.D.; ALDER, M.N. 2006. The evolution of adaptative immune systems. *Cell* 124:815-822.

FARREL, B.D.; MITTER, C.; FUTUYAMA, D. 1992. Diversification at the insect-plant interface. Insights from phylogenetics. *Bioscience* 42(1):34-42.

FERRY, N.; EDWARDS, M.G; GATEHOUSE, J.; CAPELL, T.; CHRISTOU, P.; GATEHOUSE, M.R. 2006. Transgenic plants for insect pest control: a forward looking scientific perspective. *Transgenic research* 15:13-19.

FISHER, M.C.; HENK, D.A.; BRIGGS, C.J.; BROWNSTEIN, J.S.; MADOFF, L.C.; MCCRAW, S.I.; GURR, S.J. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484:186-194.

FUNK, D.J.; FUKUYAMA, D.J.; ORTÍ, G.; MEYER, A. 1995. A history of host associations and evolutionary diversification for *Ophraella* (Coleoptera, Chrysomelidae) –New evidence from mitochondrial-DNA. *Evolutio* 49:1008-1017.

HANCOCK, R.E. 2001. Cationic peptides: effects in innate immunity and novel antimicrobials. *Lancet Infectious Disease* 1:156-164.

JANZ, N.; S. NYLIN. 1998. Butterflies and plants: a phylogenetic study. *Evolution* 52:486-502.

KAREIVA, P.; SAHAKIAN, R. 1990. Tritrophic effects of a simple architectural mutation in pea plants. *Nature* 345:433-434.

MAFFEI M.E.; MITHÖFER, A.; ARIMURA, G.-I. et al. 2006. Effects of feeding *Spodoptera littoralis* on lima bean leaves. III. Membrane depolarization and involvement of hydrogen peroxide. *Plant Physiology* 140, 1022–1035.

MEDINA, M.M.; VARELA, A. 2009. Estado de avance en la investigación de las comunidades de frailejón que están siendo afectadas por insectos plaga y hongos fitopatógenos en el PNN Chingaza. Informe IDEAM. 9 p.

MEDINA M.M., VARELA, A.; MARTÍNEZ, C. 2010. Registro de daño a los frailejones (*Asteraceae: Espeletia* spp.) por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). *Cespedesia* 32: 90-91.

MORALES M.O.; VAN DER HAMMEN, T.; TORRES, A.; CADENA, C.; PEDRAZA, C.; RODRÍGUEZ, N.; FRANCO, C.; BETANCOURTH, J.C.; OLAYA, E.; POSADA, E.; CÁRDENAS, L. 2007. Atlas de

páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 208 p.

MORET, P. 2005. Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, ecología y biogeografía. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 307 p.

OBRYCKI, J.J.; TAUBER, M.J. 1984. Natural enemy activity on glandular pubescent potato plants in the greenhouse: an unreliable predictor of effects in the field. *Environmental Entomology* 13:679-683.

REYES, P.; MOLANO, J.; GONZÁLEZ, F.; CORTÉS LOMBANA, A.; RANGEL, O.; FLÓREZ, A. IRIARTE, P.; KRAUS, E. 1995. El Páramo. Un ecosistema de alta montaña. Fundación Ecosistemas Andinos - ECOAN. 168 p.

RUTLEDGE, C.E.; ROBINSON, A.P.; EIGENBRODE, S.D. 2003. Effects of a simple plant morphological mutation on the arthropod community and the impacts of predators on a principal insect herbivore. *Oecologia* 135:39-50.

SARMIENTO, L. MONASTERIO, M.; MONTILLA, M. 1993. Ecological bases, sustainability, and current trends in traditional agriculture in the Venezuelan high Andes. *Mountain Research and Development* 13(2): 167-176.

VAN DER HAMMEN, T.; PABÓN, J.D.; GUTIÉRREZ, H.; ALARCÓN, J.C. 2002. Cambio global en los ecosistemas de alta montaña en Colombia. En C. Castaño (Ed.). *Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM y PNUD: Bogotá.

SIMPOSIOS

ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE PLAGAS DE LA PALMICULTURA
COLOMBIANA

EL MANEJO E IMPORTANCIA DE DEFOLIADORES EN PALMA DE ACEITE

Rosa Cecilia Aldana de la Torre

*Programa de Plagas y Enfermedades, Área de Entomología, Cenipalma, Calle 20^a No.43^a - 50 Piso 4,
Bogotá, Colombia, raldana@cenipalma.org*

RESUMEN. El cultivo de la palma de aceite reúne todas las características favorables para la presencia de gran número de insectos fitófagos, cuyas poblaciones fácilmente pueden adquirir la categoría de plaga. Pero, también presenta diversidad y abundancia de controladores naturales, entre parasitoides, depredadores y organismos entomopatógenos como hongos, virus, bacterias y nematodos. El manejo agronómico del cultivo, el conocimiento de la biología y dinámica poblacional de las plagas defoliadoras, el fortalecimiento de los controladores biológicos mediante la siembra de plantas nectaríferas y la unificación regional de criterios de manejo son componentes importante para reducir los problemas de plagas defoliadoras del cultivo.

INTRODUCCIÓN. En Colombia, el cultivo de la palma de aceite se desarrolla en cuatro zonas geográficas, ecológicamente diferentes, donde se registran una lista amplia de especies de insectos y ácaros fitófagos que se alimentan de las raíces, bulbo, estípites, fruto, cogollo, follaje; algunos por sus altas poblaciones y por la severidad del daño ocasionado son considerados plagas. Estas especies fitófagas pertenecen a grupos taxonómicamente diferentes, con hábitos alimentarios y de comportamiento también diferente.

Entre el grupo de los insectos defoliadores, existe un alto número de especies de lepidópteros, unas 30 especies, y algunos coleópteros cuyo daño inicial es fácilmente compensado por la palma. Sin embargo, la sucesión de generaciones de estas plagas defoliadoras pueden generar pérdida del follaje importante, que se traducen en la reducción de la producción. Algunas de estas plagas, se presentan de manera solitaria o gregaria, en forma sucesiva o simultánea con dos o más especies (Calvache 2002).

A pesar del gran número de especies defoliadoras, en las plantaciones de palma se ha identificado abundante fauna benéfica, en su mayoría parasitoides y depredadores, así como organismos entomopatógenos (hongos, virus (Aldana *et al.* 2010). Este cultivo, por ser perenne, permite la estabilización del agro ecosistema, mediante un adecuado manejo agronómico, conservación de la fauna benéfica, y la liberación de parasitoides y la aplicación inoculativa de microorganismos patógenos (virus y hongos). Para garantizar la eficacia del control de los hongos, virus o parasitoides utilizados para el control de una plaga específica, es fundamental la verificación de su calidad, de las metodologías de liberación o aplicación, equipos empleados y la oportunidad de su aplicación.

El control químico para el control de defoliadores en palma, se continua utilizando con mucha frecuencia, a pesar de utilizar menos insecticidas de amplio espectro y más insecticidas inhibidores de síntesis de quitina o moléculas de nueva generación. No obstante, se debe minimizar su uso, para evitar desbalances en la regulación natural de las poblaciones de insectos plagas y la aparición de nuevas plagas.

Por lo expuesto anteriormente, el conocimiento de la biología de estas plagas defoliadoras, sus hábitos, y sus enemigos naturales, están ligados a las decisiones que se tomen al momento de establecer

estrategias de manejo acordes con sus hábitos o basados en la especificidad de algunos controladores biológicos naturales.

Especies de insectos defoliadores en palma de aceite.

En el cultivo de palma de aceite se han registrado alrededor de 30 especies de insectos que causan defoliación de manera directa entre raspadores, minadores y comedores de follaje. Algunas especies defoliadoras, también son importantes en sus primeros instares, al raspar el follaje facilitando la entrada de hongos que causan el secamiento foliar conocido como la Pestalotiopsis. A este grupo, se suman dos especies de insectos chupadores, *Pleseobyrsa bicinta* y *Leptopharsa gibbicarina*, conocidos como chinches de encaje, siendo *L. gibbicarina* el más importante por las altas poblaciones, y cuyo control se ha dirigido al uso de insecticidas químicos (Aldana *et al.* 2010).

En la tabla 1, se relacionan las plagas defoliadores más importantes del cultivo, entre las que se encuentran *Stenoma cecropia* Meyrick y *Loxotoma elegans* Zeller (Lepidoptera: Elachistidae), *Euprosterina elaeasa* Dyar, *Natada subpectinata* Doguin y *Sibine* spp. (Lepidoptera: Limacodidae) y dos especies de coleópteros, *Hispoleptis subfasciata* Piceus (Coleoptera: Chrysomelidae) y *Leucothyreus femoratus* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae), siendo importantes en las Zonas palmicultoras Central y Oriental principalmente. Hay varias especies de insectos defoliadores como *Opsiphanes cassina* Felder y *Brassolis sophorae* (Lepidoptera: Brassolidae), *Acraga ochracea* Walker (Lepidoptera: Dalceridae), *Struthocelis semiotarsa* Meyrick y *Durrantia* pos. *arcanella* Busck (Lepidoptera: Oecophoridae), *Antaeotracha* sp. (Lepidoptera: Elachistidae), *Oiketicus kirbyi* Guilding (Lepidoptera: Psychidae), *Automeris liberia* Cramer y *Dirphia gragatus* Bouvier (Lepidoptera: Saturnidae), *Phobetron*, *Norape* (Lepidoptera: Megalopygidae), y otras especies de limacodidos registradas en todas las zona palmicultoras, que se presentan de manera esporádica o que solo en una pocas plantaciones o subregiones alcanzan niveles de plaga (Tabla 1).

Tabla 1. Plagas defoliadoras de mayor importancia en las diferentes Zonas palmicultoras de Colombia. *facilitadores de la Pestalotiopsis.

| Especie | Zona Norte | Zona Central | Zona Oriental | Zona Suroccidental |
|-------------------------------|------------|--------------|---------------|--------------------|
| <i>Stenoma cecropia</i> * | x | x | | x |
| <i>Loxotoma elegans</i> * | | | x | |
| <i>Euprosterina elaeasa</i> * | x | x | x | x |
| <i>Natada subpectinata</i> * | | | x | |
| <i>Sibine</i> spp.* | x | x | x | x |
| <i>Opsiphanes cassina</i> | x | x | x | x |
| <i>Brassolis sophorae</i> | | x | x | |
| <i>Antaeotracha</i> sp.* | | x | x | |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| <i>Struthocelis semiotarsa</i> * | | x | | x |
| <i>Durrantia</i> pos. <i>Arcanella</i> * | x | x | x | |
| <i>Automeris liberia</i> | | x | x | |
| <i>Dirphia gragatus</i> | | x | x | |
| <i>Norape</i> sp.* | | x | | |
| <i>Phobetron</i> | | x | x | |
| <i>Leucothyreus femoratus</i> | | x | x | |
| <i>Hispoleptis subfasciata</i> | x | x | x | |
| <i>Atta</i> spp. | x | x | x | x |

La importancia de los defoliadores en el cultivo, depende de la capacidad defoliadora y de la densidad de población de la plaga. Entre los defoliadores encontramos especies como *L. elegans*, *S. cecropia*, *E. elaeasa*, *N. subpectinata*, que tienen una capacidad de consumo de área foliar de 30 a 60 cm² por individuo durante el estado de larva. Estas especies se presentan con bajas poblaciones (1 o 2 larva en promedio por palma), ocupando áreas importantes del cultivo durante parte del año. Pero, sus poblaciones generalmente se incrementan significativamente de una generación a otra durante la época seca, alcanzando poblaciones desde 50 hasta 300 larvas por hoja, dando lugar a defoliaciones severas.

Otro grupo de especies defoliadoras, *O. cassina*, *B. sophorae*, *A. liberia*, *D. gragatus* y varias especies de *Sibine* spp., algunas de ellas gregarias (entre 20 y 200 individuos) y de hábitos nocturnos, con una alta capacidad de consumo foliar, entre 350 hasta 800 cm² por individuo durante el estado de larva. Estas plagas, que se presentan menos distribuidas en la plantación, pueden ocasionar defoliaciones severas rápidamente aun cuando se presenten poblaciones bajas, debido a la voracidad de las larvas, lo cual se vuelve crítico cuando de una generación a otra, pueden ocasionar hasta el 100% de defoliación del cultivo.

Lo anterior, como consecuencia de la reducción del control biológico natural que se ve afectado por la ausencia de plantas benéficas, que alberguen los enemigos naturales de las plagas, o del manejo de estas plantas, lo que conlleva a bajos porcentajes de parasitismo, defoliaciones severas y el uso continuo de insecticidas químicos.

Controladores biológicos

A pesar del gran número de especies defoliadoras, en las plantaciones de palma se ha identificado abundante fauna benéfica, en su mayoría parasitoides y depredadores, así como organismos entomopatógenos (hongos, virus, nematodos). Sobresalen los parasitoides de huevos *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Ooencyrtus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) y *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae); parasitoides de larvas como *Casitaria* spp, *Rhysipolis* spp., *Cotesia* (Braconidae), y *Elasmus* spp., y *Tetrastichus* (Eulophidae); parasitoides de pupas especialmente de la familia Chalcididae, *Conura* spp., *Spilochalcis* spp., *Brachymeria* spp., y varias especies de las familias

Ichneumonidae y Tachinidae; los depredadores de larvas y pupas, de la familia Pentatomidae como *Alcaeorhynchus grandis* y *Podissus* sp., y varias especies de Reduviidae, coleópteros de las familias Carabidae y Cicindelidae y hormigas depredadoras como *Crematogaster* spp y *Pachycondyla* spp.

También, se han recuperado varias cepas nativas de los hongos *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii* e *Isaria* sp., que han mostrado ser altamente virulentas hacia algunas de estas plagas defoliadoras como *L. elegans*, *S. cecropia* y *L. gibbicularina*; y los virus de la granulosis, densonucleosis y poliedrosis que afectan en condiciones naturales estas plagas defoliadoras.

La multiplicación masiva de muchos de estos controladores biológicos es dispendiosa y costosa, dado que no se conocen hospederos alternos, a lo que se suma la falta de información sobre las especies clave para el control de estas especies defoliadoras. Se ha logrado la multiplicación de algunos parasitoides, entre ellos *Trichogramma* spp., *Ooencyrtus*, hongos entomopatógenos y virus. Sin embargo, algunos factores han limitado su uso, como son la falta de conocimiento de la biología de las plagas, la disponibilidad y calidad de estos controladores biológicos, la oportunidad de su liberación o aplicación sobre la plaga blanco, lo que ha conllevado al uso continuo de insecticidas inhibidores de síntesis de quitina.

Evaluación de plagas defoliadoras.

Para determinar en forma oportuna los niveles de población de las plagas, el daño que causan y evaluar la fauna benéfica existente, se debe disponer de un método de muestreo confiable y rápido. Este muestreo varía con las condiciones existentes, como son el tamaño de la plantación y de los lotes y la edad del cultivo, observaciones de campo y laboratorio, y el análisis inmediato de los datos (Zenner y Posada, 1992). El muestreo industrial de plagas defoliadoras, se realiza cuantificando el número de individuos de una palma por hectárea, la evaluación especial se realiza para identificar focos de la plaga y en estos muestreo se evalúa los enemigos naturales. El objetivo es evaluar periódicamente el nivel de parasitismo y depredación, como también el control microbiológico, importantes para la toma de decisiones respecto a las medidas de control (Urbina, 2002). No obstante, los factores de mortalidad natural de las plagas no se consideran en muchas ocasiones.

Manejo de defoliadores.

Desde las primeras fases de desarrollo, la palma de aceite es susceptible al ataque de insectos plaga. El seguimiento permanente de las poblaciones de las plagas para la detección oportuna de una infestación, ayuda a seleccionar un tratamiento apropiado (físicos, mecánicos, químicos o biológicos), para lograr un control eficaz de la plaga blanco. El manejo agronómico del cultivo (nutrición, poda, cosecha, manejo drenajes, coberturas), el conocimiento de la biología de las plagas defoliadoras y de las relaciones existentes entre insectos parasitoides, plagas y algunas especies vegetales, son fundamentales en los programas de manejo de insectos defoliadores, donde los factores de mortalidad natural se convierten en una herramienta útil. Un factor importante, en el manejo de los defoliadores en el cultivo, es la deficiencia en la aplicación de las normas mínimas agronómicas de manejo, en la mayoría de los casos, no se cuenta con personal suficiente, ni entrenado para realizar actividades de monitoreo, ni aplicación de controles de manera eficaz.

La deficiencia en los muestreos al no registrar el control biológico, el desconocimiento de la biología y hábitos de la plaga, circunstancias que individualmente o en conjunto conllevan contribuyen al

problema de las plagas defoliadoras. Para favorecer los factores de mortalidad natural es necesario promover y mantener las plantas benéficas en los lotes, las cuales se podan antes de iniciar la época seca, esto garantiza que las plantas emitan nuevas hojas y que los nectarios extraflorales estén funcionales. El monitoreo de plagas provee información sólida, cuando se registra el control biológico natural en los muestreos. Realizar controles preventivos de focos de las plagas, cuando sus poblaciones son bajas, permite utilizar hongos, virus o la liberación de parasitoides, y que actúen otros enemigos naturales.

Plantas nectaríferas. Con la creación de grandes plantaciones de palma de aceite se ha provocado, como en todo cultivo extensivo, una profunda modificación del medio ambiente, que se refleja en la reducción de la flora útil, sin la cual es poco probable la supervivencia de los insectos benéficos que en su hábitat natural interactúan con los insectos fitófagos y de este modo regulan sus poblaciones (Genty 1998). Sin embargo, las características de cultivo perenne, permite la aplicación de algunas variables de manejo que modifican el hábitat, promoviendo la biodiversidad, y hacen posible estabilizarlo. En este sentido, las plantas nectaríferas ofrecen a los parasitoides y depredadores, néctares (nectarios intra y extraflorales), polen, sabia y presas que les permiten sobrevivir, impactando positivamente la dinámica poblacional de los insectos benéficos (Risch *et al.* 1983).

La modificación del hábitat mediante el uso de plantas nectaríferas y su efecto en la abundancia y diversidad de insectos herbívoros y sus enemigos naturales está bien documentado en trabajos como los de Nicholls *et al.* (2001), que muestran el efecto de corredores de vegetación en la reducción de la abundancia de las plagas. En palma de aceite se han realizado estudios que muestran el efecto positivo del uso de plantas atrayentes de la entomofauna benéfica, en los cuales concluyen que el fomento de la biodiversidad dentro o alrededor de los lotes de palma de aceite (Aldana *et al.* 2004; Aldana 2002; Desmier de Chenon *et al.* 2002; Mexzon 1999; Aldana 1998; Mexzon y Chinchilla 1996; Calvache 1995; Delvare y Genty 1992).

La alimentación principal de los parasitoides está basada en sustancias azucaradas secretadas por los pelos o nectarios extraflorales de diferentes plantas, que se caracterizan por atraer un gran número de parasitoides. En las zonas palmicultoras del país existen diferentes especies vegetales que contribuyen al establecimiento de esta fauna benéfica. Las especies más importantes son plantas herbáceas perennes fáciles de multiplicar como *Urena trilobata* Velloso, *U. lobata* y *Sida rhombifolia* (Malvaceae), *Cassia reticulata* y *C. tora* (Leguminosae), *Triumfetta lappula* (Tiliaceae), e *Hyptis atrorubens* (Labiatae). Hay otras plantas igualmente importantes semestrales o anuales que se encuentran frecuentemente en los bordes de lotes, que por los costos de siembra y dificultad para la consecución de sus semillas se recomienda reconocerlas para que puedan conservarse en el momento en que se estén realizando actividades de mantenimiento. Estas plantas son *Hyptis capitata* (Labiatae), *Crotalaria* sp. (Leguminosae), *Heliotropium indicum* (Boraginaceae), *Solanum nigrum* (Solanaceae), *Croton trinitatis* (Euphorbiaceae), *Borreria laevis* (Rubiaceae) y *Stachytarpheta cayenensis* (Verbenaceae) (Aldana *et al.* 1996; Argumero 2000).

La capacidad atrayente de insectos hacia las plantas nectaríferas parece responder a la abundancia y permanencia de recursos alimentarios. Algunas de estas malezas poseen tricomas glandulosos en las hojas (*Solanum jamaicense*), nectarios en la unión de las venas (*B. aculeata*, *U. lobata*), en los pecíolos de las hojas (*Cassia tora*), frutos (*S. melaleuca*), estipulas modificadas (*Cassia reticulata*) (Mariau 1999) y *T. lappula* presenta glándulas extraflorales localizadas en los denticulos de los borde las hojas aserradas (Argumero 2000). Además, las secreciones de los nectarios proporcionan alimento rico en

carbohidratos como glucosa, sacarosa, fructuosa y algunos aminoácidos esenciales para alcanzar una fecundidad y longevidad normal de los adultos de los parasitoides (Baker y Baker 1973, Desmier de Chenon *et al.* 2002, Delvare y Genty 1992, Baggen y Gurr 1998, Carrillo *et al.* 2006).

Aunque hay muchos trabajos donde se sustenta la importancia de las plantas nectaríferas en el establecimiento de los insectos parasitoides de insectos fitófagos en palma de aceite (Mariau 1999, Aldana *et al.* 2004, Mexzon 1999), son pocos los trabajos dirigidos al conocimiento de las interacciones planta - parasitoide. Argumero (2000) estudió la relación de la presencia de dos plantas nectaríferas *Urena lobata* y *Triumfetta lappula*, con la fluctuación de poblaciones del insecto fitófago *Euprosterna elaeasa* y el parasitismo natural. Así mismo, relacionó la funcionalidad de los nectarios extraflorales y la fenología de las plantas con la presencia de micro himenópteros. En este estudio, se registraron cerca de 91 morfo especies de micro himenópteros asociadas a *U. lobata*, donde la mayor diversidad de especies pertenecía a la familia Braconidae (18 especies), seguida por Ichneumonidae (15 especies) y Chalcididae (12 especies); en menor proporción se registraron las familias Eulophidae, Evaniidae y Elasmidae. En *T. lappula* se registraron 23 morfo especies de las familias Braconidae (14) y Chalcididae (7), además de Ichneumonidae, Eulophidae y Elasmidae (Aldana *et al.* 2004). Los resultados mostraron además, que las plantas en la época seca fueron un reservorio importante para los insectos parasitoides. La fluctuación poblacional de los micro himenópteros estuvo relacionada con el estado de desarrollo del insecto fitófago afectado. La abundancia de insectos benéficos se redujo durante la época seca, debido a la reducción en la funcionalidad de los nectarios extraflorales al finalizar el ciclo vegetativo. Esto condujo la generación de manejo de estas plantas, realizando una poda entre octubre y noviembre, cuando está finalizando la época de lluvia, para favorecer la producción de hojas con nectarios funcionales, que les permiten ofrecer a los parasitoides alimento durante la época seca.

Liberación de parasitoides. El éxito en la liberación de parasitoides está relacionado con el conocimiento de la biología tanto del hospedero como del huésped y las interacciones entre ellos, lo que permite establecer el momento oportuno de la liberación, la cual debe estar acompañada de la metodología de liberación adecuada. Un ejemplo de ello, es el desarrollo de la metodología de refrigeración escalonada y liberación de *Trichogramma* sp., parasitoide de huevos de *L. elegans*, que ha demostrado ser eficaz al controlar entre el 80 y 92% de la población de huevos de esta plaga (Aldana y Aldana *et al.* 2013).

Organismos entomopatógenos. El control biológico está limitado por la calidad de los productos que se consiguen comercialmente y que en su mayoría no cumplen con las especificaciones requeridas, por las condiciones climáticas, y por su patogenicidad y virulencia, que finalmente, favorecen o no su establecimiento, desarrollo y diseminación de los hongos en el cultivo (Valencia, 2003). En cultivos de palma de aceite, la bacteria *Bacillus thuringiensis*, se usa con eficacias para el control de *E. elaeasa* y varias especies de Limacodidae. Para *S. cecropia*, *L. elegans* se han logrado seleccionar cepas virulentas de *Beauveria bassiana* (Aldana *et al.* 2010).

Control Mecánico. Está dirigido cambiar la actividad fisiológica de las plagas por medios diferentes a los insecticidas, alterando su medio ambiente o capturándolas de manera directa (Calvache, 2002) o mediante el uso de trampas (Betancourt *et al.* 2005). El tamaño de muchas especies de insectos plagas como *B. sophorae*, *O. cassina*, *D. gragatus*, y *A. liberia*, facilitan el reconocimiento de los sitios donde se presentan las mayores poblaciones, de este modo, comúnmente se realiza la recolección de los diferentes estados de desarrollo de *B. sophorae*, *O. cassina*, *D. gragatus*, la destrucción o perturbación de sitios donde empupa *O. cassina* y *B. sophorae* (Aldana *et al.* 2010).

Otros métodos de control.

Control cultural. Involucra actividades agronómicas como son la fertilización, riegos, podas, cosecha y manejo de desechos, las cuales se realizan con el fin de incrementar la producción o reducir los daños derivados por la presencia de plagas. Estas no deben realizarse de manera independiente, sin considerar el efecto de todas y cada una de ellas sobre las interacciones de los componentes del ecosistema de la palma de aceite (Aldana, 2002).

Nutrición del cultivo. Juega un papel importante en el manejo del secamiento foliar causado por el complejo fungoso *Pestalotiopsis*, a pesar de la relación que tiene con las plagas que en sus primeros instar hacen raspaduras en el follaje y los chinches de encaje. Estudios realizados por Motta *et al.* (2004), determinaron la relación entre la nutrición y la severidad del daño causado por la *Pestalotiopsis* encontrando que la enfermedad disminuye de manera significativa mediante el balance de la nutrición del cultivo. Altas concentraciones de N y deficiencias de K están relacionadas con la alta severidad de la enfermedad. En la tabla 2 se relacionan los valores de referencia de las relaciones cuantitativas entre algunos nutrientes que pueden utilizarse como criterios de manejo Motta *et al.* (2004).

Tabla 2. Relación entre los niveles de nutrientes en la hoja 17 de la palma y la severidad de la *Pestalotiopsis*.

| Nutrientes | Contenido foliar | Severidad de la <i>Pestalotiopsis</i> | Nivel óptimo foliar de nutrientes |
|-------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| K | Alto | Reduce | 1,1 |
| (Ca+Mg)/K | Alto | Incrementa | 0,8 |
| N/K | Alto | Incrementa | <2,3 |
| [(K+Mg)/Ca] | Bajo | Incrementa | >2,3 |
| Ca/K | Alto | Incrementa | <0,6 |
| Ca/Mg | Alto | Incrementa | <0,2 |

Control químico. Debe ser la última acción para el control, ya que el uso de un insecticida produce ruptura en el sistema. Para usarlos, se debe tener en cuenta la presencia de enemigos naturales, elección del tipo de insecticida y dosis y la oportunidad de aplicación, de acuerdo con el desarrollo de la plaga. Sin embargo, en la mayoría de los caos se realizan aspersiones de insecticidas, sin especificaciones técnicas, dirigidas al follaje para controlar plagas defoliadoras.

Aspersiones foliares. La mayoría de las aplicaciones de productos biológicos o insecticidas inhibidores de síntesis de quitina dirigidos a plagas defoliadoras en palma se realizan mediante aspersiones aéreas. Para asegurar una aplicación eficaz, éstas se realizan cuando los insectos inician el consumo de la lámina foliar. Lo anterior, teniendo en cuenta que las larvas de estos insectos se ubican por el en vez de los foliolos y que durante los primeros instares hacen raspaduras, por cuando no entran en contacto directo con estos hasta que no inician el consumo de la lámina foliar.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece el apoyo financiero al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma y al Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS, a través del convenio RC No. 745 2011.

BIBLIOGRAFIA.

- ALDANA, J. A. 2002.** Plantas nectaríferas en la regulación d insectos defoliadores y su manejo en plantaciones de palma de aceite. p. 23-44. En: Manejo integrado de plagas en la palma de aceite, H. Calvache editor. Cenipalma. 205p.
- ALDANA, J. A. 1998.** Aspectos generales de los parasitoides. p 48-56. En: Memorias segundo curso nacional sobre control biológico de las plagas de la palma de aceite. Villavicencio. Cenipalma. 84p.
- ALDANA, J. A. ALDANA R. C. 2013.** Liberación de *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) con refrigeración escalonada, para el control de defoliadores en palma de aceite. Resúmenes 40 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Universidad El Bosque, Bogotá. Julio 10 al 12 de 2013. 54p.
- ALDANA, J. A. CALVACHE, H.; DAZA, C. 2004.** Importancia de las plantas nectaríferas y alternativas de manejo Palmas 25 (especial tomo II): 194-206.
- ALDANA, J. A. CALVACHE, H. CASTRO, P. ESCOBAR, B. DIAZ, A. PICON, J. 1996.** Las plantas arvenses en el manejo integrado de plagas. Palmas 18 (1): 11-21.
- ALDANA, R. C. ALDANA, J. A. CALVACHE, H. FRANCO, P. N. 2010.** Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. Cuarta Edición. Convenio 0094 de 2009 Sena-Cenipalma. Bogotá-Colombia. 198 p.
- ARGUMERO, E. 2000.** Evaluación de la atracción de dos plantas nectaríferas sobre algunos insectos potencialmente benéficos en palma de aceite y funcionalidad de los nectarios extraflorales en relación con la fonología. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 41 p.
- BAGGEN L. GURR G. 1998.** The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Biological control 11 (1): 9-17.
- BAKER H. G. BAKER I. 1973.** Aminoacids in nectar and their evolutionary significance. Nature 241: 543-545.
- BETANCOURT, F. ALDANA, R. C. VELASQUEZ, F. BENÍTEZ, E. 2005.** Evaluación de cinco tipos de trampas para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina* CENIAVANCES No.123. 4p.
- CALVACHE, H. 1995.** Manejo integrado de plagas de la palma de aceite. Palmas 16 (Número especial): 255-264.
- CALVACHE, H. 2002,** Control físico y mecánico de insectos plagas. p 89-93. En: Manejo integrado de plagas en la palma de aceite, H. Calvache editor. Cenipalma. 205p.

- CALVACHE, H. 2002.** Manejo Integrado de plagas en el agrosistema de la palma de aceite. En: Manejo integrado de plagas en la palma de aceite, H. Calvache editor. Cenipalma. 205p.
- CARRILLO, D.; SERRANO, M. S. TORRADO-LEÓN, E. 2006.** Efecto de plantas nectaríferas sobre la reproducción de *Diadegma aff insulare* Cresson (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitoide de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Revista Colombiana de Entomología 32 (1): 18-23.
- DELVARE, D. GENTY, P. 1992.** Interés de las plantas atractivas para la fauna auxiliar de las plantaciones de palma aceitera en América Tropical. Oleagineux 47 (10): 551-558.
- DESMIER DE CHENON, R. HAISBUAN, H. SUDHARTO, P. S. PURBA, R. Y. 2002.** Importance of food plants for parasitoids in the control of nettle caterpillars and bagworms in oil palm plantations. International Oil Palm Conference. Nusa. Dua Bali. 1-9 p.
- DUMAR, F. MOTTA, D. ARIAS, N. MUNÉVAR, F. ALDANA, J. A. RAIRÁN, N. CÓRDOBA, H. ESTEBAN, J. CALVACHE, H. 2004.** Relación entre la nutrición del cultivo y la incidencia de la Pestalotiopsis de la palma de aceite en las zonas Norte y Central de Colombia. Palmas 25 (No. Especial, Tomo II): 179-185.
- GENTY, PH. 1998.** Reflexiones sobre el manejo integrado de plagas en plantaciones industriales de palma de aceite. Palmas 18 (3): 51-59.
- MARIAU D. 1999.** Papel de los parasitoides en el control de los defoliadores de la palma de aceite. En: Palmas 19 (3): 37-42.
- MEXZON R. CHINCHILLA, C. 1996.** Enemigos naturales de los artrópodos perjudiciales a la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq). ASD Oil Palm Paper (Costa Rica) 19: 25-32.
- MEXZON, R. CHINCHILLA, C. 1999.** Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Costa Rica: ASD de Costa Rica. San José: Board; 23-39p.
- NICHOLLS, C. PARRELLA, M. ALTIERI, M. A. 2001.** The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. Landscape Ecology 16 (2): 133-146.
- RISCH, S. J. ANDOW, D. ALTIERI, M. A. 1983.** Agroecosystem diversity and pest control: Datam tentative conclusions, and new Research directions. Environmental Entomology 2 (12): 625-629.
- URBINA, L. 2002.** II Curso Internacional Manejo del cultivo de palma aceitera, Maracaibo,
- VALENCIA, C. 2003.** Control microbiano. Manejo integrado de plagas de la palma de aceite. Segunda edición. Septiembre de 2003. p 95-130
- ZENNER DE POLANIA I. POSADA, J. 1992.** Manejo de insectos plaga y benéficos de la palma africana. ICA, Manual de asistencia técnica No. 54.

IDENTIFICACIÓN DEL VECTOR DEL AGENTE CAUSANTE DE LA MARCHITEZ LETAL DE PALMA DE ACEITE

Mauricio Arango¹, Gerardo Martínez²

¹Ing. Agrónomo, M.Sc., Asistente de Investigación, Área de Fitopatología, Cenipalma; ² Ing. Agrónomo Ph.D. Coordinador del Programa de Plagas y Enfermedades, Cenipalma

Programa de Plagas y Enfermedades, Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite. Cenipalma. Correo electrónico de contacto: gerardo.martinez@cenipalma.org

RESUMEN. La Marchitez letal de la palma de aceite (ML) es la segunda enfermedad más limitante del cultivo en Colombia y la primera en la Zona Oriental (ZO). Entre la década de 1965 y 1975 en la Zona Central (ZC) una patología con características similares se llamó Marchitez sorpresiva, los síntomas se reprodujeron al emplear adultos de *Haplaxius crudus*. El objetivo de la presente investigación fue verificar la presencia de insectos vectores asociados a la ML y el papel de *H. crudus* en la diseminación del patógeno responsable de la enfermedad. En parcelas seleccionadas se realizó durante tres años consecutivos control total de la vegetación acompañante al cultivo y aplicaciones mensuales de insecticidas. En un segundo ensayo, adultos de *H. crudus* obtenidos de una colonia de cría se alimentaron durante 2,7 días en promedio sobre palmas con ML, se les permitió cinco días de incubación y finalmente fueron expuestos al follaje de palmas sanas durante 2,6 días en promedio. Los resultados mostraron que la incidencia y la tasa de desarrollo de la ML (r) fueron de 1% y de 0,0004 al aplicar insecticidas más herbicida, en el tratamiento control los valores fueron de 7,6% y 0,0539 respectivamente. *H. crudus* transmitió el agente causante de la ML en un 21% y 6% en palmas tratamiento y control respectivamente; situación justificada por las condiciones experimentales empleadas. El período de incubación del patógeno en la palma fue de 167 días en promedio. Se concluyó que el patógeno responsable de la ML se diseminó por insectos vectores y que uno de ellos fue *Haplaxius crudus*.

INTRODUCCIÓN. La segunda enfermedad más limitante del cultivo de la palma de aceite en Colombia es la Marchitez letal (ML) (Martínez, 2011). De acuerdo con la Coordinadora de Manejo Sanitario (2010), entre 1994 y 2010 aproximadamente 1000 hectáreas del cultivo se erradicaron por la enfermedad entre los departamentos de Meta, Casanare y Cundinamarca.

Según Arango *et al.*, (2011), la ML es una enfermedad letal que afecta las palmas a partir de la etapa reproductiva. Las plantas infectadas presentan secamientos foliares, pudrición de inflorescencias, de racimos verdes y maduros y, finalmente desprendimientos de frutos (Arango *et al.*, 2011).

El agente causante de la ML no ha sido identificado, al respecto Álvarez y Claroz (2002), afirmaron que el patógeno asociado a la enfermedad es un fitoplasma; sin embargo, en posteriores observaciones realizadas por la Universidad de Florida (EEUU) y del Centro de Investigaciones de Palma de Aceite en Colombia (Cenipalma), no se confirmó esta teoría (Romero, 2010).

Entre la década de 1965 y 1975 se reportó en la Zona Central palmera de Colombia, una enfermedad con características sintomatológicas similares a las que actualmente se observan en las palmas diagnosticadas con ML en la Zona Oriental (Martínez 2011). De acuerdo con Mena *et al.*, (1975) y Martínez *et al.*, (1976), el disturbio se llamó Marchitez sorpresiva (MS); sin embargo, más adelante al identificar en algunas de las plantas infectadas la presencia de protozoarios flagelados Martínez (1985), propuso definir este disturbio como MS caso A y Caso B.

Entre las prácticas de manejo de la enfermedad presente en la Zona central, Martínez *et al.*, (1976) evaluó el control de la vegetación acompañante al cultivo y la aplicación frecuente de insecticidas dirigidos al follaje de las palmas. Se encontró que la incidencia acumulada de la enfermedad disminuyó a niveles inferiores al 3% cuando ambas medidas se implementaron conjuntamente, producto de reducir la población de insectos vectores y sus hospederos.

De acuerdo con Mena y Martínez (1977), en las pruebas de transmisión del agente causante de la MS caso B; es decir, en las palmas donde no se identificaron protozoarios flagelados; los adultos de *Haplaxius pallidus* hoy *Haplaxius crudus* lograron reproducir los síntomas de la enfermedad a palmas sanas, luego de ser expuestos a palmas enfermas para permitir la adquisición del patógeno responsable de la enfermedad. Este insecto también fue registrado por Howard y colaboradores (1983) y Howard y Gallo (2006), como el vector del fitoplasma causante del Amarillamiento letal del cocotero.

El objetivo del presente estudio fue verificar la presencia de insectos vectores asociados a la diseminación del patógeno que causa la ML y el papel de *Haplaxius crudus* en la diseminación del agente causante de la enfermedad en la Zona Oriental palmera de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo 1. Efecto de controlar la población de insectos y las especies hospederas en el desarrollo de la ML.

Se seleccionó en la plantación Palmeras Santana Ltda., ubicada en el Bajo Upía, un lote material IRHO 2501 siembra 2004 dónde aún no se registraban casos de ML, pero con fuerte presión de inculo proveniente de lotes aledaños. Al interior del sector seleccionado se delimitaron 16 parcelas experimentales distribuidas bajo arreglo espacial de bloques completos al azar y con 25 palmas efectivas cada parcela (Fig. 1).

Durante 31 meses se implementaron en las 16 parcelas experimentales cuatro tratamientos, los cuales incluyeron aplicaciones mensuales de insecticidas y herbicidas para el control de los insectos y sus especies hospederas respectivamente; los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera:

Tratamiento I. Aplicaciones conjuntas de insecticidas dirigidos al dosel de la palma, más herbicidas dirigidos a la vegetación acompañante.

Tratamiento II. Aplicaciones de insecticidas dirigidos al dosel de la palma.

Tratamiento III. Aplicaciones de herbicidas dirigidos a la vegetación acompañante.

Tratamiento IV o control. Manejo sin aplicación de productos químicos.

En el tratamiento control se conservó la población de arvenses que se presentó en la zona y no se realizó ningún control de insectos; solo se efectuó una rocería manual de la vegetación acompañante cada mes durante los 18 primeros meses y con guadaña hasta la finalización del ensayo (Fig. 1).

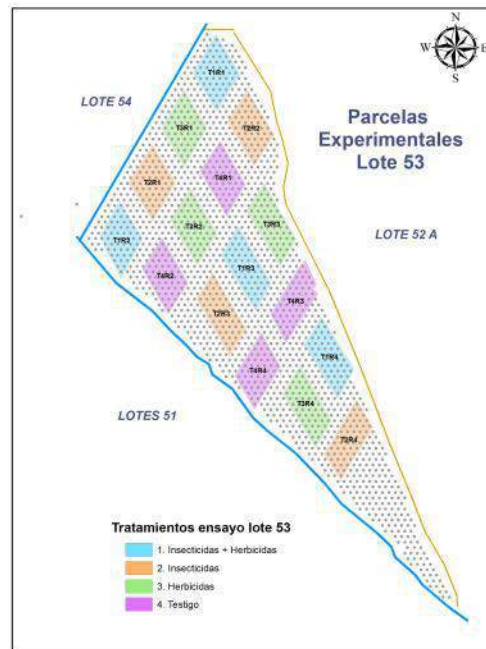


Figura 1. Distribución de las parcelas al interior de lote seleccionado.

Las formulaciones empleadas para el manejo de la población insectos fueron durante los dos primeros años Thiametoxan + Lambdacialotrina (Engeo ®), Metamidofos (Tamaron ®) y Tiociclam (Evisect ®); durante el último año se cambiaron por Imidacloprid (Confidor ®) y Carbosulfan (Eltra ®), de acuerdo con evaluaciones posteriores realizadas por Sierra *et al.*, (2011), en las cuales se obtuvo mejor efecto residual. Para el control total de la vegetación acompañante se aplicó glifosato.

A partir del primer del primer caso de ML que se presentó, se registró quincenalmente de incidencia de la enfermedad, con el fin de evaluar, la tasa de desarrollo y el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE).

Ensayo 2. Transmisión del agente causante de la ML empleado adultos de *H. crudus*.

Se seleccionó en la Plantación Palmar del Oriente S.A. un lote siembra 2007 material Compacta x Nigeria. Tres años después de establecidas las palmas en campo y con el inicio de su edad reproductiva se procedió a realizar las pruebas de transmisión con adultos de *H. crudus*.

Tres meses antes del inicio del ensayo y tres meses después de concluido, mensualmente se realizaron aplicaciones de insecticidas dirigidos al follaje de las palmas, con el fin de evitar infecciones no controladas ocasionadas por insectos que migraran de lotes aledaños.

Establecimiento de colonias de *H. crudus*.

Se establecieron colonias de *H. crudus* sobre plantas previamente sembradas de *Paspalum virgatum* y *Elaeis guineensis*, para la alimentación de los estados inmaduros y los adultos respectivamente. Se ubicaron dos lugares de cría, el primero en la plantación Palmas de Casanare, el cual se destinó a la obtención de adultos para los trabajos de adquisición en palmas enfermas, tratamiento I y el segundo en el municipio de Villanueva (Casanare), fuera de una plantación de palma de aceite; los adultos obtenidos de allí se alimentaron sobre palmas sanas para usarlos como control, tratamiento II.

De ambas colonias de cría, los adultos recién emergidos se trasladaron en recipientes plásticos y se expusieron durante dos días al follaje de plantas infectadas por la ML y palmas sanas respectivamente. (Fig. 2).



Figura 2. Instalación de los recipientes plásticos que contenían adultos recién emergidos de *H. crudus* en las palmas sanas y enfermas.

Al retirar los insectos los recipientes se llevaron a cada una de las colonias de cría según su procedencia; los adultos de *H. crudus* se liberaron y mantuvieron durante cinco días en nuevas bandejas de cría que contenían además de una planta de *P. virgatum* sembrada con anterioridad, folíolos de una palma establecida en el sitio de la colonia. Esta actividad permitió que los insectos expuestos en palmas enfermas tuvieran la oportunidad de incubar el agente causante de la ML en condiciones favorables para su desarrollo (Fig. 3).

Finalizado el tiempo de incubación, los adultos sobrevivientes se recolectaron nuevamente en los recipientes plásticos en grupos de diez insectos entre machos y hembras; los recipientes fueron instalados en palmas sanas a inocular, de la misma manera que en la prueba de adquisición (Fig. 3). Cada recipiente permaneció en el follaje de la palma por 48 horas y después los envases contenedores se trasladaron a una nueva palma del lote experimental (Fig. 3).

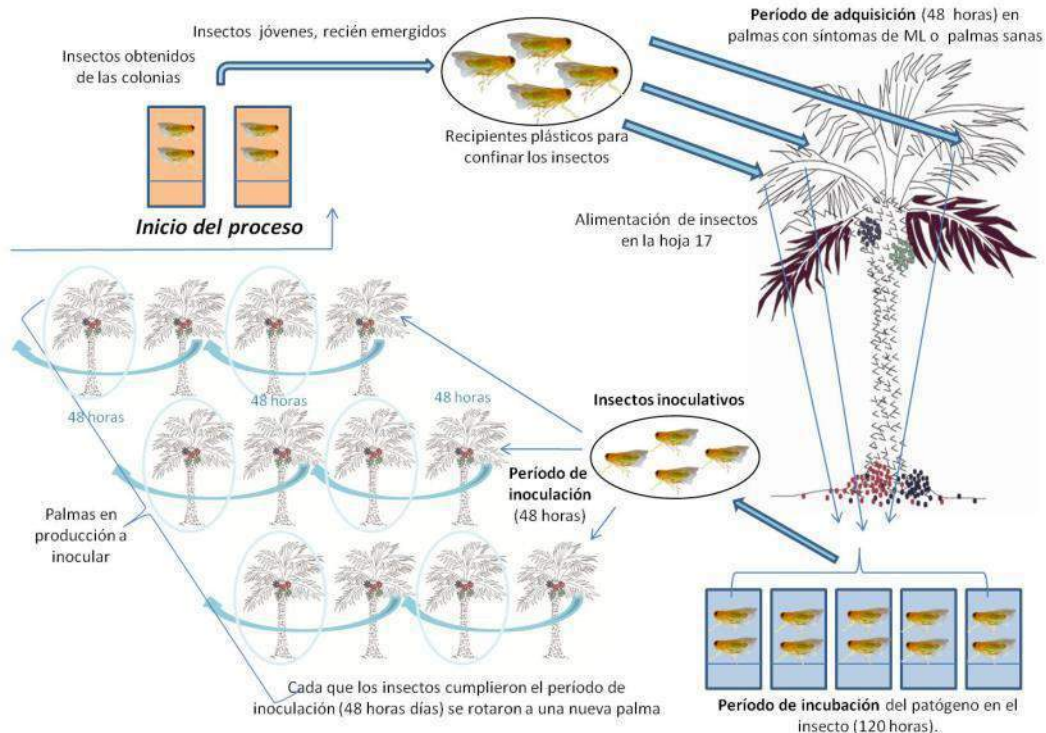


Figura 3. Flujo de los procesos de adquisición, incubación del patógeno en los insectos e inoculación en palmas sanas en estado reproductivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1. Efecto de controlar la población de insectos y sus especies hospederas en el desarrollo de la ML.

Durante el primer año de evaluación se presentaron en toda la parcela 84 palmas infectadas por la ML, de éstas el 71% de las plantas se situó en las dos líneas superiores del lote (Fig. 4A). Esta situación se presentó porque la ubicación de estas parcelas coincidió con una zona de avance de la enfermedad, proveniente del lote 54.

De las 84 plantas enfermas que se presentaron durante el año uno, el 50% de los casos se presentó al interior de las parcelas experimentales, el restante 50% se ubicó en las líneas de palmas que separaron los lotes y en las cuales no se realizaron aplicaciones de insecticidas ni control de la vegetación acompañante al cultivo (Fig. 4A).

Durante el segundo año de evaluación se presentaron 29 palmas infectadas por la ML; es decir una reducción del 65% frente al año anterior en el número de casos. Adicionalmente nueve de las palmas infectadas se presentaron al interior de las parcelas y, las restantes 20 se ubicaron entre las líneas que separaron los lotes (Fig. 4B). En el tercer año se presentaron cuatro casos al interior de todo el lote, lo que representó una reducción del 95% y del 86% frente al primer y segundo año respectivamente; en este año un caso se presentó al interior de una parcela experimental y los otros tres en las márgenes que no incluyeron ningún tratamiento (Fig. 4C).

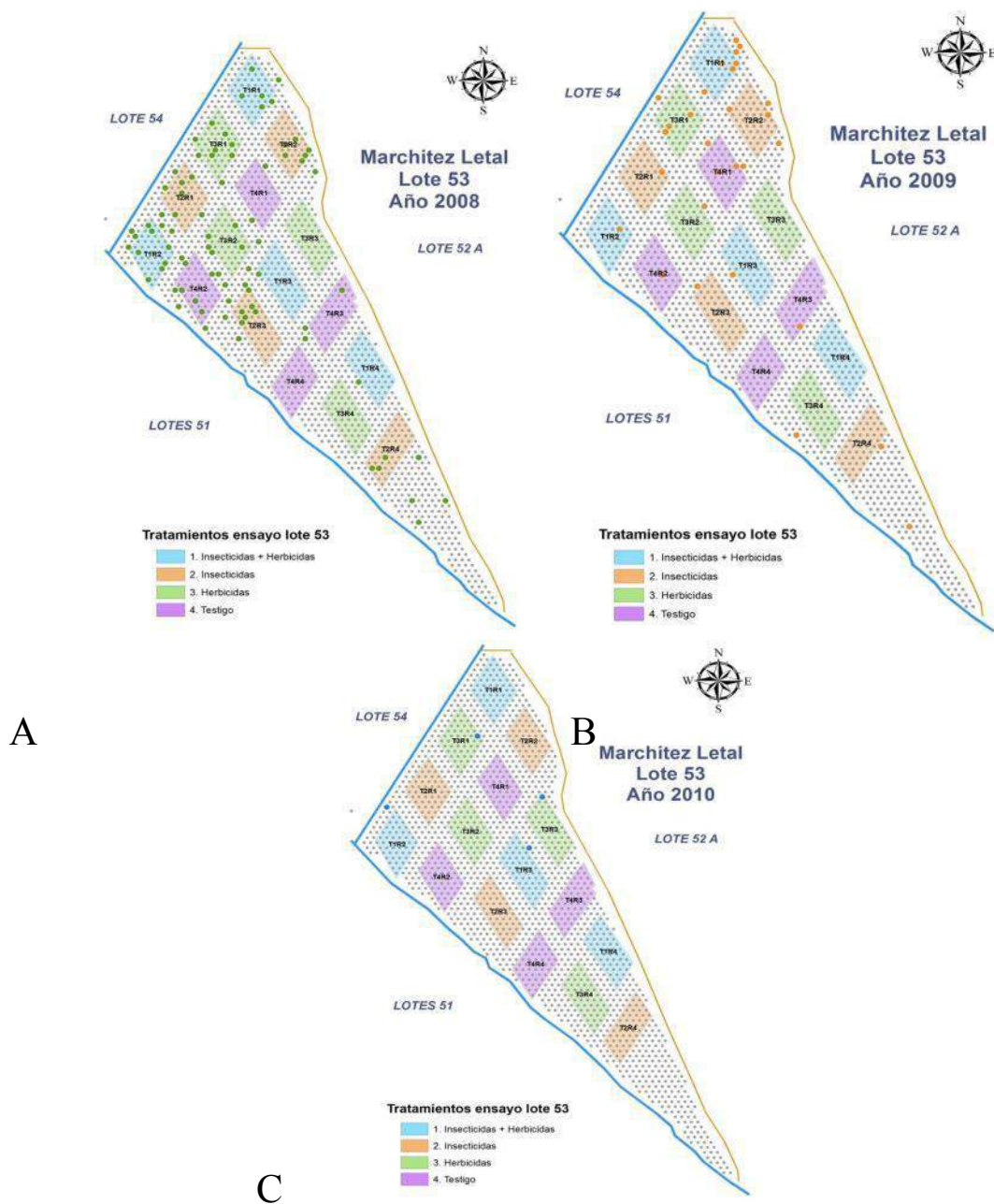


Figura 4. Distribución de las palmas infectadas por la ML en cada una de las parcelas experimentales. A. Ubicación de los casos en el primer año B. Ubicación de los casos en el segundo año C. Ubicación de los casos en el tercer año.

La velocidad de desarrollo de la ML (r) en el tratamiento insecticidas más herbicidas fue al final del tercer año de $0,0004$ unidades mes^{-1} ; mientras que en el tratamiento control fue de $0,0539$ unidades mes^{-1} . En los tratamientos que solo incluyeron insecticidas o herbicidas la velocidad con la que el agente causante de la ML se diseminó fue de $0,0013$ y de $0,0012$ unidades mes^{-1} respectivamente (Tabla 1).

Las reducciones en el valor de r que se presentaron en los tres tratamientos que incluyeron control del insectos o control de la vegetación acompañante al cultivo, presentaron unas áreas bajo la curva de desarrollo de la enfermedad en promedio 63% menores comparadas con el tratamiento control, toda vez que al afectar los vectores o los hospederos de los mismos el agente causante de la ML no logra diseminarse entre las palmas enfermas y las palmas sanas.

Tabla 1. Tasas de desarrollo y áreas bajo la curva de la enfermedad.

| Tratamiento | Incidencia inicial | | Incidencia final | | Tasa de desarrollo | ABCPE |
|-----------------------------|--------------------|---|------------------|---|--------------------|--------|
| | | % | | % | r . | |
| Insecticidas mas herbicidas | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,0004 | 24,50 |
| Insecticidas | 2 | 0 | 3,26 | 0 | 0,0013 | 69,02 |
| Herbicidas | 3 | 0 | 3 | 0 | 0,0012 | 48,50 |
| Control | 4 | 0 | 7,57 | 0 | 0,0539 | 129,65 |

r : Tasa de desarrollo de la enfermedad

ABCDE: Área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad

De acuerdo con los valores de la tasa de desarrollo de la ML y del área bajo la curva de la enfermedad observados en la tabla 1, las aplicaciones de insecticidas o herbicidas usados independientemente de forma mensual, permitieron reducir la velocidad a la cual se presentaron los casos de la ML, sin embargo, un mejor control se obtuvo cuando se realizó simultáneamente un manejo sobre las poblaciones tanto de arvenses como de insectos a través del uso de herbicidas e insecticidas, obteniéndose unos valores de r y de ABCDE menores que en los demás tratamientos.

Ensayo 2. Transmisión del agente causante de la ML empleado adultos de *H. crudus*

Adultos de *H. crudus* luego de haber adquirido e incubado el patógeno responsable de la ML durante su alimentación en palmas enfermas, lograron transmitirlo a palmas sanas en el 21% de las oportunidades, y así reproducir en éstas los síntomas asociados con la enfermedad.

Los síntomas que expresaron las palmas enfermas fueron similares a los reportados por Arango y colaboradores (2011) y, en las cuales se observó pudrición de las brácteas espinosas de la raquila, pudrición de las inflorescencias más jóvenes, secamiento foliar des uniforme y de manera ascendente en las hojas de las plantas afectadas; síntoma que inició en el ápice y terminó en la base de los foliolos; los racimos maduros e inmaduros de las palmas enfermas, conservaron en la mayoría de los casos su coloración típica; sin embargo, se observó un fácil desprendimiento de los frutos el cual fue mayor con el avance de la enfermedad (Fig. 5A,B,C y D).



Figura 5. Síntomas que presentaron las plantas inoculadas con los adultos de *H. crudus*. a. y b. Pudrición de las inflorescencia c. Secamiento de los foliolos d. aspecto general de una palma afectada por la ML

Las palmas infectadas manifestaron en promedio 5,7 meses después de la inoculación los síntomas descritos y asociados con la enfermedad (Tabla 2); este tiempo fue similar al reportado por Mena y Martínez (1977) con el agente causante de la Marchitez que en su momento se llamó Marchitez sorpresiva y que se presentó en la Zona Central palmera de Colombia durante la década de 1965 y 1975.

Como los adultos de *H. crudus* se rotaron a nuevas palmas cada 48 horas en el momento de la inoculación, se observó de una manera preliminar el tiempo que requirió el patógeno para incubar en el cuerpo de los insectos que previamente fueron alimentados en palmas enfermas. En cinco de las 24 oportunidades donde hubo transmisión, en las palmas sobre las cuales se expusieron los insectos una vez finalizaron su período en la colonia hubo expresión de síntomas asociados a la ML; lo que indicó

que los cinco días estimados fueron suficientes para permitir que el patógeno incubara en el cuerpo de los insectos y así, lograr su trasmisión a las plantas donde fueron expuestos (Tabla 2).

La presencia de un solo adulto de *H. crudus* infectado fue suficiente en tres oportunidades para transmitir el agente causante de la ML. En los tres casos estos adultos correspondieron a hembras, lo cual puede llevar a sugerir que éstas sean más eficientes vectores que los machos (Tabla 2).

Tabla 2. Plantas que manifestaron los síntomas asociados a la Marchitez letal, luego de su inoculación con adultos de *H. crudus*.

| Palma | Rotación | Fecha de Transmisión | Hembras | Machos | Total insectos | Fecha Detección | Síntomas días después de inoculadas | Síntomas meses después de inoculadas |
|--------------|----------|----------------------|---------|--------|----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| P1 | 5 | 27 de Agosto de 2010 | 5 | | 5 | 18 de Marzo de 2011 | 234 | 7,80 |
| P2 | 11 | 30 de Agosto de 2010 | 2 | | 2 | 18 de Marzo de 2011 | 231 | 7,70 |
| P3 | 5 | 21 de Junio de 2010 | 1 | | 1 | 04 de Febrero de 2011 | 228 | 7,60 |
| P4 | 1 | 17 de Junio de 2010 | 4 | 2 | 6 | 14 de Enero de 2011 | 211 | 7,03 |
| P5 | 4 | 02 de Agosto de 2010 | 7 | 4 | 11 | 25 de Febrero de 2011 | 207 | 6,90 |
| P6 | 4 | 18 de Julio de 2010 | 1 | | 1 | 04 de Febrero de 2011 | 201 | 6,70 |
| P7 | 6 | 24 de Junio de 2010 | 1 | | 1 | 06 de Enero de 2011 | 196 | 6,53 |
| P8 | 2 | 12 de Julio de 2010 | 6 | 4 | 10 | 21 de Enero de 2011 | 193 | 6,43 |
| P9 | 8 | 23 de Agosto de 2010 | 5 | 3 | 8 | 25 de Febrero de 2011 | 186 | 6,20 |
| P10 | 3 | 21 de Julio de 2010 | 2 | 6 | 8 | 21 de Enero de 2011 | 184 | 6,13 |
| P11 | 1 | 09 de Junio de 2010 | 5 | | 5 | 09 de Diciembre de 2010 | 183 | 6,10 |
| P12 | 2 | 09 de Agosto de 2010 | 5 | 7 | 12 | 04 de Febrero de 2011 | 179 | 5,97 |
| P13 | 4 | 02 de Agosto de 2010 | 1 | 2 | 3 | 14 de Enero de 2011 | 165 | 5,50 |
| P14 | 1 | 09 de Junio de 2010 | 6 | 1 | 7 | 18 de Noviembre de 2010 | 162 | 5,40 |
| P15 | 2 | 06 de Agosto de 2010 | 4 | 3 | 7 | 06 de Enero de 2011 | 153 | 5,10 |
| P16 | 2 | 06 de Agosto de 2010 | 5 | 5 | 10 | 06 de Enero de 2011 | 153 | 5,10 |
| P17 | 9 | 23 de Agosto de 2010 | 3 | 1 | 4 | 21 de Enero de 2011 | 151 | 5,03 |
| P18 | 5 | 17 de Agosto de 2010 | 4 | 2 | 6 | 14 de Enero de 2011 | 150 | 5,00 |
| P19 | 1 | 09 de Junio de 2010 | 2 | 3 | 5 | 02 de Noviembre de 2010 | 146 | 4,87 |
| P20 | 3 | 16 de Junio de 2010 | 5 | | 5 | 02 de Noviembre de 2010 | 139 | 4,63 |
| P21 | 3 | 23 de Agosto de 2010 | 5 | 4 | 9 | 06 de Enero de 2011 | 136 | 4,53 |
| P22 | 3 | 09 de Agosto de 2010 | 6 | 3 | 9 | 09 de Diciembre de 2010 | 122 | 4,07 |
| P23 | 4 | 13 de Agosto de 2010 | 4 | 2 | 6 | 09 de Diciembre de 2010 | 118 | 3,93 |
| P24 | 1 | 09 de Julio de 2010 | 7 | 4 | 11 | 21 de Octubre de 2010 | 104 | 3,47 |
| TOTAL | | | | | | | 172,2 | 5,7 |

Al analizar la tasa de desarrollo (r) de la ML en cada tratamiento se observó que, la velocidad de diseminación del agente causante de la enfermedad fue de 0,795 unidades mes^{-1} en las palmas sobre las

cuales se pusieron adultos infectivos; en tanto que, en las palmas donde se expusieron adultos que se alimentaron en plantas sanas, la diseminación del patógeno fue de 0,0030 unidades mes⁻¹. Esta situación no quiere decir que los insectos que se alimentaron en palmas sanas transmitieron el patógeno responsable de la ML porque nunca tuvieron la oportunidad de adquirirlo; se debe mas bien a que insectos previamente alimentados en plantas infectadas por la ML se fugaron de los recipientes y migraron hacia el follaje de la planta vecina (Fig. 6).

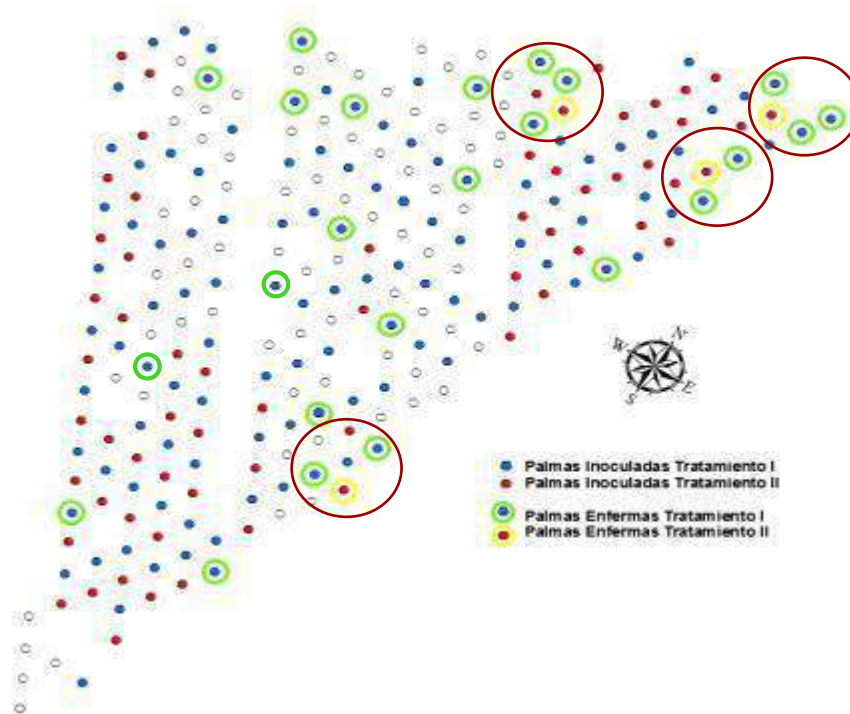


Figura 6. Palmas correspondientes a los tratamientos I y II, en las cuales se logró reproducir los síntomas de la Marchitez letal, en los círculos rojos se puede apreciar que los casos positivos en el control se presentaron en la vecindad de las palmas inoculadas con insectos alimentados en palmas enfermas.

Se comparó el efecto de las inoculaciones que se realizaron en la parcela experimental, frente a las infecciones que ocurrieron naturalmente por ML al interior de los lotes vecinos. El modelo que se empleó se generó a partir de una ecuación logística, de la siguiente manera:

$$Y_1 = Y_0 e^{r \cdot t}$$

En donde:

Y_1 = Incidencia final

Y_0 = Incidencia inicial

e = número de Euler (2,718281)

r = Tasa de desarrollo de la enfermedad.

t = Tiempo transcurrió entre la evaluación inicial y la final (meses)

En la parcela donde se desarrolló el ensayo (triángulo rojo en el mapa) la tasa de desarrollo de la enfermedad fue de 0,0575 unidades mes⁻¹; mientras que en los lotes vecinos la velocidad de desarrollo fue en promedio de 0,0006 unidades mes⁻¹ (Fig. 7).

El valor de r en el tratamiento control fue superior al que se obtuvo en los lotes vecinos (0,0001; 0,0007; 0,0008; 0,0009), pero inferior al que se presentó en la parcela tratamiento al interior del ensayo (Fig. 7); esta situación explica que las infecciones ocasionadas en el tratamiento control estuvieron asociadas al escape de adultos infectivos instalados en las palmas correspondientes al tratamiento I, por lo cual la tasa de diseminación del patógeno fue superior a la que se observó en las vecindades de la parcela experimental.

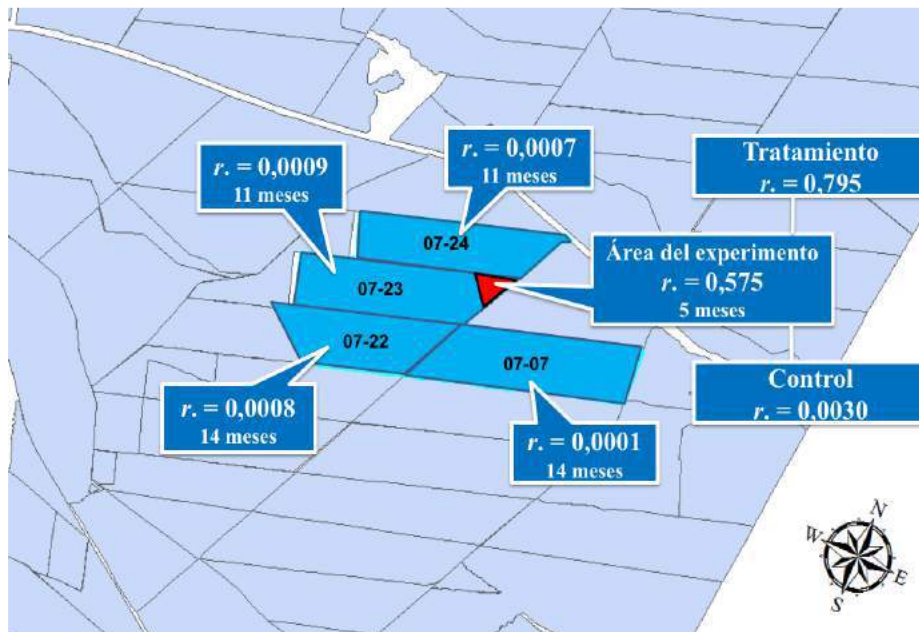


Figura 7. Tasas de desarrollo de la Marchitez letal en el lote experimental y en los lotes vecinos

Las palmas que fueron inoculadas y que expresaron síntomas de la ML lo hicieron luego de 5,7 meses en promedio; este período de incubación se comparó con la información de varios lotes infectados naturalmente en la zona del Bajo Upía, con el fin de observar si los incrementos en el número de casos de la enfermedad presentes entre los meses de marzo a abril y entre julio y agosto tenían relación con la dinámica de los adultos de *H. crudus* o algún elemento climático.

Se monitoreó con trampas adhesivas amarillas la población de adultos de *H. crudus* durante las 52 semanas del año 2012, siendo la semana uno la primera del mes de enero y la 52 la última del mes de diciembre. Se encontró que cada nueve semanas ocurrió un incremento en la colecta de adultos, pero que los mayores aumentos en las poblaciones se dieron entre el mes de enero y el mes de octubre (Fig. 8). Lo que sigue, de acuerdo al tiempo de incubación obtenido experimentalmente (5,7 meses) que, durante los períodos cuando incrementa la población del vector se adquiere y se disemina en mayor proporción el agente causante de la ML, razón por la cual la expresión de síntomas en las palmas que fueron infectadas seis meses atrás, es mayor entre los meses de febrero - marzo y de julio - agosto.

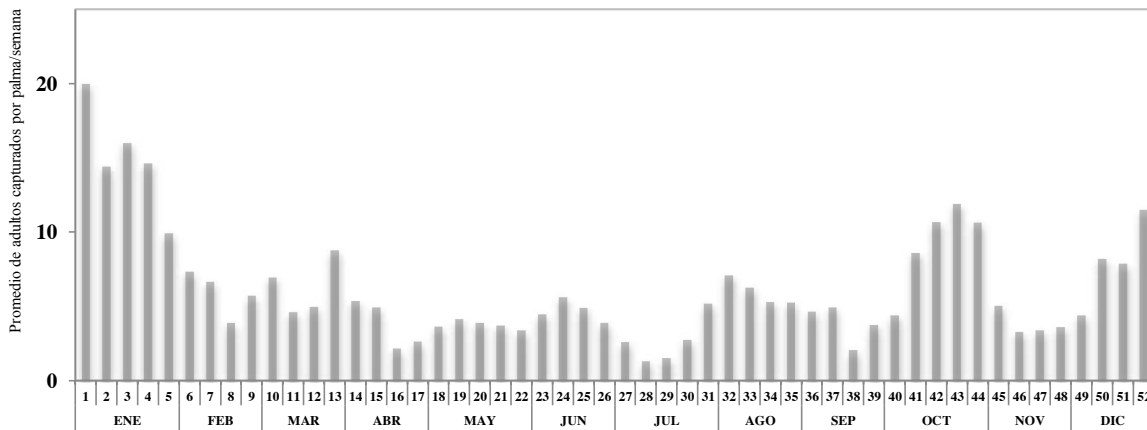


Figura 8. Población capturada adultos de *H. crudus* en trampas adhesivas amarillas

Adicionalmente en la revisión de series históricas de la enfermedad se observó que los períodos en los cuales ocurrió el mayor incremento en el número de palmas infectadas por la ML, fueron precedidos por la época seca que se presentó entre los meses de diciembre y febrero (Fig. 9). En los Llanos Orientales estas temporadas están asociadas a períodos de altas temperaturas, situación que probablemente de algún modo favorece la visita de los adultos de *H. crudus* al follaje de las palmas y con esto la diseminación del agente causante de la ML entre las palmas enfermas y sanas.

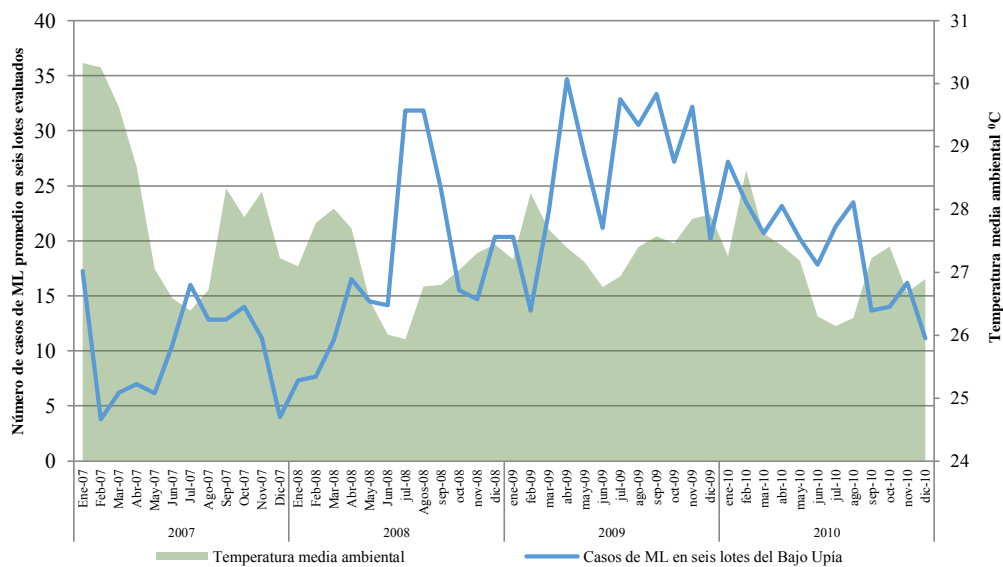


Figura 9. Relación entre el incremento en el número de casos de ML y la época seca que ocurrió 5-6 meses atrás, en la región del Bajo Upía (Colombia).

CONCLUSIONES. Las aplicaciones periódicas de insecticidas dirigidos al dosel de la palma y control de la vegetación acompañante al cultivo permitieron reducir la incidencia y la tasa de desarrollo de la ML. Estas prácticas permitieron identificar la presencia de insectos vectores asociados a la diseminación del patógeno responsable de la enfermedad, toda vez que las medidas implementadas estuvieron se encaminaron al control de insectos cuyo aparato bucal es chupador y a las especies aledañas que sirvieran como hospederas de estas especies.

Se demostró que los adultos de *H. crudus* después de haberse alimentado en plantas enfermas por ML, lograron transmitir a palmas sanas el patógeno responsable de la enfermedad, empleando 2,7 días en promedio de período de adquisición, 5,6 días promedio de período de incubación del patógeno en el insecto y 2,6 días en promedio de periodo de transmisión.

Las poblaciones de adultos de *H. crudus* fueron mayor durante los meses de enero y octubre, lo que favorece durante estos períodos que el agente causante de la ML se disemine entre las palmas enfermas y las palmas sanas, observando los síntomas característicos de la ML, en las palmas que fueron infectadas aproximadamente 5,7 meses después; es decir entre febrero y marzo y entre julio y agosto.

Con la identificación de *H. crudus* como insecto que disemina el patógeno que causa la Marchitez letal de la palma de aceite, es posible realizar estudios encaminados a entender las relaciones insecto-patógeno-planta asociadas a la ML, para establecer adecuadamente planes de manejo y control del vector e indirectamente de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS. Los autores expresan los más sinceros agradecimientos al Fondo de Fomento Palmero (FFP) y al Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) por el apoyo económico y logístico durante el desarrollo de la investigación. Así mismo a todo el personal de las plantaciones implicadas por la colaboración prestada durante el desarrollo de estas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA.

ÁLVAREZ, E. CLAROZ, J.L. 2002. Caracterización molecular y clasificación de fitoplasmas asociados con la palma de aceite. Memorias XXIII Congreso Nacional de Fitopatología. ASCOLFI, Bogotá (Colombia), 3-6 Julio 2002.

ARANGO, M., SIERRA, L.J., ALDANA, R. MARTÍNEZ, G. 2011. Efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas en el desarrollo de la Marchitez letal (ML) de la palma de aceite en el bajo Upía, Casanare, Colombia. Palmas 32 (1):11-24.

COORDINADORA DE MANEJO SANITARIO. 2010. Memorias taller internacional de manejo de la Marchitez letal (ML). Marzo 3-4 de 2010. Villavicencio (Colombia).

HOWARD, F. NORRIS, R. THOMAS, D. 1983. Evidence of transmission of palm lethal yellowing agent by plant hopper *Myndus crudus* (Homoptera: Cixiidae). Tropical Agriculture. Trinidad. 60(3): 168-171.

HOWARD, F. GALLO, S. 2006. El cixiido Americano de las palmas, *Myndus crudus* van Duzee (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea: Cixiidae). University of Florida-IFAS.

- MENA, E., CARDONA, C., MARTÍNEZ, G. JIMÉNEZ, O.D. 1975.** Efecto del uso de insecticidas y control de malezas en la incidencia de la Marchitez sorpresiva de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Revista Colombiana de Entomología 1(1): 9-14.
- MARTÍNEZ G., MENA, E. CARDONA, C. 1976.** Control de la Marchitez sorpresiva de la palma africana. En: Resúmenes II Congreso Ascolfi. Bogotá, 1-3 septiembre, 1976. p. 32.
- MARTÍNEZ, G. 1985.** Observaciones sobre distintos casos de marchitez de la palma de aceite en Colombia. Palmas 6 (3): 65-67.
- MARTÍNEZ, G. 2011.** Avances en el manejo Sanitario de la Palma de Aceite. Palmas 32 (2): 87-99.
- MENA, E. Y MARTÍNEZ, G. 1977.** Identificación del insecto vector de la Marchitez sorpresiva de la palma africana *Elaeis guineensis*, Jacq. Revista Fitopatología Colombiana. 6(1):2-14.
- ROMERO, H.M. 2010.** Respuesta fisiológica de la palma a la Marchitez letal. Memorias taller internacional de manejo de la marchitez letal (ML). Villavicencio. Marzo 3-4 de 2010.
- SIERRA, L.J. ARANGO, M. ALDANA, R. MARTÍNEZ, G. 2011.** Evaluación de insecticidas para el control de adultos de *Myndus crudus* (Hemíptera: Cixiidae). Palmas Vol 32 (1): 17-32.

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS CON ÉNFASIS EN EL CONTROL BIOLÓGICO EN PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA

Alex Enrique Bustillo Pardey

Programa de Plagas y Enfermedades, Área de Entomología, Cenipalma, Calle 20^a No.43^a - 50 Piso 4, Bogotá, Colombia, abustillo@cenipalma.org

RESUMEN. Las áreas sembradas con palma de aceite en Colombia se han venido incrementando rápidamente en los últimos años. En el momento existen cerca de 480.000 ha plantadas en las cuatro diferentes regiones del país. En estas áreas los problemas de insectos plagas son diferentes y afectan la palma en diferentes formas. Existen insectos defoliadores (*Stenoma cecropia*, *Loxotoma elegans*, *Leucothyreus femoratus*, *Cephaloleia vagelineata*, *Brassolis sophorae*, *Opsiphanes invirae*), insectos chupadores del follaje (*Leptopharsa gibbicarina*), en la fruta (*Demotispa neivai*), barrenadores del tallo (*Rhynchophorus palmarum*, *Eupalamides guyanensis*), en el bulbo de la palma (*Strategus aloeus*), minadores de las raíces (*Sagalassa valida*), que causan serios problemas al cultivo. La estrategia de Cenipalma para preservar el control biológico y la sostenibilidad del cultivo y su ecosistema es el Manejo Integrado de Plagas (MIP), con énfasis en el desarrollo de controladores biológicos y de buenas prácticas de manejo del cultivo que proporcionan condiciones favorables a la palma no solo para resistir estos, sino otros problemas que aquejan el cultivo.

La biodiversidad de la fauna benéfica en las plantaciones de palma en Colombia es muy grande. Abundan muchos parasitoides, depredadores y organismos entomopatógenos como hongos, virus, nematodos, parasitoides y depredadores. Actualmente Cenipalma realiza esfuerzos importantes, con la colaboración de laboratorios comerciales particulares, para escalar los organismos que bajo investigación presentan un potencial para controlar estas plagas. Se ha iniciado el escalamiento de razas seleccionadas de hongos (*Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, e *Isaria (Paecilomyces) fumosorosea*); virus que infectan defoliadores; entomo nematodos; parasitoides y depredadores como especies de *Trichogramma* y *Chrysoperla*, respectivamente. Avances para establecer programas MIP basados en el control biológico, se discuten en este documento.

INTRODUCCIÓN. Colombia tiene actualmente cerca de 500.000 ha sembradas con palma de aceite en las cuatro zonas palmeras localizadas en el Suroccidente en Nariño, en el Centro en los Santanderes y parte del Cesar; en el Oriente en los Llanos Orientales y en el Norte en los departamentos de Magdalena, Cesar y Bolívar. Estas son zonas que en los últimos 15 años se ha intensificado la actividad palmera debido a la poca rentabilidad de cultivos semestrales como banano, algodón, maíz, y otras actividades como la ganadería. Los ecosistemas de estas zonas son variados y con una gran diversidad en su fauna silvestre y animal, que cuando se cambia por monocultivos, algunos organismos que se convierten en plagas y causan enfermedades, se constituyen en amenazas para estos monocultivos de palma.

El cultivo de la palma de aceite, tiene ciertas características que se deben tener en cuenta para plantear las soluciones a los problemas sanitarios. La palma se siembra en diferentes zonas ecológicas en Colombia y bajo diferentes sistemas de manejo, muchos no apropiados que pueden predisponer el cultivo a problemas, los cuales pueden ser diferentes, de acuerdo con la zona en donde se desarrollen

los cultivos. La palma es un cultivo perenne, con problemas fitosanitarios serios causados por patógenos e insectos, y en algunos casos la asociación entre estos que producen efectos letales a la palma.

Los ecosistemas perennes como el de la palma de aceite se asemejan a los ecosistemas forestales, que tienen problemas similares de insectos defoliadores y barrenadores. Sin embargo, en estos ecosistemas existe una regulación natural de sus poblaciones por una fauna benéfica variada y muchas veces abundante, que mantiene bajo control estas plagas (Bustillo 1974, 1979). El uso indebido e indiscriminado de insecticidas químicos, hace que se altere el equilibrio biológico, debido a que las plagas se tornan más resistentes a los insecticidas químicos, afectan la fauna benéfica y al eliminar esta, otros insectos que no se presentan como plagas incrementan sus poblaciones y se convierten en un problema adicional. En estos ecosistemas, se han desarrollado los mejores ejemplos de control biológico exitosos con parasitoides y entomopatógenos, entre los cuales sobresale el uso de parasitoides de huevos, la proliferación de enfermedades en insectos causadas por virus, y las aspersiones con hongos entomopatógenos (Drooz y Bustillo, 1972). La palma de aceite no es una excepción a la situación mencionada, es un cultivo perenne y en Colombia es amenazada por un gran número de plagas, que requieren un control para evitar pérdidas en su producción.

Los estudios realizados en el pasado han develado la gran importancia de mantener un equilibrio biológico, basado en la conservación de la fauna benéfica, la proliferación artesanal de preparados con larvas infectadas por virus para el control de defoliadores, la producción de hongos entomopatógenos y la liberación de algunas especies de predadores y parasitoides para controlar las principales plagas que afectan la palma. Sin embargo, las recomendaciones derivadas de estos estudios, al ser puestas en práctica en plantaciones comerciales, en muchos casos no han logrado los resultados esperados generando desconcierto entre los palmicultores, los cuales optan por el uso de insecticidas químicos con las consecuencias que esto trae a un ecosistema tan frágil a estas actividades.

Existen falencias en el conocimiento de las plagas de la palma en aspectos relacionados con su biología, comportamiento y factores bióticos claves que regulan sus poblaciones. Esta información es básica para el desarrollo de crías masivas de estos insectos y así llevar a cabo investigaciones para seleccionar organismos benéficos más eficaces para la regulación de sus poblaciones. Por otra parte, el enfoque dado para el uso de estos insumos biológicos en las plantaciones, es el mismo que se hace para el uso de insecticidas químicos y esto no debe ser así. Para usar los biológicos en el campo, no se debe esperar a obtener umbrales de daño económico considerados con el uso insecticidas. Los parasitoides y entomopatógenos se deben utilizar bajo la estrategia de la “inoculación”, es decir a través de muestreos se determina donde se están originando “focos” de una plaga, y a estos niveles bajos de población se realizan las liberaciones o aspersiones de los biológicos. Esto permite una acción más eficaz de los controladores biológicos y debido a su forma de acción, diseminación tienen un efecto regulador sobre las poblaciones de las plagas, reduciendo el riesgo ambiental y logrando una mayor sostenibilidad para el cultivo y el ecosistema.

Estrategias de investigación

La investigación entomológica en Cenipalma tiene el propósito de generar y transferir información apropiada a los palmicultores, en tal forma que ellos puedan resolver sus problemas de plagas para que incrementen su productividad, y que su cultivo sea social y económicamente sostenible preservando el ecosistema.

Los ecosistemas de las plantaciones de palma de aceite en Colombia tienen una gran biodiversidad, con una fauna de plantas y animales muy diversa que se debe tener presente para mantener el equilibrio biológico en estas plantaciones. Este enfoque conduce a reducir la dependencia de los palmicultores en los insecticidas químicos para controlar plagas, que afectan la fauna benéfica y causan el surgimiento de nuevas plagas. Un punto importante aquí, es promover en las plantaciones las coberturas con leguminosas y rodear las plantaciones con plantas nectaríferas, donde los insectos benéficos se alimenten y sobrevivan. También permitir la proliferación de plantas nativas que no compiten con el desarrollo normal de la palma que podría estar en franjas delimitadas por lotes en las plantaciones, contribuyen a formar nichos o hábitats para la fauna de insectos que de otra forma, terminarían en las palmas afectándolas.

Dadas las anteriores consideraciones sobre la gran biodiversidad de las zonas palmeras en Colombia, la investigación sobre sus plagas debe reorientarse a aprovechar estos recursos. Por lo tanto es necesario mantener colecciones de los insectos plagas, de su fauna benéfica compuesta por parasitoides, depredadores y entomopatógenos; el desarrollo de estudios sobre biología y comportamiento de insectos. Por otra parte, los estudios de dinámica de poblaciones permiten el conocimiento de sus factores de mortalidad para definir cuáles son los organismos que más impactan sobre las poblaciones de las plagas, y así priorizarlos para reproducirlos a través del desarrollo de procesos de cría masiva, evaluarlos y desarrollar controladores biológicos que estén disponibles a los palmicultores. Es también importante que el cultivo de la palma de aceite aproveche su diversidad en relación con las coberturas naturales que existen con el fin de preservar y mantener aquellas arvenses que sirven de refugio y alimentación a la fauna benéfica que regulan las poblaciones de los insectos plagas.

La meta final de estas investigaciones es que los palmicultores sean exitosos siguiendo las recomendaciones de manejo del cultivo, usando un enfoque de Manejo Integrado de Plagas, que debería incluir aspectos del Manejo del cultivo relacionado con prácticas agronómicas y culturales que pueden reducir las poblaciones de las plagas de la palma de aceite. Este enfoque está en conformidad con los principios de la Mesa Redonda sobre Sostenibilidad de la Palma de Aceite, RSPO, por sus siglas en inglés. Estos principios en los numerales 4 y 5 insisten en el “Uso de técnicas de Manejo Integrado de Plagas” y señalan sobre la concientización en “Las Responsabilidades Ambientales y la Conservación de los Recursos Naturales Renovables y la Biodiversidad”.

En resumen todas estas investigaciones deben llevarnos a realizar recomendaciones integrales bajo el concepto del MIP y del Manejo Integrado del Cultivo, con la finalidad de que el palmicultor pueda ser exitoso y sostenible en la producción de su cultivo.

Manejo integrado del cultivo en plantaciones de palma de aceite.

A continuación se describen actividades que se recomiendan para un Manejo Integrado del Cultivo:

1. **Mejores prácticas de manejo del cultivo.** Estas están conformadas por una serie de consideraciones para establecer un cultivo muy productivo (Fig. 1). Estas prácticas deberían incluir: planeación del cultivo; adecuada preparación del suelo, especialmente lo concerniente con irrigación y drenaje; uso de buen material de semillas y adecuado mantenimiento de las plántulas en los viveros hasta el momento de llevarlas al sitio definitivo en la plantación; establecimiento del cultivo usando plántulas con la edad

apropiada para su siembra en el lote y realizando fertilizaciones apropiadas y establecimiento de coberturas como se recomienda; el manejo del cultivo debería enfatizarse en la nutrición de la palma y en el monitoreo de las plagas y enfermedades, y finalmente tener presente todos los aspectos relacionados con la cosecha, post cosecha y procesamiento de la fruta.



Figura 1. Aspectos a considerar en Mejores Prácticas de Manejo del Cultivo, para incrementar la productividad y reducir los riesgos de plagas y enfermedades. (Tomado de: Sanz Scovino, J.I., Prácticas Agrícolas para prevenir la PC, Santa Marta, abril 2013).

2. Mantenimiento de la biodiversidad del ecosistema de la palma de aceite. Esta es una práctica muy importante en ecosistemas de palma de aceite, usando coberturas de plantas para reestablecer la vegetación nativa (Fig. 2). Una vez se establece la plantación, es necesario permitir el desarrollo de las plantas más importante de la zona, que pueden jugar un papel importante en la biodiversidad y evitar el movimiento de muchos insectos a los monocultivos conformados por la palma de aceite (Fig. 3 y 4). Esta vegetación debería proveer el hábitat para el mantenimiento y reproducción de la fauna benéfica que mantiene las poblaciones de los insectos en niveles bajos que no causan daño económico a la palma.

La investigación ha demostrado que muchas plantaciones con suelos cubiertos con gramíneas son muy susceptibles al ataque de insectos tales como *Haplaxius (Myndus) crudus*, vector de la Marchitez letal de la palma de aceite, *Leucothyreus femoratus* un defoliador cuyas larvas se alimentan de raíces de gramíneas. Por otra parte, muchas plantas nativas son hospederos primarios de varios insectos que ahora se alimentan de la palma que en ausencia de estas plantas se tornan en plagas de la palma de aceite.



Figura 2. Monocultivos de la palma de aceite con coberturas de gramíneas predisponen el cultivo a ataques de muchos insectos plagas.



Figura 3. Coberturas con leguminosas en plantaciones de palma de aceite reducen la incidencia de poblaciones de insectos que se alimentan de las raíces de gramíneas.



Figura 4. Surcos alternos en una plantación con plantas nativas que no compiten con el desarrollo de la palma de aceite reducen la incidencia de las plagas.

4. Conocimiento de plagas y sus enemigos naturales: parasitoides, depredadores, hongos, virus, nematodos. Cenipalma ha acumulado bastante información sobre la presencia de insectos plagas de la palma de aceite en Colombia (Aldana *et al.* 2010), y también tiene un laboratorio de hongos entomopatógenos que mantiene cerca de 90 aislamientos que pertenecen a diferentes especies tales como: *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea*, *Purpureocillium lilacinus* (Tabla 1). Estos hongos entomopatógenos, se usan para probarlos en el control de las plagas de la palma y así determinar su patogenicidad, virulencia y eficacia bajo condiciones de plantaciones comerciales.

Las enfermedades virales en insectos están en desarrollo a través de investigaciones colaborativas con Corpoica. Estos patógenos son comunes después de brotes de insectos defoliadores tales como: *Opsiphanes cassina* (Fig. 5), *Dirphia gragatus*, *Automeris liberia*, *Stenoma cecropia*, y en diferentes especies de Limacodidae: *Euprosteria elaeasa*, *Natada pucara*, *Natada subpectinata*, *Sibine fusca*, *Sibine megasomoides*, y *Episibine* sp. (Aldana *et al.* 2010).

La producción masiva de entomonematodos se hace *in vivo* usando larvas de *Galleria mellonella*, en laboratorio. Actualmente se producen 10 especies para evaluarlas en el control de varios insectos plagas. Esta es una lista de las especies disponibles:

- *Steinernema websteri*
- *Steinernema colombiense*
- *Steinernema feltiae*
- *Heterorhabditis bacteriophora*
- *Steinernema* sp.1
- *Steinernema* sp.2

- *Heterorhabditis* sp. (GUA236)
- *Heterorhabditis* sp. (GUA31)
- *Heterorhabditis* sp. (Tumaco)
- *Heterorhabditis* sp. (Villa 14)

En relación con la fauna benéfica insectil registrada en el cultivo de la palma de aceite en Colombia, los registros en el libro de plagas de la palma (Aldana *et al.* 2010), indica que al menos existen 150 parasitoides y depredadores atacando estas plagas. Los parasitoides de huevos de los géneros *Trichogramma* y *Telenomus*, son comúnmente encontrados y utilizados debido a su facilidad de reproducción en huevos de otras especies (Fig. 6).

Tabla 1. Colección de cepas de hongos entomopatógenos del laboratorio de Cenipalma que se han evaluado sobre diferentes plagas de la palma de aceite.

| Especie de hongo | Cepa | Hospedero susceptible |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------|
| <i>Beauveria bassiana</i> | CPBb0404 | <i>Demotispa neivai</i> |
| | | <i>Leptopharsa gibbicarina</i> |
| | CPBb0411 | <i>Stenoma cecropia</i> |
| | CPBb0417 | <i>Loxotoma elegans</i> |
| | CPBb0420 | <i>Loxotoma elegans</i> |
| | CPBb0502 | <i>Demotispa neivai</i> |
| <i>Isaria</i> sp. | CPBb1101 | <i>Stenoma cecropia</i> |
| | CPBbr1201 | <i>Rhynchophorus palmarum</i> |
| <i>Purpureocillium lilacinus</i> | CPPl0601 | <i>Stenoma cecropia</i> |
| <i>Isaria fumosorosea</i> | CPPF1001 | <i>Leptopharsa gibbicarina</i> |
| | CPMa0801 | <i>Leptopharsa gibbicarina</i> |
| <i>Metarhizium anisopliae</i> | | <i>Strategus aloeus</i> |
| | | <i>Rhynchophorus palmarum</i> |
| | CPMa1105 | <i>Demotispa neivai</i> |
| | | <i>Myndus crudus</i> |
| | CPMa1203 | <i>Demotispa neivai</i> |
| | CPMa1205 | <i>Demotispa neivai</i> |



Figura 5. Larva de *Opsiphanes cassina*, infectada por un *Baculovirus* poliédrico nuclear.



Figura 6. Huevos de un hemíptero siendo parasitados por una especie de *Telenomus*.

4. Desarrollo de técnicas de cría masiva de las plagas más importantes de la palma de aceite.

Hasta ahora la investigación para la producción masiva de insectos ha sido exitosa con las siguientes especies: *Haplaxius crudus*, *Stenoma cecropia*, *Loxotoma elegans*, *Leptopharsa gibbicularina*, *Demotispá neivai*, *Leucothyreus femoratus*, *Rhynchophorus palmarum* y *Strategus aloeus*.

5. Selección de organismos benéficos para evaluar su eficacia. El desarrollo de sistemas de cría masivas de las plagas mencionadas arriba ha permitido la evaluación hongos entomopatógenos para su control (Fig. 7).



Figura 7. Adulto de *Rhynchophorus palmarum* infectado por la cepa CPMa1105 de *Metarhizium anisopliae*.

6. Alianzas con casas comerciales para tener disponibilidad de controladores biológicos para los palmicultores. Cenipalma tiene convenios cooperativos con laboratorios de producción comercial para tener la disponibilidad de agentes de control biológico, especialmente hongos entomopatógenos con “Bioprotección”; parasitoides, depredadores y entomonematodos con “Productos Biológicos Perkins”, y virus con el laboratorio de Corpoica. El control de calidad de hongos entomopatógenos es realizado por el laboratorio independiente “Control de Bioinsumos” (Vélez *et al.* 1997).

7. Validación de la investigación bajo condiciones de plantaciones comerciales. Toda la investigación generada en laboratorios, invernaderos y en parcelas experimentales, es validada en plantaciones de palma de aceite, bajo diferentes ecosistemas. En esta forma el conocimiento es transmitido a los palmicultores a través de las unidades de validación y extensión de Cenipalma.

Reflexiones finales

- La implementación de prácticas de control biológico en plantaciones de palma de aceite para controlar insectos plagas, debería realizarse a través de un enfoque de Manejo Integrado de Plagas, que considere no solo los organismos beneficios sino todas las prácticas agronómicas y culturales que aumenten la productividad del cultivo y reducen los riesgos de las infestaciones por las plagas.

- Se debe considerar la cooperación internacional entre países palmicultores, para llevar a cabo iniciativas de control que estén en concordancia con los postulados de las entidades de certificación, como es el caso de la Mesa Redonda sobre Palma de Aceite Sostenible (RSPO).

AGRADECIMIENTOS. Esta investigación fue cofinanciada por el Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS, a través del convenio RC No. 745 2011 y el Fondo de Fomento Palmero Colombianos.

BIBLIOGRAFÍA.

- ALDANA, R. C. ALDANA, J. A. CALVACHE, H. FRANCO, P. N.** 2010. Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. Cuarta Edición. Convenio 0094 de 2009 Sena - Cenipalma. Bogotá-Colombia. 198 p.
- BUSTILLO, A. E.** 1974. Natural control factors affecting the larch shoot moth, *Argyresthia laricella* Kic., in Wisconsin with particular reference to parasitoids. M. Sc. Thesis, University of Wisconsin, Madison, 72 p.
- BUSTILLO, A. E.** 1979. ¿Qué causa los brotes de *Glena bisulca*? Recomendaciones sobre su manejo. In: Seminario sobre plagas forestales en Colombia. SOCOLEN, Seccional Antioquia, Medellín, septiembre 6-7 de 1979.
- DROOZ, A. T.; BUSTILLO, A. E.** 1972. *Glena bisulca* a serious defoliator of *Cupressus lusitanica* in Colombia. Journal of Economic Entomology, 65(1):89-93.
- VÉLEZ, R. POSADA, E. MARÍN, P. GONZÁLEZ, M. OROZCO, E. BUSTILLO, A.** 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Cenicafé. Chinchiná - Caldas. 37 p.

LA IMPORTANCIA DE LOS BARRENADORES *Rhynchophorus palmarum* Y *Strategus aloeus* EN LA PALMA DE ACEITE

Oscar Mauricio Moya Murillo

Programa de Plagas y Enfermedades, Área Entomología, Cenipalma, Calle 20^a No.43^a - 50 Piso 4,
Bogotá, Colombia, omoya@cenipalma.org

RESUMEN. La erradicación de palmas de aceite, dentro de los procesos de renovación de cultivos o por enfermedades letales, genera una gran cantidad de residuos vegetales que son de difícil manejo, y que se pueden convertir en sitio de reproducción, tanto para *Rhynchophorus palmarum* como *Strategus aloeus*, comprometiendo la siembra de las nuevas palmas. *R. palmarum*, es considerado como el principal insecto plaga en el cultivo de palma de aceite, por su asociación con la pudrición del cogollo (PC) y por ser el vector del nematodo causante de la enfermedad anillo rojo (AR). Por su parte, *S. aloeus* es una plaga que ataca las palmas en desarrollo, cuyo daño es causado por el insecto en su estado adulto, el cual hace túneles en el suelo, en la base de las palmas y penetra en el estípite hasta llegar al meristemo y causar la muerte. Bajo altas infestaciones de estos dos insectos plaga, las galerías realizadas por los machos de *S. aloeus*, no solo atraen a las hembras de su misma especie, si no que adultos de *R. palmarum* se han encontrado en el bulbo de las palmas atacadas. Entre las alternativas de manejo, de estas dos plagas, el método de erradicación y el manejo de los residuos de las palmas viejas, es la clave para disminuir las infestaciones. La erradicación mecánica, con la ayuda de una excavadora, picando la totalidad de la palma en tajadas de menos de 15 cm de espesor, esparciendo los residuos de manera homogénea en el terreno y dando un tiempo mínimo de seis meses para la implementación del nuevo cultivo, ha sido la estrategia más exitosa en la reducción de estas dos plagas de la palma de aceite.

INTRODUCCIÓN. La palma de aceite fue introducida a Colombia en el año de 1932 y desde 1945 se ha desarrollado de forma comercial. Para el año 1975 el área sembrada en palma de aceite se extendió hasta 24.000 ha. (Reyes y Duran 1996) y en la actualidad se cuenta con aproximadamente 500.000 ha. Muchas plantaciones en el país presentan palmas con más de 30 años de siembra, cultivos que no son económicamente rentables, por lo tanto, se debe pensar en programas de renovación con el fin de obtener mejores materiales que aumenten la producción de racimos y aceite por hectárea (Reyes y Duran 1996). Problemas fitosanitarios, como los sucedidos con la pudrición del cogollo (PC) en los municipios de Tumaco en Nariño y Puerto Wilches en Santander, o la Marchitez letal (ML) en los llanos Orientales, son otra de las razones para implementar erradicaciones masivas de palmas. Estas erradicaciones se han convertido en un problema para las plantaciones, ya que genera un alto costo y una disminución de la producción durante el tiempo de renovación (Nazeeb *et al.* 1995). Por otra parte se presentan problemas fitosanitarios, por el mal manejo de los residuos de palmas viejas, los cuales se convierten en focos de reproducción de barrenadores como *Rhynchophorus palmarum* (L.) y *S. aloeus* L. (Celis 2000; Chinchilla 1997), limitantes para establecer nuevas siembras en áreas de renovación con materiales de palma de aceite *Elaeis guineensis* e híbridos interespecíficos de *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (O x G).

R. palmarum, es considerado como el principal insecto plaga en el cultivo de palma de aceite, por su asociación con la PC y por ser el vector del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* (Tylenchida: Aphelenchoididae) causante de la enfermedad anillo rojo (AR), (Griffith 1987; Chinchilla 1988). Las estrategias de manejo para *R. palmarum* se fundamentan en tres prácticas importantes, como son: la

eliminación de las palmas que sirven como lugar de reproducción, la protección química a palmas con PC o con heridas causadas por labores agronómicas y la captura masiva de adultos, con la utilización de trampas cebadas con una kairomona y la feromona de agregación *Rhynchophorol*.

S. aloeus es una plaga que ataca las palmas en desarrollo ya sean de renovación o nuevas plantaciones. El daño es causado por el insecto en su estado adulto, el cual durante la noche, perfora el suelo en la base de palmas menores de cuatro años, ataca el plato radical y penetra en el estípote hasta llegar al meristemo (Aldana *et al.* 2010). Dentro de las alternativas de manejo, está el uso de hongos entomopatógenos del género *Metarhizium*, la aplicación de agroquímicos dirigidos a las galerías junto al bulbo, donde se detecta la presencia de adultos y el uso de diferentes métodos de erradicación de palmas que evitan su proliferación.

El conocimiento de la biología y los hábitos, tanto de *R. palmarum* como de *S. aloeus*, así como el tipo de daño que ocasionan y las alternativas de control, que producto de la investigación se han consolidado en planes de manejo integrado, son fundamentales para afrontar responsablemente la problemática de estos dos insectos barrenadores en el cultivo de palma de aceite en Colombia

Importancia de *R. palmarum* barrenador del cogollo en palma de aceite.

Los adultos de *R. palmarum* son atraídos por la fermentación de los tejidos de las palmas erradicadas, enfermas por PC o con cortes ocasionados por poda o cosecha. Estos insectos se alimentan de los tejidos de la palma y se reproducen en las plantas afectadas por la PC o en proceso de descomposición. Las hembras depositan sus huevos en estos sitios y cuando las larvas emergen se alimentan del tejidos del cogollo, las bases peciolares y el estípote, lo que impide que la palma se recupere (Griffith 1987; Chinchilla 1988). En ataques severos, las larvas causan daños al meristemo induciendo la muerte de la palma o facilitando el desarrollo de pudriciones por patógenos (hongos o bacterias) (Sánchez *et al.* 1993). En coco una población de 30 larvas es suficiente para causar la muerte de una planta adulta (Fenwick 1967; Hagley 1965). En palma de aceite, tres larvas son suficientes para matar una palma pequeña llevada al sitio definitivo. En cultivos de renovación y en zonas con altas poblaciones de *R. palmarum* se debe tener especial cuidado, porque las palmas aunque estén sanas, cualquier corte aumenta su vulnerabilidad al ataque del insecto, principalmente en zonas con alta incidencia de PC. Bajo las condiciones actuales, *R. palmarum* se constituye en un limitante para las siembras nuevas o de renovación, dado que este insecto no solo está aprovechando las palmas erradicadas en proceso de descomposición para su reproducción, sino palmas con PC o el daño ocasionado por *S. aloeus*. Además, se ha detectado que ocasiona daño en inflorescencias andrógenas y masculinas en híbridos O x G.

El nematodo *B. cocophilus* agente causal del AR. se puede encontrar en todos los estados de desarrollo de *R. palmarum*, tanto interna como externamente. El insecto puede adquirirlo en estado adulto cuando llega a palmas contaminadas o durante su estado de larva, mientras se desarrolla en tejidos contaminados (Calvache *et al.* 1995), al alcanzar el estado adulto, estos insectos son atraídos a los tejidos de las palmas, expuestos por heridas causadas por labores agronómicas o afectadas por la PC. Si el adulto está contaminado, tienen el potencial de infectar de 3 a 4 palmas sanas (Chinchilla 1988). En los primeros estados de la enfermedad, la palma afectada presenta una ligera clorosis de las hojas jóvenes. Posteriormente, se presenta un ligero acortamiento de estas hojas, el cual se hace evidente en la medida en que avanza la enfermedad. Las hojas se observan agrupadas y erguidas, casi paralelas a las flechas. Los folíolos se tornan delgados y la distancia entre ellos es ligeramente más corta de lo normal (Motta *et al.* 2008).

El desarrollo de síntomas internos se manifiesta con pequeños puntos de color marrón claro y de apariencia aceitosa en la base del pecíolo de las hojas más próximas a los racimos. Con el avance de la enfermedad, dichos puntos forman manchas claramente definidas, las cuales evolucionan hasta formar áreas de tejido necrótico que eventualmente pueden extenderse a lo largo del raquis de dichas hojas. Estos puntos aumentan en número e intensidad del color a medida que avanza la enfermedad, estado en el cual es posible observar un delgado anillo color marrón en el corte transversal del estípite (Motta *et al.* 2008).

En los Llanos Orientales durante los años 90, alrededor de 90.000 palmas fueron erradicadas a causa de la enfermedad AR, las cuales representan alrededor de unas 500 ha, la incidencia de esta enfermedad se incrementó de 0,5% en 1990 al 8% en el 2002 (Gómez *et al.* 2004). Actualmente las nuevas áreas sembradas de palma de aceite presentan altas incidencias de esta enfermedad, especialmente en las subregiones de San Martín, Puerto Gaitán en el departamento del Meta y en Tauramena y Maní en el Casanare. En el municipio de Tumaco en Nariño y Puerto Wilches en Santander, el impacto económico ocasionado por este insecto y su asociación con la PC es incalculable.

Manejo de *R. palmarum*.

El manejo de *R. palmarum*, se centra en tres estrategias. El manejo de trampas con atrayentes para capturar adultos, la protección de heridas con la aplicación de productos químicos para evitar el ataque de *R. palmarum* y la erradicación adecuada de palmas para evitar que se conviertan en sitios de reproducción.

Trampeo de adultos. El uso de trampas, con la finalidad de atraer y capturar los adultos de *R. palmarum* y de este modo disminuir sus poblaciones, (Griffith 1987; Barreto 1986), es una práctica que surgió con base en estudios dirigidos a conocer el comportamiento del insecto, específicamente, la comunicación química y los mecanismos de orientación. La feromona de agregación emitida por los machos (Hagley 1965; Rochat *et al.* 1991) que atrae tanto a hembras como a machos de la misma especie y su sinergismo con tejidos de plantas hospederas (Jaffé *et al.* 1993; Cerda *et al.* 1994), fueron la base para el desarrollo de trampas para la captura de adultos de *R. palmarum* (Moura *et al.* 1989; Rochat *et al.* 1991).

Trabajos realizados por Cenipalma han mostrado que el tipo de trampa tiene un efecto significativo en la captura de adultos de *R. palmarum*. Donde el recipiente plástico, es el complemento de los atrayentes, por lo tanto, su diseño debe conducir a lograr la mayor captura de insectos, al menor costo y con el menor deterioro ambiental. La trampa más eficaz, por el número de individuos capturados ha sido la de tipo cerrada con lona, elaborada con un recipiente plástico de 20 L de capacidad, dos aberturas laterales en la parte superior, una lona o costal ubicado desde la base hasta el nivel inferior de las ventanas y la kairomona dispuesta en una recipiente plástico de 600 cc al interior de la trampa, en la parte superior al lado de la feromona sintética de agregación.

Las trampas se ponen en el suelo, en las franjas de vegetación, en los bordes de los lotes abandonados o con PC y en los linderos de las plantaciones. También se pueden instalar debajo de las paleras. Se debe evitar que queden expuestas al sol. Si en el cultivo hay semovientes, se pueden asegurar y proteger para evitar que sean disturbadas o destruidas.

En lotes afectados por la PC, la estrategia de colocar las trampas cada 100 m, permite la captura de un mayor número de adultos (Aldana *et al.* 2010), esto también es válido cuando se presenta alta incidencia de AR (Alpizar *et al.* 2002; Oehlschlager *et al.* 2002).

El cambio de la feromona se debe realizar cada tres meses o según las especificaciones del proveedor. La kairomona se debe reemplazar cada una, dos o cuatro semanas dependiendo de la ubicación de la misma y las poblaciones de *R. palmarum*.

Protección química. Los adultos de *R. palmarum*, son atraídos a las palmas que presentan heridas ocasionadas durante las labores de mantenimiento como la poda, el plateo y la cosecha o cuando están afectadas por la enfermedad PC. Por lo anterior, una de las alternativas para prevenir el ataque de este insecto es la protección química de las palmas.

R. palmarum puede ocasionar daño severo a los nuevos cultivos de *E. guineensis* e híbridos interespecíficos (O x G), una vez se inicien las labores de mantenimiento como la poda sanitaria y la cosecha. Estas labores del cultivo dejan expuesto tejido vegetal atractivo para los adultos de *R. palmarum*. Por esta razón, de manera preventiva, se deben proteger los cortes mediante la aplicación de 500 cc de una solución que contenga fipronil (1,0 cc producto/l de agua), imidacloprid (2,0 cc producto/l de agua) o carbaryl (2g producto/l de agua) y un coadyuvante que impidan el daño de este insecto.

Una herramienta complementaria para evitar el ataque del insecto a las palmas en las cuales se encuentran estados avanzados de la PC, es la aplicación de 500 cc de una solución que contenga fipronil (1,0 cc producto/litro de agua), imidacloprid (2,0 cc producto/litro de agua) o carbaryl (2 g producto/litro de agua) y un coadyuvante. En la zona del cogollo de las palmas enfermas. Bajo las condiciones de Tumaco, este producto persiste en campo alrededor de 60 días. El número y la frecuencia de las aplicaciones dependerán de los niveles de población de *R. palmarum* y del grado de recuperación que muestre la palma. El manejo de palmas afectadas por la PC se está realizando no sólo con insecticida sino también con aplicaciones de fungicidas y bactericidas, después de retirar el tejido afectado (Martínez *et al.* 2008; Torres *et al.* 2008), es parte fundamental del manejo de la enfermedad. El manejo químico se debe incluir dentro del programa de sanidad de cada plantación, con el fin de no permitir que estas palmas se conviertan en sitio de reproducción de *R. palmarum*, permitiendo que el proceso de recuperación en las mismas sea más viable y eficiente.

Erradicación de palmas. Dentro de las diferentes técnicas de erradicación de palmas, las cuales se diferencian entre sí por el método de acción, ya sea físico, químico y mecánico o en combinación de unos con otros (Reyes y Durán 1996), las investigaciones realizadas por Cenipalma han determinado dos métodos de erradicación de palmas que reducen la reproducción de *R. palmarum* y *S. aloeus*. La Erradicación química, la cual consiste en aplicar 100 cc de un herbicida sistémico de rápida acción, mediante la inyección del producto al estípote, y la erradicación mecánica, donde con la ayuda de una excavadora a la que se le modifica la parte terminal del cucharón, de tal forma que quede como una cuchilla, se pica la totalidad de la palma en tajadas de menos de 15 cm de espesor, y los residuos se esparcen de manera homogénea en el terreno.

Factores de mortalidad natural. En Colombia se han observado con frecuencia varias especies de la familia Histeridae, entre ellas *Hololepta*, atacando la pupa de *R. palmarum* (Ramírez 1998). Este depredador es capaz de atravesar los capullos de las pupas y sin importar el estado en que se encuentre

la consumen total o parcialmente. Así mismo, los adultos atacan larvas de varias especies de insectos entre ellas las de *R. palmarum*. De la familia Tachinidae se ha registrado en dos ocasiones la presencia de un parasitoide de pupas en los Llanos Orientales (Ramírez 1998) y en Tumaco. En Brasil se registró a *Billaea menezesi* (Guimaraes) (Diptera: Tachinidae), (antes *Paratheresia menezesi* (Townsend)), con un promedio de 18 pupas por cada capullo de *R. palmarum* parasitado (Moura *et al.* 1993) y *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) con parasitismo natural entre el 40 y 50% (Moura *et al.* 2006). No obstante no se tiene la metodología para su reproducción masiva, sugiriendo implementar prácticas para preservar su efecto benéfico en las plantaciones de palma. La acción de estos parasitoide consiste en larvipositar, sobre o cerca de las cámaras pupales del hospedero, en este caso *R. palmarum*, para luego penetrarlo y alimentarse de sus órganos internos, generalmente empupan dentro del hospedero (Moura *et al.* 1993). Aunque no se ha detectado la acción de entomopatógenos de manera importante, no se debe descartar su existencia.

Importancia de *S. aloeus* barrenador del bulbo en palma de aceite.

Una mala estrategia en la renovación de palmas, puede convertir estos tejidos en un foco para la proliferación de *S. aloeus*, ya que una vez estas palmas entran en una descomposición avanzada se convierten en sitio ideal para la oviposición, el desarrollo de los estados larvales y la protección de las pupas. Las hembras ovipositan a lo largo de los estípites, para evitar la competencia entre las larvas por el alimento (Ahumada 1995). El insecto en estado adulto, realiza perforaciones en el suelo haciendo galerías en la base de las palmas jóvenes y posteriormente ataca el sistema radicular penetrando el estípite hasta llegar al meristemo del cual se alimenta. (Genty *et al.* 1978). A medida que aumenta el daño, la palma puede sufrir volcamientos y a su vez morir a causa de la destrucción parcial de las raíces. Los daños causados por el adulto no solo afectan de una forma directa, ya que las heridas ocasionadas por el insecto sobre la planta permiten la entrada de microorganismos patógenos, lo que puede generar otros problemas de tipo sanitario (Montesinos 1999), como pudriciones de estípite.

La presencia del insecto es fácilmente detectable ya que el adulto hace una perforación en el suelo muy cerca del estípite, dejando en este lugar un pequeño montículo de suelo recién removido con apariencia arenosa, lo cual se constituye en una señal precisa de la presencia del insecto en la palma. Contrario a esto, el manejo tanto del insecto adulto como de sus larvas es bastante tedioso. Por otra parte, el control de larvas presenta grandes dificultades debido a la ubicación de estas en el interior de los estípites.

El establecimiento de palmas en el proceso de renovación de plantaciones, al lado de los residuos de la erradicación de las palmas viejas, es el panorama ideal para incentivar el ataque de *S. aloeus*. Poniendo en riesgo la sostenibilidad de la nueva siembra ya sea de materiales *Elaeis guineensis* o de híbridos interespecíficos de *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (O x G).

Manejo de *S. aloeus*.

En la actualidad, el manejo de *S. aloeus* es principalmente químico y dirigido al control de los adultos, sin embargo este suele ser costoso y su eficiencia es bastante cuestionada. Cenipalma está realizando trabajos de investigación, tendientes a aumentar la eficacia de los insecticidas reduciendo las aplicaciones. Hace énfasis en la implementación de estrategias preventivas, enfatizando en la deposición adecuada de los residuos de las renovaciones y el uso de hongos y nematodos entomopatógenos.

Aplicación de insecticidas. La práctica más común, es la revisión y el control inmediato de los adultos que se encuentran dentro de las galerías. Este control puede ser mediante insecticidas disueltos en agua con jabón en una dosis de 8 cc por cada 20 litros. Esta combinación es muy efectiva, mata el insecto al interior de las galerías y reduce la dosis de insecticida (Aldana 2000). Para evitar aplicar dos veces la misma galería, estas se deben tapar una vez es aplicada.

Debido a que las larvas se desarrollan al interior de los tejidos o residuos de palmas en descomposición, el control químico en este estado es muy costoso y poco eficiente.

Aplicación de microorganismos entomopatógenos. La utilización de microorganismos en programas de control biológico se ha visto limitado por las características de los sitios donde se desarrollan las larvas, sin embargo, en trabajos realizados por Cenipalma, se logró seleccionar un aislamiento de *Metarhizium sp.*, que ha mostrado mortalidades superiores al 90% en laboratorio. Su evaluación en campo está en desarrollo.

Erradicación mecánica. Para evitar la reproducción de *S. aloeus*, necesariamente se deben destruir con la ayuda de una excavadora, las palmas afectadas por alguna de las enfermedades letales conocidas, las palmas muertas por el insecto y lotes o plantaciones abandonadas o en proceso de renovación. Para esta erradicación, se debe modificar la parte terminal del cucharón de la excavadora, de tal forma que quede como una cuchilla, con la cual se pica la palma en trozos delgados menores a 15 cm, que se esparcen de forma homogénea dentro del lote. De esta forma no solo se evita la reproducción de *S. aloeus* sino de *R. palmarum*.

Trampeo de adultos. En trabajos realizados por RoCHAT *et al.* (2000) se hizo el aislamiento de la feromona sexual producida por el macho de *S. aloeus*. Actualmente Cenipalma está trabajando con esta feromona, en la determinación de dosis y difusores, y en la evaluación de tipos de trampas, para poder establecer una estandarización del trampeo.

Factores de mortalidad natural. En forma natural existe un depredador muy eficiente de larvas de *S. aloeus* perteneciente al género *Phileurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). Este depredador en estado adulto es de color negro, mide unos 28 mm. Tiene el protórax dividido en dos hemisferios por una sutura y presenta un pequeño cuerno anterior y élitros con estrías longitudinales, características importantes que lo diferencian de *S. aloeus*. Este depredador se encuentra en los mismos sitios donde se reproduce *S. aloeus*. También se han observado adultos y larvas de una especie de Histeridae depredando larvas y hongos de los géneros *Metarhizium* (Pérez 2009) y *Cordyceps*.

CONCLUSIONES. La correcta erradicación y distribución de los residuos de las palmas, en programas de erradicación masiva, es la mejor herramienta para disminuir al máximo los sitios de reproducción de estos barrenadores (*R. palmarum* y *S. aloeus*) y por ende sus poblaciones. Esto favorece el éxito de otros manejos como la aplicación de microorganismos entomopatógenos o de insecticidas de bajo impacto ambiental, y el uso de trampas para la captura de adultos.

La mayoría de los problemas asociados a estos dos insectos (*R. palmarum* y *S. aloeus*), son de fácil prevención, con la implementación adecuada y oportuna de las alternativas de manejo desarrolladas por Cenipalma. Cuando se tienen falencias con las herramientas de prevención, es cuando las plagas se tornan limitantes de la producción y el desarrollo de los cultivos, aumentando significativamente el costo de su manejo.

Identificar los insectos benéficos que representan un factor de mortalidad natural de las plagas en las plantaciones, es importante, sin embargo, no es suficiente con su identificación, hay que generar ambientes propicios para su desarrollo, ya sea con la siembra en franjas de plantas nectaríferas o el establecimiento de surcos alternos por las calles de palera, de plantas nativas que no compitan con el cultivo.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece el apoyo financiero al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma y al Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS, a través del convenio RC No. 745 2011.

BIBLIOGRAFIA.

- AHUMADA, M. L. CALVACHE, H. CRUZ, M. A. LUQUE, J. E. 1995.** *Strategus aloeus* L. (Coleoptera: Scarabaeidae): biología y comportamiento en Puerto Wilches (Santander). Palmas 16 (3): 9-16.
- ALDANA, J. 2000.** Control químico de *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae). Ceniavances 67: 1-4.
- ALDANA, R. C. ALDANA, J. A. CALVACHE, G. H. FRANCO, P. N. 2010.** Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia. IV edición, Cenipalma, Bogotá, Colombia. 198 p.
- ALPIZAR, F. FALLAS, M. OEHLSCHLAGER, A. GONZÁLEZ, L. CHINCHILLA, C. BULGARELLI, J. 2002.** Pheromone mass trapping of the West Indian sugarcane weevil and the American palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) in palmito palm. Florida Entomologist 85 (3): 426-471.
- BARRETO, J. M. 1986.** Principales plagas y enfermedades del cocotero en Venezuela. Rev. Coco y Palma 38: 14-20.
- CALVACHE, H. MORA, T. GUEVARA, L. 1995.** Anillo Rojo - hoja corta en palma de aceite. Tecnología disponible en Colombia. En: XI Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Barranquilla, junio 7 - 9, 1995. Rev. Palmas, 16 (No. Especial): 211-218.
- CELIS, A. 2000.** La renovación del cultivo de palma de aceite. Una experiencia más de Indupalma S.A. en la Zona Central. Palmas 21 (1): 66-73.
- CERDA, H. HERNÁNDEZ, J. V. JAFFE, K. MARTINEZ, R. SÁNCHEZ, P. 1994.** Estudio olfatométrico de la atracción del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* (L.) a volátiles de tejidos vegetales. Agr. Trop. 2: 203-215.
- CHINCHILLA, C. 1997.** Epidemiología y manejo integrado del anillo rojo en palma aceitera. Agronomía Costarricense. 21 (1): 121-126.
- CHINCHILLA, C. 1988.** El síndrome del anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. Bol. Tec. (2):4. Oil Palm Operations (Costa Rica).125 p.
- FENWICK, D. W. 1967.** The effect of weevil control on the incidence of red ring disease. J. Agric. Soc. Trinidad and Tobago 67: 231-244.
- GENTY, P. DESMIER, R. MORIN, J. P. 1978.** Las plagas de la palma aceitera en América Latina. Oléagineux (Francia) 33 (7): 326-420.

- GÓMEZ, P. L. CALVACHE, H. H. ALDANA, R. C. 2004.** Stem and root borers: Two important pests of the oil palm crop in South America. Proceedings International conference on pest and diseases of importance to the oil palm industry. Malaysian Palm Oil Board, MPOB, Kuala Lumpur, Malasia, mayo 18-19, 2004, p. 1-9.
- GRIFFITH, R. 1987.** Red ring disease of coconut palm. *Plant Dis.* 71 (2): 193-196.
- HAGLEY, E. A. C. 1965.** The mechanism of transmission of *Rhadinaphelenchus cocophilus* by the palm weevil *Rhynchophorus palmarum*. *Phytopathology* 55 (1): 117-118.
- JAFFÉ, K. SÁNCHEZ, P. CERDA, H. HERNÁNDEZ, J. V. JAFFÉ, R. URDANETA, N. GUERRA, G. MARTÍNEZ, R. MIRÁS, B. 1993.** Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): Attraction to host plant and to a male-produced aggregation pheromone. *J. Chem. Ecol.*, 19: 1703-1720.
- MARTÍNEZ, G. ARIAS, N. SARRIA, G. TORRES, G. ALDANA, R. C. MARTÍNEZ, L. C. MOYA, O. BURGOS, C. 2008.** Prácticas de manejo de la pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite. Folleto. 12 p.
- MONTESINOS, G. A. 1999.** Estudios preliminares para la determinación de atrayentes sexuales en *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae) Puerto Wilches (Santander). Trabajo de grado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja (Colombia). 46 p.
- MOTTA, D. F. ALDANA, R. C.; FRANCO, P.; RAIRAN, N.; CALVACHE, G. H. 2008.** Anillo rojo-hoja corta. III Edición. Cenipalma, Bogotá, Colombia. Boletín Técnico No. 9. 29p.
- MOURA, J. L.; TOMA, R.; SGRILLO, R.; DELABIE, J. 2006.** Natural efficiency of parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology* 35(2):273-274
- MOURA, J. L.; MARIAN, D.; DELABIE, J. 1993.** Efficacy of *Paratheresia menezesi* for natural biological control of *Rhynchophorus palmarum*. *Oléagineux* 48: 219-223.
- MOURA, J. L.; VILELA, E. F.; SGRILLO, R.; AGUILAR, M. A. G.; RESENDE, M. L.V. 1989.** A behavioral olfactory study of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), in the field. *An. Soc. Entomol. Bras.* 18 (2): 267-274.
- NAZEEB, M.; LOONG, S. G.; LETCHUMANAN, A.; TANG, M. K. 1995.** Métodos alternos para la resiembra de palmas de aceite. *Palmas* 16: 298-304.
- OEHLSCHLAGER, A. C.; CHINCHILLA, C. M.; CASTILLO, C.; GONZALEZ, L. M. 2002.** Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist* 85 (3): 507-513.
- PÉREZ, S. 2009.** Evaluación de la patogenicidad de siete aislamientos del genero *Metarhizium* en larvas de *Strategus aloeus* L. (Coleoptera: Melolonthidae) en condiciones de laboratorio Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja). 61p.
- REYES, A.; DURAN, C. 1996.** Renovación de plantaciones de palma de aceite. Memorias, primer curso internacional de palma de aceite, Villavicencio, Colombia, noviembre 6-8, 1996, p. 271-293.
- ROCHAT, D.; MALOSSE, C.; LETTERE, M.; DUCROT, P. H.; ZAGATTI, P.; RENOU, M.; DESCOINS, C. 1991.** Male-produced aggregation pheromone of the American palm weevil, *Rhynchophorus*

palmarum: Collection, identification, electrophysiological activity and laboratory bioassay. Journal of Chemical Ecology 17: 2127-2141.

ROCHAT, D.; RAMIREZ-LUCAS, P.; MALOSSE, C.; ALDANA, R. C.; KAKUL, T.; PAUL MORIN, J. P. 2000. Role of solid-phase microextraction in the identification of highly volatile pheromones of two rhinoceros beetles *Scapanes australis* and *Strategus aloeus* (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) Journal of Chromatography, 885: 433-444.

SÁNCHEZ, P.; JAFFÉ, K.; HERNÁNDEZ, J. V.; CERDA, H. 1993. Biología y comportamiento del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). Boletín Entomológico Venezolano 8 (1): 83:93.

TORRES, G.; SARRIA, G.; SALCEDO S.; VARÓN, F.; AYA, H.; ARIZA, J.; MORALES, L.; MARTÍNEZ, G. 2008. Opciones de manejo de la pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite en áreas de baja incidencia de la enfermedad. Palmas 29 (3): 63-72.

BARRENADORES DE CAÑA DE AZÚCAR

GESTIÓN EN EL MANEJO INTEGRADO DE *Diatraea saccharalis* EN CAÑA DE AZÚCAR: BRASIL

Dr. José Francisco Garcia

Global Cana - Soluções Entomológicas Ltda.: jfgarcia@globalcana.com.br

En Brasil, la producción de caña de azúcar ha crecido a una tasa media de un 11% al año en los últimos cinco años y la producción de alcohol tuvo un incremento de casi un 20% en esta cosecha, motivada por las ventas de coches flex-fuel, flota que representa un 90% de los vehículos nuevos fabricados en el país en 2012. Frente a este escenario, Brasil se mantiene líder mundial en la producción de caña de azúcar y sus derivados, habiendo cosechado un área superior a nueve millones de hectáreas en el cultivo entre 2011 y 2012, resultando en una producción superior a unos 560 millones de toneladas.

En los próximos 10 años, los mercados del azúcar y del alcohol serán afectados por la creciente demanda mundial por alcohol para combustible. El consumo de alcohol subirá, reflejando el probable aumento de los precios del petróleo, que determinará la oferta y, consecuentemente, los precios del azúcar. Sin embargo, a pesar de todos los pronósticos y como ocurre con los cultivos de importancia económica, la caña de azúcar es atacada por innumerables plagas, destacándose entre estas el barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis*. Se trata de una plaga extremadamente nociva a la caña de azúcar, capaz de acabar con cañaverales enteros si no se toman las debidas medidas de control.

El aumento de la infestación de la plaga en los cañaverales está relacionado a factores climáticos, grandes áreas de expansión, plantío de variedades susceptibles, aumento de las áreas fertilizadas e irrigadas (nitrógeno) y principalmente por la fuerte reducción en el control biológico a través de la liberación de *Cotesia flavipes*.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA

El ciclo biológico completo, de huevo a adulto, del barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis* dura alrededor de dos meses (60 días), existiendo cuatro a cinco generaciones anuales, dependiendo de las condiciones climáticas.

Las hembras ponen los huevos en las hojas, de preferencia en el lado dorsal. Cada postura puede contener de 5 a 50 huevos siendo estos agrupados de forma semejante a escamas de pescados. La fecundidad media de esta especie es aproximadamente de 300 huevos. Inicialmente los huevos son amarillos, con el desarrollo embrionario, quedan anaranjados y, posteriormente, es visible la cápsula cefálica de la oruga aún en el interior del huevo. Cuatro a nueve días tras la postura, si los huevos estuvieran fecundados, ocurre la eclosión de las orugas.

Las orugas recién eclosionadas son de color blanco, tornándose color crema con el desarrollo, presentando algunas manchas oscuras esparcidas por el cuerpo. Se alimentan, al inicio, del parénquima foliar, en el interior de la vaina de la hoja; después de la primera ecdisis, penetran por la parte más blanda del tallo y, agujerándolo, abren galerías de abajo para arriba. Esas galerías pueden ser de dos formas: longitudinales, en la mayoría de los casos, y, a veces, transversales. Pasan por cinco instares, durante un período medio de 40 días, dependiendo de las condiciones climáticas. La oruga que esta presta a transformarse en pupa interrumpe la alimentación, limpia y amplía la galería donde se desarrolló, abre un orificio para el exterior, lo cierra con hilos de seda y aserrín y se transforma en

crisálida. Es de coloración castaño y tiene la duración de 9 a 14 días, variando el tiempo de acuerdo a las condiciones climáticas. Mide aproximadamente de 16 a 20 mm de largo.

Los adultos de *D. saccharalis* son amarillo paja, con puntuaciones oscuras en las alas anteriores, las alas posteriores son blancuzcas, miden cerca de 25 mm de envergadura. Presentan hábito nocturno y quedan escondidos durante el día. La postura de los huevos ocurre principalmente al inicio del anochecer.

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL

En el estado de São Paulo, el ciclo de *D. saccharalis* se inicia en septiembre-octubre, normalmente, tras la emergencia de adultos provenientes de la generación de invierno en la región. Estos adultos, generalmente, buscan cañas nuevas para efectuar sus posturas. La segunda generación se presenta entre diciembre y febrero; la tercera entre febrero y abril, y en mayo y junio se inicia la cuarta generación, que puede alargarse por 5 a 6 meses.

PERJUICIOS

Las orugas causan perjuicios directos, por la apertura de galerías, ocasionan pérdida de peso de la caña y que pueden llevar la planta a la muerte, “corazón muerto”, especialmente en cañas jóvenes. Cuando hace galerías circulares (transversales), seccionan el tallo, provocando su quiebra por la acción de vientos. Enraizamiento aéreo y brotes laterales también ocurren debido a su ataque.

Los perjuicios indirectos son considerables, una vez que, a través de orificios y galerías, penetran hongos que causan la pudrición roja del tallo, pudiendo alcanzar toda la región comprendida entre las diversas galerías. Los hongos causadores de la pudrición roja, *Colletotrichum falcatum* y *Fusarium subglutinans*, invierten la sacarosa, disminuyendo la pureza del jugo y el rendimiento industrial en el proceso de producción de azúcar y/o alcohol. En el caso de la caña destinada solamente a la producción de alcohol, los microorganismos que contaminan el jugo concurren con las levaduras en el proceso de fermentación alcohólica, disminuyendo el rendimiento.

Para cada 1% de intensidad de infestación de la plaga (número de entrenudos atacados por el complejo barrenador / pudrición roja), ocurren perjuicios de un 0,42% en la producción de azúcar o un 0,22% en la producción de alcohol y más un 1,14% en la producción de caña (TCH), siendo los perjuicios mayores en caña planta (plantilla).

MUESTREOS - INTENSIDAD DE INFESTACIÓN FINAL (IIF)

El muestreo de Intensidad de Infestación (IIF) es realizada recogiendo tallos de caña de azúcar en el momento del corte en el campo o en el recibo de la misma en la industria. En campo, se debe muestrear cuatro puntos distribuidos al azar, siendo estos representados por cinco tallos cada, tomados aleatoriamente, totalizando 20 tallos evaluados. Para el cálculo de la intensidad de infestación se abre longitudinalmente cada uno de los tallos colectados, contándose el número de entrenudos y aquellos que se encuentran lesionados por el complejo barrenador / pudrición roja. Los datos obtenidos son aplicados a la fórmula:

$$\text{Intensidad de Infestación Final (IIF)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de Internódios Broqueados}}{\text{n}^\circ \text{ Total de Internódios}} * 100$$

Determinada la intensidad de infestación final, se tiene en diferentes grados de infestación: Aceptable ($\leq 1,0$); Bajo (1,1 a 3,0); Medio (3,1 a 6,0); Alto (6,1 a 9,0) e Inaceptable ($\geq 9,1$), siendo esos valores expresados en porcentaje. El control es económico cuando fuera encontrada una intensidad de infestación igual o superior a un 3%.

La estrategia de control debe llevar en consideración fenología de la planta, variedades más susceptibles al ataque, viveros, áreas irrigadas entre otros factores, para la futura planificación de la toma de decisión.

MÉTODOS DE CONTROL

CONTROL CULTURAL: En el Manejo Integrado de esta plaga, el plantío de variedades resistentes, corte de la caña sin despunte, moledura rápida, eliminación de plantas hospederas de las proximidades del cañaveral, principalmente maíz mijo y sorgo, tras sus cosechas son medidas eficaces para disminuir de la población la plaga.

CONTROL BIOLÓGICO: Existen diversos enemigos naturales capaces de controlar la plaga, cuáles sean:

PREDADORES: Son responsables, naturalmente, por eliminar una expresiva parcela, principalmente, de huevos y de orugas recién eclosionadas. Las hormigas, pertenecientes a géneros como: *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp., *Camponotus* sp. entre otras, forman el principal contingente, siendo complementado por coleópteros, neurópteros y dermápteros. En algunos casos más de un 90% de la población inicial de la plaga es controlada por ese complejo de enemigos naturales.

PARASITOIDE DE HUEVOS: Siendo la fase del huevo el factor clave del crecimiento poblacional de la plaga, se justifica emplear el parasitoide *Trichogramma galloi*, para evitar que el insecto comience el ataque al tallo de la caña. Esta especie debe ser liberada en la forma adulta en 25 puntos/ha, en un total de 200 mil parasitoides por hectárea en cuatro liberaciones sucesivas realizadas por la tarde y distanciadas de una semana. Asociado con *Cotesia flavipes*, *T. galloi* llega a reducir la intensidad de infestación en un 60%.

PARASITOIDE DE ORUGAS: La avispa *Cotesia flavipes* fue introducida en Brasil en 1974 y se viene destacando en diversos locales como extremadamente eficiente en el control de *D. saccharalis*. Presenta ventajas por la facilidad de multiplicación en laboratorio en relación a las moscas *Lydella minense* y *Paratheresia claripalpis* que fueron utilizadas anteriormente. En los últimos años, esos enemigos naturales disminuyeron las pérdidas anuales que eran del orden de unos 100 millones de dólares, para unos 20 millones de dólares, para São Paulo, debido a la reducción de Intensidad de Infestación que era, aproximadamente, de un 10% y hoy está en cerca de un 2%.

El muestreo para este método de control es basada en dos metodologías, las cuales deben ser iniciadas en áreas de plantío “caña planta”, cañas de segundo corte, viveros de muda, áreas irrigadas, histórico del área y síntomas de ataque (“corazón muerto” en caña joven y quiebra de punteros en cañas más viejas).

En la metodología **Hora / Hombre**, esta debe ser intensificada a partir de noviembre y repetida quincenalmente, priorizando áreas con variedades susceptibles, primeros cortes, áreas fertilizadas e irrigadas o con síntomas del ataque. Aleatoriamente en la sección se buscan tallos que presenten síntomas y que contenga en su interior orugas mayores que 1,5 cm. Las liberaciones serán iniciadas en las áreas que presenten diez orugas / Hora / Hombre o más. El parasitoide, *C. flavipes*, debe ser liberado

en cuatro vasitos con 1.500 individuos cada, totalizando unos 6.000 individuos por hectárea, repetidas más una o dos veces, si necesario.

En el otro método, **Levantamiento Poblacional**, son analizados dos puntos por hectárea, siendo que en cada punto de muestreo, son evaluados los tallos de todas las plantas en cinco metros lineares de dos calles paralelas, totalizando unos 10 metros lineares por punto. Todos los tallos con orificios de entrada del barrenador son rajados y observados, anotándose el número de orugas sobre un 1,5 cm de largo, siendo estos valores sobrepasados para una hectárea, de acuerdo al espaciamiento del cultivo. La liberación del parasitoide *C. flavipes* es basada en una tabla, en la cual aumenta o el número de avispitas de acuerdo a la población de la plaga. De 1.000 a 3.000 orugas por hectárea, se libera unas 6.000 avispitas / ha (4 vasos), de 3.000 a 10.000 orugas por hectárea, se libera de 6.000 a 20.000 avispitas / ha (4 a 13 vasos), equivalente a dos avispitas por oruga. De 10.000 a 15.000 orugas / hectárea, se recomienda tres avispitas por oruga. Sobre 15.000 orugas / hectárea, se recomienda cuatro avispitas por oruga. Ese método, aunque funcional, tiene su rendimiento reducido por el proceso de muestreo, así como el costo elevado por el exceso de material liberado.

HONGO ENTOMOPATOGÉNICO: El empleo del hongo entomopatogénico, *Beauveria bassiana*, en el control del barrenador de la caña de azúcar es recomendado cuando hay superpoblación de la plaga, situación que exige respuesta rápida y eficiente de control bajo el riesgo de, no teniéndolo, agravar sobremano los perjuicios. Este hongo, *B. bassiana* puede proporcionar mortalidad media de un 50%, cuando empleado en la concentración de 4×10^{12} conidios viables por hectárea, equivalente a aproximadamente 4 kg por hectárea del hongo más el medio de cultivo (arroz).

CONTROL QUÍMICO: Este método de control debe ser visto como herramienta útil a ser usada, con mucho criterio, solamente en locales donde haya, de hecho, la necesidad de su empleo como medio auxiliar al control biológico y nunca como única medida. Para realizar este tipo de control, el muestreo es realizada observándose, en la región del “palmito” (cogollo) de la caña, la presencia de orugas (menores de que 1,0 cm), antes de penetrar en el tallo, siendo el nivel de control representado por un 3% de cañas con orugas en esa región. La metodología de muestreo es la misma metodología de la Intensidad de Infestación. Después de la toma de decisión, pulverizar lo más rápido posible el insecticida, disminuyendo la chance de las orugas penetrar en el tallo.

Los insecticidas usados para el control químico de *Diatraea saccharalis* generalmente presentan resultados eficientes. Los mejores resultados han sido obtenidos con aplicación en pulverización foliar. El producto del grupo “**Modulador de Receptores de Rianodina**” - Clorantraniliprole (Altacor® 350 WG) se destaca, actualmente, por su eficiencia, su innovador modo de acción, sistematicidad y residualidad. Otros importantes grupos, como ejemplo, “**Inhibidores de la Síntesis de Quitina**” - Triflumuron (Certero® 480 SC o Mirza® 480 SC), Lufenuron (Match® 50 CE), Novaluron (Galaxy® 100 EC o Rimon® 100 EC) y “**Agonista de Ecdisteroides**” - Tebufenozide (Mimic® 240 SC), presentan también eficiencia de control, pero con resultados más limitados cuando se comparan al primer grupo. Todos los grupos son compatibles con el control biológico.

CONSIDERACIONES FINALES

En estos últimos años ha ocurrido aumento en el plantío de variedades susceptibles a *D. saccharalis*. La expansión del plantío para nuevas áreas y la falta de atención con los cuidados que necesitan existir al emplearse el control biológico, especialmente con el parasitoide *C. flavipes* ha llevado al aumento de la plaga. Esos hechos han generado la sensación de que el control biológico no ha sido capaz de contener las infestaciones de la plaga, ocasionando creciente empleo de insecticidas para su control. Entre los

productos químicos utilizados hay serios riesgos, en algunos casos, de estar aplicándose ingredientes activos que a medio y largo plazo ofrecen serios riesgos a la biodiversidad, frente a sus amplios espectros de acciones, especialmente sobre insectos útiles (predadores y parasitoides), naturalmente existentes en los cañaverales y que necesitan ser preservados por ejercer un importantísimo papel en el control de plagas. Así, cuidados con el material biológico (especialmente *C. flavipes*) como: control de calidad, forma de transporte al campo, cantidad a ser liberado, horario, forma y local de liberación, entre otros, son puntos importantes a ser respetados, bajo el riesgo de que al no hacerse se pueda ocasionar descrédito al método.

LOS BARRENADORES DE LA CAÑA, *Diatraea* spp., EN EL VALLE DEL RÍO CAUCA

Luis Antonio Gómez¹ y Germán Vargas²

¹Entomólogo (retirado), Programa de Variedades, Cenicaña.

²Entomólogo, Programa de Variedades, Cenicaña. gavargas@cenicana.org

ANTECEDENTES. En el valle del río Cauca hasta los años 50's se utilizaron insecticidas para el manejo de *Diatraea* spp. (Lepidóptera: Crambidae) sin resultados exitosos (Guardiola, 1995), por lo que se buscaron alternativas de control biológico. Existen 11 registros de introducciones de enemigos naturales, de las cuales solo dos moscas taquínidas (*Lydella minense* y *Billaea claripalpis*) lograron una buena adaptación al valle del río Cauca (Gaviria, 1990). Luego de la importación de las moscas taquínidas en los años 70's se encontró una reducción de 10 veces el promedio del daño, pasando de un 25% de entrenudos barrenados en 1969 a menos de 2.5% de entrenudos barrenados al año 2011. Sin embargo, otro acontecimiento importante en el cultivo de la caña que ocurrió durante esta época fue la incorporación en la labor de cosecha del alce mecánico de la caña, que trajo consigo la implementación de la quema, previo al corte de la caña, esto para reducir la llegada de materia extraña al molino y facilitar la cosecha manual. Se puede considerar que el control biológico fue un factor complementario a la quema en la reducción de los niveles de daño por la plaga a nivel de la industria azucarera. Antes de 1983 sólo se consideraba a *Diatraea saccharalis* como la especie atacando la caña en la región, sin embargo, en el Ingenio Providencia se detectó la abundancia de otra especie, identificada como *D. indigenella*, que resultó además como la especie más abundante en las zonas centro y sur, entre los municipios de El Cerrito y Santander de Quilichao. En Colombia las especies de *Diatraea* que atacan caña de azúcar se pueden resumir en *D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella*, *D. rosa*, *D. tabernella*, *D. lineolata* (Bleszynski, 1969), (se ha planteado últimamente que *D. rosa* es sinónimo de *D. busckella*). Hasta el año 2012, *D. saccharalis* y *D. indigenella* se consideraban las únicas especies presentes en la región, pero al registrar en ese mismo año un brote de barrenadores en la zona norte, se identificó a *D. tabernella* como la especie predominante en esta zona norte (Vargas *et al.*, 2013); un año más tarde, se detectó otro brote por la plaga en la zona centro del valle y que obedeció a la abundancia de *D. busckella* (Vargas, información sin publicar). En ambos casos, se trató del primer registro de estas dos especies en el Valle del Cauca.

DINÁMICA Y COMPOSICIÓN DE LAS ESPECIES DE *Diatraea* EN EL VALLE DEL RÍO CAUCA

Se considera que *D. saccharalis* está presente en todas las zonas del valle del río Cauca, pero otras especies predominan en las diferentes zonas del valle. *Diatraea tabernella* fue identificada como la especie más abundante entre Viterbo (Caldas) y La Unión (Valle). Originalmente se sabe que estaba localizada en el Chocó y se asume que pudo haber llegado al valle mediante el movimiento de material vegetativo o su desplazamiento natural. En el caso de *D. busckella*, en el año 2013 se registró su presencia en la zona centro, lo que ha representado el incremento de los niveles de daño en ingenios como Sancarlos y Pichichi. De esta especie existen registros en la costa Caribe (Magdalena y Cesar), en la zona Andina (Antioquia, Tolima y Santander), en la zona Pacífica (Chocó) y en los llanos orientales (Meta). En lo referente a la zona sur de valle, se sabe que *D. indigenella* ha sido la especie predominante sobre *D. saccharalis*. Sin embargo, en la actualidad se avanza en un reconocimiento de las especies en todo el valle del Cauca. Dadas las dificultades de reconocer a las especies en el estado de larva, se ha

trabajado en la identificación de las especies utilizando como carácter diagnóstico el lóbulo del tegumen de la genitalia del macho y se avanza en proyectos enfocados en la identificación de las especies mediante biología molecular. Se considera que las dos nuevas especies, *D. tabernella* y *D. busckella*, tendrían mayor capacidad de daño en razón a su mayor tamaño con relación a *D. saccharalis* y *D. indigenella*. Hasta el momento la mayor cantidad de información que existe acerca de biología y ecología está basada en estudios sobre *D. saccharalis* y *D. indigenella*, especialmente en las zonas centro y sur. Se considera que la abundancia de estas dos especies está determinada por la edad de la caña, en donde *D. saccharalis* decrece a medida que aumenta la edad de la caña, mientras que *D. indigenella* aumenta, lo que sería consistente con una mayor observación de huevos de *D. indigenella* a partir de los 7 meses de edad. Hasta ahora no se conoce del comportamiento de las dos nuevas especies en el valle, pero se sabe que, en Costa Rica, *D. tabernella* ataca desde que los tallos apenas están formando los entrenudos hasta el momento de cosecha (Valverde *et al.*, 1991). En el caso de *D. busckella*, se ha encontrado ataque por la plaga desde edades tempranas hasta cosecha (Vargas, información sin publicar). Sin embargo, en el brote ocurrido en el 2005 (Vargas *et al.*, 2005) se encontró una anomalía en el comportamiento de *D. saccharalis*, cuya presencia en la zona centro representó el 63% de los individuos recolectados, en tanto que estuvo ausente o muy escasa en la década anterior (Cenicaña, 1992), sugiriendo que el brote resultaría por una deficiencia en la liberación de *Lydella minense* (Díptera: Tachinidae), cuya preferencia por *D. saccharalis* es reconocida (Salazar y Ferrer, 1978; Vargas *et al.*, 2006).

CONTROL BIOLÓGICO

Parasitoides de larvas

Luego de extensas liberaciones de enemigos naturales en el valle del río Cauca, no se encontró una buena adaptación de *Cotesia flavipes* (Himenóptera: Braconidae) ni se recuperaron larvas de *Diatraea* parasitadas por *Lixophaga diatraeae*, *Palpozenillia palpalis* (Díptera: Tachinidae) o *Allorogas* sp. (Himenóptera: Braconidae). (Gaviria, 1990). Sin embargo, las liberaciones de *Lydella minense* y *Billaea claripalpis* resultaron en buena adaptación en el campo y reducción de los niveles de daño. En el caso de *L. minense* se trató de una nueva asociación dado que en Colombia no estaba el parasitoide, pero si el hospedante y al introducir a la mosca de Brasil se logró una buena adaptación. En el caso de *B. claripalpis*, ya existía la especie en Colombia, pero la raza peruana que se introdujo tenía un ciclo de vida más corto, por lo que el cruce de estas dos razas incremento su agresividad. Con referencia a *Genea jaynesi* (Díptera: Tachinidae), dados sus altos niveles de parasitismo en campo, se le considera un buen enemigo natural, pero no se ha logrado su reproducción en cautiverio, por lo que su uso se restringiría al del enfoque de control biológico de la conservación mediante la preservación de arvenses y plantas acompañantes que ofrecen refugio y/o alimento, entre otros tipos de alternativas que puedan incentivar su acción en el campo.

Distribución de las moscas taquínidas y su acción sobre las diferentes especies de *Diatraea*

A pesar de que se considera que los taquínidos no son restrictivos con respecto a selección de sus hospedantes, se puede decir que muestran preferencias a nivel local. En el caso de valle del río Cauca para el año 2005 en la zona centro predominaba *D. indigenella* y a su vez el parasitoide de mayor abundancia era *G. jaynesi*; en contraste con la zona norte, donde predominaba *D. saccharalis*, el parasitoide de mayor abundancia era *L. minense* (Obando, 2007). El incremento en los niveles de daño en la zona norte del valle del río Cauca en el año 2012 estuvieron asociados con la amplia abundancia y distribución de *D. tabernella* (Vargas *et al.*, 2013). Asimismo, se pudo verificar que el parasitoide más liberado en esta zona, *L. minense*, presentaba una mayor preferencia sobre *D. saccharalis*, por lo que

la reducida acción de este enemigo natural sobre *D. tabernella* podría explicar parcialmente el brote en esta zona. De acuerdo con lo anterior, la recomendación ha sido la liberación de otros parasitoides como *Billaea claripalpis*, intensificar las liberaciones de parasitoides de huevos, *Trichogramma exiguum* (Himenóptera: Trichogrammatidae), e incluso reconsiderar el uso de *Cotesia flavipes*. No mucho tiempo después de reportar el brote de *D. tabernella* en la zona norte, otro brote por la plaga fue registrado en la zona centro del valle, pero en este caso causado por la abundancia y amplia distribución de *D. busckella*. Esta especie ha sido hallada en varias zonas de Colombia, y hasta ahora es la primera vez que se registra en el valle del río Cauca. El parasitismo por parte de *L. minense* sobre *D. busckella* se puede considerar como aceptable (~30%), pero es posible que se requiera realizar un esfuerzo adicional en las liberaciones de los parasitoides en ciertas zonas en donde las poblaciones de la plaga son altas y el parasitismo bajo.

Parasitoides de huevos

En Colombia, existen varias referencias que han demostrado el uso exitoso de especies pertenecientes al género *Trichogramma* para controlar plagas en diferentes cultivos tales como algodón, soya, tomate y yuca (Vélez, 1997). Sin embargo, en caña de azúcar su uso había sido controvertido al igual que en otras zonas cañeras (Gómez, 1990). Estudios realizados a mediados de los años noventa encontraron que *T. exiguum* era la única especie que se recupera de huevos de al menos tres especies de *Diatraea* (*D. sacharalis*, *D. indigenella* y *D. rosa*), mientras que la especie producida en los laboratorios y liberada comercialmente era *Trichogramma pretiosum*, es decir que se había venido liberando la especie equivocada (Gómez *et al.*, 1996). En la actualidad se sabe que la cría de *T. exiguum* requiere de condiciones especiales, entre ellas la no cercanía a crías de *T. pretiosum*, que es una especie mucho mejor adaptada a las condiciones de cría masiva y que tiende a desplazar a las poblaciones de *T. exiguum* criadas en laboratorio. De acuerdo con lo anterior *T. exiguum* es el parasitoide que se recomienda utilizar en el combate de *Diatraea* spp. debido a que se encuentra mejor adaptada al agroecosistema de la caña de azúcar y a su hospedante, *Diatraea* spp., en el campo (Gómez *et al.*, 1996).

Eficiencia de las liberaciones

En la actualidad no se dispone de información acerca del nivel de eficiencia del control biológico en la reducción del daño por *Diatraea* spp., esto debido a las limitantes metodológicas de la implementación de este tipo de experimentación en el campo. Sin embargo, tradicionalmente el control biológico de *Diatraea* spp. es una alternativa que muestra reducción en los niveles de daño cada vez que es usada. Con el objetivo de estimar el nivel de eficiencia de las liberaciones de las moscas taquínidas en la reducción de los niveles de daño por parte de la plaga, Vargas y Posada (2013) obtuvieron información comercial entre los años 2009 y 2011 acerca de campos liberados con taquínidos y encontraron que luego de una sola liberación de las moscas el daño promedio descendió alrededor de tres unidades porcentuales de intensidad de infestación de un ciclo de cultivo al otro, que equivalió a una reducción de un 65% del nivel de daño inicial. Si se considera que el impacto del daño por *Diatraea* se ha estimado en alrededor de 143 kg de azúcar por cada unidad porcentual de entrenudos barrenados (Vargas y Posada, 2013), y si se asume que una liberación de taquínidos podría al menos reducir una unidad porcentual de daño, la relación beneficio costo neta de una liberación no sólo es positiva sino que puede llegar a ser de 7 pesos por cada peso invertido.

Asímismo, como parte de una propuesta para mejorar la eficiencia de las liberaciones de enemigos naturales, Cenicaña reunió información de algunos laboratorios de cría para proponer unos parámetros para medir la calidad de los parasitoides liberados. Con la colaboración de nueve laboratorios productores de taquínidos en el Valle del Cauca Cenicaña realizó un trabajo de

caracterización de diferentes parámetros de producción de estos insectos benéficos, utilizando específicamente a *L. minense*, que es la especie más utilizada comercialmente y producida en los nueve laboratorios participantes (Obando, 2007). Se encontró que existe una gran variabilidad entre los laboratorios productores con relación a variables como peso de puparios (rango entre 19 y 45 mg), porcentaje de emergencia de adultos (rango entre 55 y 96%), porcentaje de individuos atípicos (rango entre 1 y 12%), mortalidad de las hembras durante el periodo de gestación (rango entre 3 y 50%) y número de crías por hembra (rango entre 289 y 546). Sin embargo, se determinó una alta correlación entre el peso de los puparios, la progenie total producida y el grado de actividad de la progenie. Por lo tanto, el peso del pupario se podría considerar como un factor crítico en el aseguramiento de la actividad parasitaria de las moscas en el campo. Es de anotar que en la actualidad no existe un ente encargado de certificar la calidad de los taquínidos utilizados para el control biológico de *Diatraea* spp.

MONITOREO

El porcentaje de entrenudos barrenados ha sido la medida más utilizada para expresar el daño que causa *Diatraea* spp. y es conocido como intensidad de infestación. Se ha reportado que el porcentaje de entrenudos barrenados por *Diatraea* es el único índice de daño que ha sido correlacionado con pérdidas, tanto en tonelaje en campo como en sacarosa en fábrica (Gómez *et al.*, 2009), mientras que estudios de resistencia varietal a los barrenadores han encontrado que este índice de daño es el que mejor indica las pérdidas causadas por la plaga (Milligan *et al.*, 2003).

Un factor importante a ser considerado en la estimación del nivel de daño usando el cálculo de la intensidad de infestación es la edad del cultivo al momento de la evaluación. La toma de una muestra en un cultivo con unos seis meses de edad estimaría un valor de daño que no es comparable con lo observado al momento de la cosecha, alrededor de seis a siete meses después. Lo anterior estaría determinado por el número de entrenudos totales que el cultivo puede presentar hacia los seis meses de edad que podría ser entre 10 y 12 entrenudos; en comparación con el total de entrenudos formados al momento de la cosecha, que podría estar entre 23 y 25 entrenudos.

Es de anotar las dificultades que se pueden presentar en el reconocimiento del daño entre *Diatraea* spp. y el barrenador menor *Blastobasis graminea* (Lepidoptera: Blastobasidae). De acuerdo con los hábitos y el tamaño de la plaga, galerías reducidas y localizadas en el nudo son atribuidas a *B. graminea*, mientras que es de esperar que los daños de mayor tamaño y localizados en los entrenudos sean atribuidos a *Diatraea*. Sin embargo, existe un rango de daños donde, por tamaño y localización, la atribución del agente causal puede ser confusa. De acuerdo con la experiencia, se ha encontrado que los niveles de intensidad de infestación por *B. graminea* no tienden a superar el 4% de entrenudos barrenados, entonces se propone que los daños por *B. graminea* deben ser examinados con el objeto de mejorar en la atribución del daño por la plaga y evitar errores en la estimación del daño por *Diatraea* en el campo. A pesar de que se considera prudente realizar la evaluación de *B. graminea* a la par de que se realiza la de *Diatraea*, ésta sólo se recomienda como medida para evitar la sobrestimación del daño por *Diatraea* ya que actualmente no existe evidencia de la importancia económica del ataque de *B. graminea*, ni de un método de control. De acuerdo con lo anterior, la correcta estimación del porcentaje de entrenudos barrenados en conjunto con una evaluación apropiada del lote aseguran la obtención de una información de calidad para realizar un control oportuno de *Diatraea* spp.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Tradicionalmente los programas de mejoramiento de caña de azúcar en Colombia se han enfocado en factores como la resistencia a enfermedades y a características de interés agronómico, pero no en lo relacionado con la resistencia a plagas como *Diatraea* spp. Sin embargo, Cenicaña recolecta información acerca de la respuesta de las nuevas variedades en sus pruebas finales de selección conocidas como Pruebas Regionales. Esta información es analizada y compartida con ingenios y agricultores con el fin de que puedan anticipar las posibles infestaciones de sus campos y ajusten sus medidas de manejo de esta plaga. A pesar de que estas evaluaciones de la respuesta de las nuevas variedades está sujeta a la variación ambiental del campo, el uso de la variedad comercial conocida como CC 85-92, que además ha demostrado ser una variedad con resistencia moderada hacia los barrenadores, permite una caracterización de los nuevos cultivares. Sin embargo, es posible que el esquema actual de manejo de los barrenadores en el valle no sea suficiente en atención a la disminución irreversible de la labor de la quema, y su efecto regulador sobre las poblaciones de *Diatraea* spp.; el reemplazo de las áreas sembradas con CC 85-92 con variedades de mejor productividad, pero de menor resistencia a los barrenadores; y los recientes reportes de nuevas especies de *Diatraea*, con mayor capacidad de daño. Lo anterior sugiere que estos factores combinados pueden generar un incremento de la presión por la plaga a escala regional y representar pérdidas causadas por los altos niveles de daño. Ante este panorama se requiere entonces del desarrollo de metodologías de caracterización varietal al daño por los barrenadores que no presenten las dificultades del uso de infestaciones naturales en el campo (Mihm, 1985; Naranjo, 1998), y que permitan la incorporación de la caracterización a la resistencia varietal como un componente adicional dentro de la selección de variedades. Además, se hace necesario incrementar las medidas de monitoreo de la plaga por parte de los agricultores con el objetivo de realizar la liberación de los enemigos naturales de forma oportuna. Asimismo, ante el reporte de nuevas especies, con mayor capacidad de daño que las tradicionales, se hace necesario que se exploren nuevas alternativas de control biológico (p.e., *C. flavipes*) que representen un mayor eficiencia en su efecto regulador sobre la plaga.

BIBLIOGRAFIA.

BLESZYNSKI, S. 1969. The Taxonomy of the Cambrine moth borers of sugar cane, pp. 11-41. En: J.R. Williams J.R. Metcalfe R. W. Mungomery y R. Mathes (eds.), Pests of Sugar Cane. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

CENICAÑA, 1992. Informe Anual, Programa de variedades.

MIHM, J. A. 1985. Methods of artificial infestation with *Diatraea* species and evaluation of stem borer resistance in sorghum, pp. 169-173. In Kumble (ed.), Proceedings of the international sorghum entomology workshop. 15-21 July, 1984, Texas A&M University, College Station, TX, USA.

MILLIGAN, S.B.; BALZARINI, M. WHITE, W.H. 2003. Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. Crop Science, Vol. 43. p. 1729-1735.

- NARANJO, I. C. 1998.** Técnicas para la evaluación de la resistencia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al barrenador del tallo *Diatraea* spp. Tesis Ingeniería Agronómica. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 134 p.
- GAVIRIA M., J.D. 1990.** El control biológico de los insectos plaga de la caña de azúcar en Colombia. En: Buenaventura O., C. E. (ed.). Memorias, III Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tomo 1 pp. 201-227.
- GÓMEZ, L.A. 1990.** Efecto de las liberaciones comerciales de *Trichogramma* sp. para el manejo de *Diatraea* spp. en caña de azúcar. Informe especial. Carta Trimestral 12: 11-14.
- GÓMEZ, L.A.; DÍAZ, A.E. LASTRA, L.A. 1996.** Reconocimiento de las especies de *Trichogramma* asociadas con la caña de azúcar en Colombia. Revista de la Sociedad Colombiana de Entomología. Vol. 22. No. 1: 1-5.
- GÓMEZ, L. A., QUINTERO, E. M., JURADO, J. A., OBANDO, V., LARRAHONDO, J. E. GONZÁLEZ, A. 2009.** Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, pp. 136-143. En Memorias, 8th Congreso de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar de Colombia, Tecnicaña, 16-18 Septiembre, Cali, Colombia. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- GUARDIOLA, J. 1995.** Avances tecnológicos entre 1950 y 1980, pp. 9-21. En: C. Cassalett J. Torrez C. Isaacs (eds.), El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña, Cali, Colombia.
- OBANDO, V.P. 2007.** Análisis de algunas causas del brote de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), observado en el valle del río Cauca, desde 2003. Tesis ingeniera Agrónoma. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. San Juan de Pasto, Colombia. 125 p.
- SALAZAR, J. FERRER, F. 1978.** Población, distribución y parasitismo de los taladradores de la caña de azúcar en el estado Portuguesa, pp. 67-72. En: Memorias 1er. seminario nacional sobre el problema de los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). Barquisimeto, Venezuela, 28 febrero al 3 de marzo.
- VALVERDE, L.A., BADILLA, F. FUENTES. G. 1991.** Pérdidas de azúcar a nivel de fábrica causadas por *Diatraea tabernella* en tres variedades de caña de azúcar (*saccharum* spp.) en la zona alta de San Carlos, Costa Rica. Agronomía Costarricense. 15: 7-12.
- VARGAS, G. Y POSADA, C. 2013.** Análisis económico del control biológico de *Diatraea* spp. Documento de Trabajo No. 727, Cenicaña. Disponible en línea en: http://www.cenicana.org/pdf/no_clasificacion/6622.pdf
- VARGAS, G., LASTRA, L.A., SOLÍS, M.A. 2013.** First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca River Valley of Colombia. Florida Entomologist, 96: 1198 – 1201.

Vélez, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Editorial universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 482 p.

VARGAS, G. A., OBANDO, V. GÓMEZ, L. A. 2006. *Jaynesleskia jaynesi*: otra alternativa para el manejo de *Diatraea* spp. Cali, Cenicaña. Carta Trimestral Vol. 28, no. 2 de 2006. Abril-Junio. p. 3-5. Disponible en línea en: http://www.cenicana.org/publicaciones/carta_trimestral/ct2006/ct2_06/ct2_06_p3-5.php

VARGAS, G.A., OBANDO, V. GÓMEZ, L. A. 2005. Diagnóstico de la situación de *Diatraea* spp. en el valle del río Cauca. Carta Trimestral, Vol. 27. nos. 3 y 4. Cenicaña Cali, Colombia. Disponible en línea en: http://www.cenicana.org/publicaciones/carta_trimestral/ct2005/ct3y4_05/ct3y4_05_p27-31.php

RELACIONES ENTRE PLANTAS HOSPEDERAS, BARRENADORES DEL TALLO (*D. saccharalis*) Y SUS PARASITOIDES (*Cotesia flavipes*)

Dra. Andrea Joyce,

Universidad de California-Merced.

El insecto barrenador *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidóptera: Crambidae) presenta amplia distribución geográfica en el hemisferio occidental y es considerado una plaga de varios cultivos como la caña de azúcar, el maíz, el arroz, y el sorgo. Existe incertidumbre sobre el centro del origen de este insecto, pero podría provenir de los trópicos de Sur América, de plantas acuáticas o semi-acuáticas (3). En Estados Unidos la presencia de *Diatraea saccharalis* como plaga ha sido documentado desde hace 150 años. Afectó el sur de los EEUU, atacando cultivos comerciales de caña de azúcar en Luisiana, Florida y Texas. Se consideró *D. saccharalis* una plaga introducida o invasiva, y el manejo había estado por programas del control biológico clásico, introduciendo enemigos naturales. El efecto de los enemigos naturales vario en relación con el área donde fueron liberados (1). Por ejemplo, el parasitoide *Cotesia flavipes* no se estableció en Luisiana, pero se estableció en Florida y Texas. El Tachinido *Lixophaga diatraea* se estableció en Luisiana, pero no se estableció en Florida y Texas. Debido a ello se evaluó la hipótesis de que la población de *D. saccharalis* presente en Luisiana podría ser un biotipo genéticamente divergente o una especie críptica, diferente de la población de *D. saccharalis* presente en Florida o Texas. Generalmente se considera a *D. saccharalis* como una especie distribuida en todo el hemisferio. Sin embargo la identificación de las especies del género *Diatraea* se basa en caracteres morfológicos de los adultos (2,3) y los estudios relacionados con la sistemática y genética de poblaciones de este género son limitados (5).

La estructura de las poblaciones de *D. saccharalis* presentes en la región sur de Estados Unidos, específicamente Sur de Texas, Oriente de Texas, Luisiana, y Florida fue investigada. Las larvas fueron recolectadas en los tallos de las plantas hospederas y criadas hasta su estado adulto o hasta que los parasitoides emergieron. Además, se utilizaron hembras adultas para atraer a machos de *D. saccharalis*. La identificación taxonómica de los adultos realizó a través de la observación de los genitales lo que garantiza que los adultos pertenecieran a *D. saccharalis*. El ADN fue obtenido de muestras del tórax de los machos exclusivamente y analizado utilizando Amplificación de Fragmentos de Longitudes Polimórficas (AFLPs) (6). Además, para evaluar el grado de divergencia genética y establecer el número de especies potenciales se utilizó una región de 658 pares de bases de la ADN mitocondrial como códigos de barras el cual fue contrastado entre las poblaciones del sur de Estados Unidos y poblaciones previamente evaluadas cuyas secuencias se encuentran en Genbank y Bar Code of Life (4). Los resultados serán discutidos en la presentación.

El proyecto sobre los biotipos o especies crípticas continúa en El Salvador, Centro América donde la divergencia genética de poblaciones de *D. saccharalis* en cultivos de maíz, caña de azúcar, sorgo y el arroz fue evaluada. Las larvas de *Diatraea saccharalis* colectadas fueron criadas hasta el estado adulto o hasta que un parasitoide emergiera. Posteriormente, se obtuvo muestras de ADN de las polillas y los parasitoides. Las especies de Tachinidae que emergieron fueron más abundantes que las Hymenoptera. Se generaron AFLPs de los especímenes para comparar el ADN de las polillas en cada de las plantas hospederas. Los resultados serán discutidos durante la presentación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bennett, FD, JW Smith, & HW Browning. 1990. *Classical Biological Control in the Southern United States*. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences. Ser. 355.
- Bleszynski, S. 1969. The taxonomy of crambinae moth borers of sugarcane. In *Pest of sugarcane* J. R. Williams, J. R. Metcalf, R. W. Mungomery & R. Mathes (eds.) Elsevier, New York. 11-59.
- Dyar, HG & C Heinrich. 1927. The American moths of the genus *Diatraea* and allies. Proc. US Nat. Mus. 71: 1-48.
- Hebert, PDN, EH Penton, JM Burns, DH Janzen, & W Hallwachs. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. PNAS 101:14812-14817.
- Pashley, DP, TN Hardy, AM Hammond, & JA Mihm. 1990. Genetic evidence for sibling species within the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 83:1048-1053.
- Vos, P, R Hogers, M Bleeker, M Reijans, T Van de Lee, M Hornes, A Frijters, J Pot, J Peleman, & M Kuiper. 1995. AFLP: A new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Res. 23:4407-414.

SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN DEL MANEJO DE *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE), EN PANAMÁ

Bruno Zachrisson

Ph.D.; Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP); Ciudad del Saber, Edificio 196-197, Panamá, Panamá; Correo Electrónico: bazsalam@gmail.com

ANTECEDENTES. En 1972, se implementó el programa de control biológico enfocado al manejo del complejo *Diatraea* spp, los cuales fueron realizados en el Ingenio Azucarero Santa Rosa, Panamá, utilizando los parasitoides *Paratheresia claripalpis* Wulp. y *Lixophaga diatraeae* Townsend. Sin embargo, las tasas de parasitismo reportadas fueron reducidas, debido principalmente a la falta de adaptación al agro ecosistema. Razón por la cual, en 1977 se inició el programa de control biológico, considerando el parasitoide larval *Cotesia flavipes* Cameron (Narváez, 1983). Posteriormente, en 1980 se liberó *C. flavipes* para el manejo de *D. saccharalis*. Estudios biológicos que confirmaron la elevada capacidad de adaptación de *C. flavipes* al agro ecosistema, sustentó su multiplicación en condiciones controladas (Narváez, 1983). A inicios de 1951, proveniente de Trinidad se introdujo el taquinideo *Metagonistylum minense* Townsend, para el control de *D. saccharalis*, registrando tasas de parasitismo reducidas (Bennett, 1973).

En la Central Azucarera de Alanje, provincia de Chiriquí, Panamá, los programas iniciaron en 1991, liberando especies de parasitoides nativos, para el manejo del complejo de barrenadores. Acontecimiento que promovió la liberación de *C. flavipes*, en los ingenios azucareros del país, registrándose elevadas tasas de parasitismo. Ya en el 2002, se evaluó la eficiencia de las liberaciones de *C. flavipes*, para el control de *Diatraea tabernella* Dyar., la cual esta reportada en todas las áreas productoras de caña de azúcar de Panamá, causando reducciones significativas en la producción de este rubro (Gordón, 1985; Garcia *et al.*, 2004).

Los totalidad de los ingenios Azucareros del país, están orientados al uso de agentes de control biológico, como la principal alternativa de manejo del complejo de barrenadores (*D. saccharalis*, *D. tabernella*) (Gordón, 1985), lo cual ha permitido la sostenibilidad de este rubro agrícola. Las liberaciones de *P. claripalpus*, *L. diatraea* y *Cotesia flavipes*, han fortalecidos y diversificados las opciones de manejo, considerados en los programas de control biológico de *Diatraea* spp.

El complejo de especies de barrenadores de la caña de azúcar que se ha reportado para Panamá, incluye a *Castnia licoides* Boisd., que es originaria de Brasil y que en 1923 fue detectado en plantaciones de banano en Puerto Armuelles, provincia de Chiriquí, Panamá (Polanco *et al.*, 1996). En los años 1951 y 1952, se registra el ataque de *C. licoides* en el 62.3 % de la superficie de caña de azúcar sembrada, en el país (Polanco *et al.*, 1996). La reducción del rendimiento de 78.00 ton/ha a 42.41 ton/ ha, en las áreas afectadas por esta plaga, destaca su relevancia en el manejo del cultivo (Polanco *et. al.*, 1996). La aplicación de cepas de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* Bals. y *Metharrizium anisopliae* Metch.), provenientes de Costa Rica, redujo la población de *C. licoides*.

Evidencias de avances y aportes, para el manejo del complejo de barrenadores por medio de agentes de control biológico, se destacan en el Cuadro 1.

Tabla 1. Cronología de la reseña histórica del control biológico del complejo de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), en Panamá.

| Año | RESEÑA HISTORICA | ENEMIGO NATURAL | ESPECIE PLAGA | Referencia |
|------------|--|---|--|------------------------------|
| 1951 | Se detecta a <i>Castnia licoides</i> Boids., atacando el cultivo de caña de azúcar. | _____ | <i>Castnia licoides</i> Boids. | Polanco <i>et al.</i> , 1996 |
| 1963 | Se introdujeron parasitoides, para barrenadores de caña proveniente del Perú. | <i>Lixophaga diatraea</i> Townsend <i>Paratheresia claripalpus</i> Wulp. | <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius | Gaviria, 1977 |
| 1967 | Se confirmó la eficiencia de <i>Galleria mellonella</i> , como huésped alternativo de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron. | <i>Lixophaga diatraeae</i> Townsend | <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius | Naranjo <i>et al.</i> , 2004 |
| 1972 | Se realizan los primeros trabajos para la implementación del control biológico en el Ingenio Santa Rosa. | <i>Paratheresia claripalpis</i> Wulp y <i>Cotesia flavipes</i> Cameron | <i>Diatraea</i> sp. <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius | Narváez, 1983 |
| 1977 | Se realizaron liberaciones de <i>Cotesia falvipes</i> Cameron. La Central azucarera La Victoria, implementa la | <i>Cotesia flavipes</i> Cameron | <i>Diatraea</i> sp. | Narvaez, 1983 |

| | | | | |
|-----------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------|
| 1980 | multiplicación y liberación de <i>Lixophaga diatraea</i> . | <i>Lixophaga diatraea</i> Townsend | <i>Diatraea</i> sp. | Narvaez, 1983 |
| 1982 | Se reportan dos especies de barrenadores de la Caña de Azúcar. | _____ | <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius <i>Diatraea tabernella</i> Dyar | Narváez, 1983 Gordón, 1985 |
| Cont.... | | | | |
| 1991 | Se retoma programa de control biológico clásico, en Caña de Azúcar. | <i>Cotesia flavipes</i> Cameron | <i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius y <i>Diatraea tabernella</i> Dyar | Polanco <i>et al.</i> , 1996 |
| 2002 | Se realizaron liberaciones de <i>Cotesia flavipes</i> Cameron, dirigida a <i>Diatraea tabernella</i> Dyar. | <i>Cotesia flavipes</i> Cameron | <i>Diatraea tabernella</i> Dyar | Garcia <i>et al.</i> , 2004 |

SITUACIÓN ACTUAL. La eficiencia y el éxito de las liberaciones de *C. flavipes*, en el manejo de *D. saccharalis*, se confirma por medio de las tasas de parasitismo de 30%. Sin embargo, no se descarta la utilización de otros parasitoides como *L. diatraea*, *Tetrastichus* sp. y *Trichogramma pretiosum* Riley, dirigida al manejo de *D. saccharalis*. La población de *D. tabernella*, ha alcanzado niveles próximos al 70%, desplazando a *D. saccharalis*.

Proyección del Manejo de *Diatraea* spp.

El manejo de barrenadores (*D. saccharalis*, *D. taberenella*), por medio otras especies de parasitoides, tales como *L. diatraea*, *Tetrastichus* sp. y *Trichogramma pretiosum*, requieren de estudios básicos como lo son: a) Biología y reproducción de los parasitoides, en condiciones controladas; b) La evaluación de dietas artificiales, como base para la multiplicación del huésped natural, que servirá para la reproducción de las especies de parasitoides a liberarse; c) Implementación de metodologías, que determinen la eficiencia de las liberaciones de las diferentes especies de parasitoides; d) Evaluación de procedimientos de liberación de parasitoides.

Consideraciones Finales

Las estrategias basadas en el control químico de especies de barrenadores, no han sido adoptadas por los productores de caña de azúcar, en Panamá. Razón por la cual, el control biológico brinda una alternativa viable para manejo de estos insectos-plagas. Los programas de control biológico en Panamá, deben ser versátiles, incluyendo especies de parasitoides que ataquen diversas fases del desarrollo biológico (huevo, larvas, larva-pupa) de las especies de barrenadores.

Debido a la carencia de registros históricos, de las liberaciones de parasitoides realizadas en Panamá, no presentan resultados que permitan comparar la adaptación de los biotipos de las especies utilizadas en los programas nacionales de control biológico. Las posibles deficiencias en los programas de control biológico implementados en Panamá, puede atribuirse a fallas de los protocolos de multiplicación de las especies de parasitoides. Por lo que, no se descarta la utilización de biotipos o "strains" de las especies de parasitoides nativos, aspecto que deberá favorecer la adecuación a los huéspedes, en este caso *D. saccharalis* y *D. tabernella*.

BIBLIOGRAFÍA.

BENNETT, F. D. Report on visit to Panama to advise on the biological control to sugar cane borers *Diatraea* spp.. April, Trinidad, 1973. (no Publicado)

GARCÍA, F. MAGRIGAL, A. CAÑAS, S. MORALES, M. MONTOYA, C. MUÑOZ, J. 2004. Guía de insumos biológico para el manejo integrado de plagas. Corporación para el desarrollo de Insumos y servicios agroecológicos-Harmonia. ISBN 958-33-5875-4. 102 p.

GAVIRIA, J.D. 1977. Evaluación del control biológico en la Industria Azucarera Colombiana: Ingenio Paila, 71-93.

GORDON, R. Avances en el control integrado de plagas de la caña de azúcar, en Panamá. En: Mesa redonda de Latinoamericana de Manejo Intergrado de Plagas de la Caña de Azúcar, FAO/RLAC, La habana, 1985. 11 p.

NARANJO, M. ÁLVAREZ, J. O RELLY, J. NODA, C. 2004. Utilización de la Mosca Cubana *Lixophaga diatraeae* (Townsend) en la lucha contra *Diatraea saccharalis* (Fab.). En: Experiencias para las nuevas empresas azucareras. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (INICA)-Cuba. Consultado el 12 febrero 2012. Disponible en: <http://www.inica.minaz.cu/trabajos/40ANIVERSARIO/bio/b17.htm>

NARVÁEZ, L.F. 1983. Control biológico de *Diatraea* spp en Panamá. Rev. Tecnología. 7: 1-10.

POLANCO, C. FERNÁNDEZ, O. BATISTA, M. 1996. Estudio para establecer el grado de daño que causa el barrenador gigante *Castnia licoides* Boisduval a plantaciones de caña de azúcar y su estrategia para el manejo y control. Folleto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá-CIAC. 36 p

COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS Y SiB COLOMBIA

PASOS CURATORIALES EN UNA COLECCIÓN ENTOMOLÓGICA: PRIMORDIALES EN LA CADENA DE INFORMACIÓN PARA TENER REGISTROS DE ALTA CALIDAD

Claudia A. Medina

*Colecciones Biológicas, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt,
Villa de Leyva, Colombia. camedina@humboldt.org.co*

Las colecciones biológicas son centros de generación de conocimiento y fuente de consulta obligada en la elaboración de inventarios locales y regionales y son fundamentales en la construcción del inventario nacional de biodiversidad de Colombia. En Colombia existen un total de 71 colecciones entomológicas registradas, que acogen cerca de un millón de ejemplares catalogados y varios miles sin catalogar. La mayoría de información, producto de especímenes en colecciones entomológicas, no se aprovecha por falta de curaduría taxonómica, sistematización y publicación de registros. Se presentan los pasos básicos de curaduría que deben ser tenidos en cuenta para optimizar la cadena de información que da valor a un espécimen y lo convierte en un registro biológico que puede estar disponible para múltiples análisis ecológicos, y puede ser usado para estadísticas, diagnósticos, mapas, así como en proyectos de modelamiento y análisis espacial. La organización física, taxonómica y la sistematización de la información asociada a los ejemplares, han requerido del establecimiento de diferentes pasos curatoriales. Desde el paso cero que son los ejemplares o muestras sin procesar generalmente como llegan del campo (misceláneas en alcohol, escarabajos en sobres de algodón, mariposas en sobres etc.), hasta el paso final, donde los ejemplares se encuentran catalogados con un código único de la colección, identificados taxonómicamente, sistematizados y su registro preferiblemente publicado y/ o disponible en una plataforma de datos nacional como el SiB (Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia). El establecimiento de pasos curatoriales dentro de una colección permite la organización física de los ejemplares, facilita el diagnóstico del estado de la colección, es así como se puede establecer en que nivel curatorial se encuentra la mayoría de la colección y en cuál de los pasos se necesita mayor dedicación. Uno de los pasos cruciales en la cadena es la identificación taxonómica, para la mayoría de grupos de insectos la identificación a nivel de especie puede estar limitada por falta de claves de identificación, revisiones taxonómicas recientes, por lo que es importante asignar códigos únicos a las morfo especies no identificadas. Establecer rutinas y formularios únicos de sistematización ayuda a mantener la calidad de los datos. Por último se recomienda la publicación de los registros lo que hace que la información generada desde la colección sea pública y de amplio uso, lo que da valor agregado al que hacer de una colección.

COLECCIONES ENTOMOLÓGICAS EN LA RED DE GBIF

Francisco Pando

Dr. Francisco Pando, GBIF España, Real Jardín Botánico-CSIC; Claudio Moyano, 1, 28014 Madrid, España

Con 450 millones de registro sobre la distribución de especies biológicas, GBIF es la mayor red de datos de biodiversidad del mundo (cf. www.gbif.org/occurrence). De estos, alrededor de 36 millones corresponden a insectos y millón y medio a arácnidos. Todos estos datos están disponibles libre y gratuitamente para todo el mundo en un formato que permite su reutilización y análisis. Esta información proviene de fuentes diversas: colecciones científicas, iniciativas ciudadanas, literatura, etc. Repasaremos su importancia relativa y sus complementariedades.

Apoyándonos en casos concretos examinaremos distintos aspectos de la información disponible y también de las cuestiones que surgen a la hora de publicar este tipo de datos, tanto para hacer un uso idóneo de la información, como para atender asuntos tales como la protección de las especies o del propio trabajo científico.

Remataremos la presentación con ideas sobre cómo rentabilizar el trabajo que supone la publicación de datos. Así, veremos algo de “artículos de datos”, webs de colecciones, y datos enlazados (“linked data”).

COMPORTAMIENTO DE INSECTOS

**DISECTANDO CEREBROS PARA ENTENDER SOCIEDADES:
NEUROANATOMÍA Y COMPORTAMIENTO EN HORMIGAS DE LAS
ACACIAS.**

Sabrina Amador

Universidad de Texas en Austin

Uno de los aspectos más intrigantes de las sociedades de hormigas es cómo las obreras se organizan el trabajo en la colonia. En sociedades donde todos los individuos son físicamente similares y capaces de realizar cualquiera de las tareas, las obreras se diferencian únicamente por el comportamiento. Dado que el tejido nervioso es energéticamente demandante, es posible que se favorezca la reducción de áreas del cerebro que no son relevantes para la tarea realizada. En hormigas de las acacias, evalué la alometría y los cambios en el volumen de regiones del cerebro según el grado de especialización de las hormigas en forrajeo o defensa. Conforme aumentó el tamaño de la colonia, las hormigas fueron más fieles a una tarea. Los efectos en el cerebro dependieron de la tarea realizada: las áreas con neuronas aferentes de los lóbulos ópticos y olfatorios se volvieron relativamente más pequeñas en especialistas en defensa y más grandes en especialistas en forrajeo; las obreras en tareas de defensa mostraron una relación alométrica positiva entre el volumen de los lóbulos olfatorios y la región que integra esa información, pero en las forrajeras esa relación fue isométrica. Las necesidades de la sociedad afectan el comportamiento de los individuos, y el efecto en la neuroanatomía indica que obreras especializadas en defensa podrían tener problemas de aprendizaje.

HIGIENE, SALUD Y PARÁSITOS: EVOLUCIÓN Y ECOLOGÍA DEL MANEJO DE ENFERMEDADES POR LAS HORMIGAS CULTIVADORAS DE HONGOS

Hermógenes Fernández-Marín

Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología, INDICASAT-AIP, PO Box 0843-01103, Edificio 219, Clayton, Panamá, República de Panamá. Correo electrónico: HFernandez@indicasat.org.pa

Las hormigas cultivadoras de hongos (tribu Attini: Myrmicinae: Formicidae) están distribuidas en el continente americano, sus límites latitudinales comprenden entre los 40°norte y los 44° sur. Su abundancia y diversidad, sin embargo, crecen en dirección al Ecuador. Las hormigas attini comprenden 240 especies descritas en 15 géneros y son las únicas hormigas que han desarrollado el comportamiento de crecer jardines de hongos basidiomicetos como única fuente de alimento. El origen de este comportamiento agrícola surgió entre 50 y 65 millones de años, con modificaciones evolutivas para ambos organismos mutualistas. Por un lado, las hormigas modificaron el comportamiento, morfología y fisiología y, por el otro, el hongo basidiomiceto, incremento su productividad de micelio y estructuras alimenticias llamadas gongilidias, perdió la reproducción sexual, y su capacidad de competencia. Esta relación mutualista obligatoria hormigas attini - hongos basidiomicetes, están inmersa en un complejo sistema simbiótico, que incluye a otros dos importantes compañeros, las bacterias actinomicetes que crecen sobre la cutícula de las hormigas, y sintetizan sustancias que inhiben primariamente a *Escovopsis*, el otro simbiote, que es un hongo especialista parásito del hongo basidiomiceto. Junto con *Escovopsis*, las hormigas attini y sus hongos mutualistas, son desafiados por otros enemigos, creando un sistema ideal para el estudio de estrategias higiénicas y manejo de enfermedades por organismo sociales.

Desde la perspectiva de salud pública, la utilización de antibióticos y secreciones antimicrobiales de tres miembros del sistema contra *Escovopsis*, hacen a este sistema ideal, para explorar como los organismos sociales no-humanos seleccionan y modulan sus estrategias de medicación profiláctica contra patógenos, y sorteando la probabilidad que los patógenos adquieran resistencia contra el arsenal químico que emplean. Para comprender esta dinámica del uso de antimicrobiales por las hormigas attini, yo he estudiado el comportamiento higiénico contra infecciones empleando especies de hormigas en 8 géneros attini [*Myrmicocrypta*, *Mycocepurus*, y *Apterostigma* (géneros basales), *Cyphomyrmex* (género transicional) y *Trachymyrmex*, *Sericomyrmex* y las cortadoras de hojas, *Atta* y *Acromyrmex* (géneros derivados)]. Hemos encontrados que las hormigas emplean diferentes mecanismos higiénicos entre especies y géneros, evitan las contaminaciones de sus nidos por agentes patogénicos, pero cuando ocurren infecciones, las hormigas emplean primariamente un solo agente antimicrobial. Al usar aproximaciones macro- y micro evolutivas de las hormigas attini, hace complicado explicar los patrones y mecanismos de los sistemas higiénicos observados, y esto sugiere que requerimos mas detalles de los comportamientos específicos de las especies dentro de clados filogenéticos, como también de una mejor comprensión de la epidemiología de los patógenos. Esta presentación está basada en observaciones básicas del comportamiento e historia natural de las hormigas attini, y conectados con estudios experimentales de los comportamientos higiénicos.

Palabras claves: Attini, hormigas, bacterias, patógenos, sistemas sociales, agricultura.

BIBLIOGRAFIA.

FERNÁNDEZ-MARÍN, H. BRUNER, G. GÓMEZ, EB. NASH, DR. BOOMSMA, JJ. WCISLO, WT. 2013.

Dynamic disease management in *Trachymyrmex* fungus-growing ants (Attini: Formicidae).
American Naturalist 181:571-582

FERNÁNDEZ-MARÍN, H. ZIMMERMAN, JK. NASH, DR. BOOMSMA, JJ. WCISLO, WT. 2009.

Reduced biological control and enhanced chemical pest management in the evolution of fungus-farming in ants. *Proceedings of the Royal London Society B* 276: 2263-2269.

INTERACCIONES FORMICIDAE- EUCHARITIDAE: EXPLOTACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL HOSPEDERO POR LOS PARASITOIDES?

Gabriela Perez-Lachaud¹ y Jean-Paul Lachaud²

¹ Doctora, El Colegio de la Frontera Sur, Conservación de la Biodiversidad, Avenida Centenario Km 5.5, Chetumal 77014, Quintana Roo, Mexico, igperez@ecosur.mx, autor para correspondencia. ² Doctor, ECOSUR, Conservación de la Biodiversidad, Chetumal, jlachaud@ecosur.mx – Centre de Recherches sur la Cognition Animale, UMR-CNRS 5169, Université de Toulouse, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 09, France, jean-paul.lachaud@univ-tlse3.fr.

INTRODUCCIÓN. Las hormigas, al igual que el resto de los insectos sociales (abejas, avispa y termitas) forman grupos unidos que deben excluir de la colonia a organismos que no forman parte de ella. El reconocimiento y la discriminación de organismos intrusos son esenciales para el mantenimiento y funcionamiento de estas sociedades. Las colonias y nidos más o menos perenes de los insectos sociales proporcionan micro-hábitats con condiciones climáticas favorables, numerosos recursos disponibles y protección contra depredadores (Hölldobler y Wilson 1990; Hughes *et al.* 2008), por lo que los insectos sociales son el blanco de un numeroso y diverso grupo de organismos que han evolucionado para utilizar esos beneficios y viven dentro de las colonias de insectos sociales ya sea como mutualistas, comensales, o parásitos (Kistner 1982; Hölldobler y Wilson 1990; Schmid-Hempel 1995; Lachaud *et al.* 2012, 2013), algunos sólo durante una parte de su ciclo de vida (ver Lachaud y Pérez-Lachaud 2012).

Las hormigas dependen esencialmente de las señales químicas para comunicar (Lenoir *et al.* 2001; d’Ettorre y Lenoir 2010; Sturgis y Gordon 2012), aunque otros estímulos como los acústicos y/o visuales pueden también intervenir (Barbero *et al.* 2009, 2012). Numerosos organismos, denominados en general mirmecófilos, explotan las señales utilizadas por las hormigas en la comunicación y logran integrarse en mayor o menor grado a la vida de las colonias a través de diferentes estrategias químicas y/o comportamentales, y adaptaciones morfológicas o estructurales (Akino 2008; Bagnères y Lorenzi 2010; Stoeffler *et al.* 2011). En este trabajo se ofrece un panorama de las interacciones comportamentales entre hormigas del género *Ectatomma* y sus parasitoides de la familia Eucharitidae; se discuten las posibles causas y consecuencias del comportamiento de las hormigas, y se compara con especies de otras familias de parasitoides que atacan hormigas y otros insectos sociales.

Todas las especies de avispa de la familia Eucharitidae son parasitoides específicos de hormigas (Clausen 1941; Heraty 2002), y tienen un ciclo de vida especializado (Lachaud y Pérez-Lachaud 2012). Las hembras depositan sus huevecillos dentro o sobre tejido vegetal (Clausen 1940). Las larvas de primer estadio (planidias) son transportadas por forosis al interior de los nidos (Clausen 1941; Carey *et al.* 2012) donde se desarrollan a expensas de las larvas y pupas de sus hormigas hospederas. Los adultos emergen dentro de los nidos y deben salir para reproducirse (Clausen 1941; Pérez-Lachaud *et al.* 2006). El encuentro y la elección de un hospedero adecuado por parte de las larvas planidia, así como la emergencia y el escape de los adultos de los nidos son dos momentos clave en el éxito reproductivo de los Eucharitidae que, sin embargo, han sido muy poco estudiados.

A pesar de que las hormigas se comportan agresivamente ante organismos ajenos a la colonia, defendiéndola incluso de individuos de su misma especie, observaciones aisladas sobre diferentes especies indican que las obreras transportan a los eucarítidos sin causarles daño aparente (Lachaud *et al.* 1998; Howard *et al.* 2001). En condiciones naturales, se ha observado que los restos de cocones parasitados o aquellos con eucarítidos a punto de emerger son, a veces, desechados por las obreras

(Pérez-Lachaud *et al.* 2006; Buys *et al.* 2010). Esto podría representar un proceso de co-evolución entre hospedero y parasitoide en donde el comportamiento de las hormigas es manipulado o aprovechado por el parasitoide, y es el foco de varios de nuestros estudios.

Ecología química y comportamiento

Las interacciones entre obreras de la hormiga neotropical *Ectatomma tuberculatum* (Formicidae, Ectatomminae) y avispas recién emergidas de *Dilocantha lachaudii* (Eucharitidae: Eucharitinae) se han estudiado utilizando bioensayos experimentales en donde las avispas se introducen individualmente en los nidos, y se registra y analiza el comportamiento de las obreras (Pérez-Lachaud *et al.*, datos no publicados; Fig. 1). Los resultados muestran que todas las avispas sin excepción son removidas activamente del nido por las obreras, transportándolas hacia afuera en unos cuantos minutos. Por su parte, las avispas permanecen estáticas al ser detectadas y atrapadas por las obreras. El comportamiento de las hormigas hospederas aunque no es violento, sí denota cierta agresividad (golpe mandibular sobre el intruso, e intentos de picadura). Además, las avispas recién emergidas representan un fuerte estímulo para las hormigas, que se disputan por sacarlas de los nidos. En estos bioensayos, la mayoría de los parasitoides resultaron ilesos de las interacciones con las hormigas y se dispersaron inmediatamente una vez fuera de los nidos. En una sola ocasión el parasitoide fue agredido violentamente por una obrera causando su muerte. El análisis de los hidrocarburos cuticulares (HCC) de los adultos de *D. lachaudii* recién emergidos y de sus hormigas hospederas muestra que todos los HCC presentes en los parasitoides también están presentes en las hormigas, aunque las avispas tienen menos compuestos y en abundancias relativas diferentes de los de sus hospederas. Este primer estudio muestra que los eucarítidos adultos son reconocidos como intrusos por las hormigas y sugiere la existencia de un mimetismo químico incompleto por parte del parasitoide, que no basta para engañar a las hormigas. La semejanza química relativa entre hormigas y parasitoides podría, sin embargo, ser suficiente para explicar la agresividad reducida de las hormigas frente a las avispas, pero no el comportamiento de rechazo del nido.



Figura 1. Interacciones comportamentales entre obreras de *Ectatomma tuberculatum* y avispas parasitoides (*Dilocantha lachaudii*) recién emergidas

Comportamiento de rechazo y estímulos: enfoque experimental

Para tratar de contribuir al conocimiento de los estímulos que permiten el reconocimiento de los eucarítidos como intrusos y que provocan el comportamiento de rechazo, se estudió el comportamiento de las obreras de *E. tuberculatum* ante diversos objetos/organismos con diferentes características estructurales o químicas: parasitoides muertos lavados con pentano, adultos de curculiónidos, dos tipos de presas (termitas y larvas de curculiónido), obreras conespecíficas muertas, bolitas de papel filtro y piedrecillas (Rocha *et al.*, datos no publicados). Los diferentes tratamientos nos permitieron poner a prueba diferentes hipótesis (insignificancia química, mimetismo químico, necroforesis, reacción ante un patógeno potencial) y contrastar el comportamiento observado con el de las hormigas ante eucarítidos vivos recién emergidos. Los resultados de estos bioensayos muestran que el comportamiento de las hormigas es flexible y que difiere en función del tipo de intruso/objeto que se introduce en los nidos. Las secuencias comportamentales fueron más complejas e incluyeron más conductas agresivas (golpe mandibular, intentos de picadura o picaduras) cuando las obreras encontraron un insecto vivo dentro del nido (eucarítido, curculiónido, o termita), que en presencia de un insecto muerto, aunque las hormigas fueron incapaces de picar a insectos con cutícula dura. A excepción de las presas potenciales que fueron utilizadas como alimento, los intrusos de los demás tratamientos no fueron dañados, aunque en algunos casos las obreras intentaron picarlos.

Las secuencias comportamentales con hormigas muertas (potencialmente patógenas) y con otros insectos muertos pero desprovistos de HCCs (eucarítidos y curculiónidos), o con objetos inertes (bolitas de papel filtro y piedrecillas) se caracterizaron por numerosas visitas de las obreras, una prolongada exploración del intruso con las antenas, y por la casi total ausencia de elementos agresivos en el comportamiento de las obreras. A pesar de ello, todos estos intrusos y objetos fueron removidos del nido, aunque algunos no de manera inmediata. Sólo las hormigas conespecíficas muertas, potencialmente patógenas, provocaron una respuesta rápida y masiva (muchas hormigas las detectaron y exploraron) y fueron rápidamente evacuadas del nido. De manera global, la secuencia comportamental típica de las obreras ante los eucarítidos recién emergidos presentó mayor semejanza con la observada con el curculiónido adulto que con la observada ante los otros intrusos. Esta secuencia difiere completamente de la secuencia observada ante hormigas conespecíficas muertas, por lo que la necroforesis como explicación del rechazo de los eucarítidos del nido pudo ser descartada.

Consideraciones finales

En síntesis, los resultados de los diferentes bioensayos demuestran que las hormigas de *E. tuberculatum* discriminan organismos pertenecientes a su colonia de aquellos intrusos, que las hormigas discriminan además entre diferentes tipos de intrusos y que responden ajustando su comportamiento en consecuencia. Se sugiere que el tamaño relativamente pequeño de los eucarítidos, así como su cutícula rígida que representa una protección estructural contra el ataque de las hormigas, podrían ser responsables del comportamiento de rechazo del nido por parte de las hormigas. Por otro lado, un perfil químico semejante entre las hormigas y los parasitoides podría ser responsable de la agresividad reducida observada y representaría una ventaja para el parasitoide. Se sugiere también que el comportamiento de rechazo de intrusos en general (semejante a la limpieza del nido) podría estar siendo aprovechado por los eucarítidos para salir de manera rápida de los nidos hospederos. La pronta expulsión de los parasitoides por las hormigas podría contribuir al incremento del éxito reproductivo de estas avispas de vida relativamente corta (unos cuantos días). Estas hipótesis deberán ser puestas a prueba en el futuro.

Aparte de avispas de la familia Eucharitidae, las hormigas son parasitadas por miembros de otras 8 familias de Hymenoptera y 3 de Diptera (Lachaud y Pérez-Lachaud 2012; Pérez-Lachaud *et al.* 2012, 2014). En aquellas especies de parasitoides que, al igual que los Eucharitidae, atacan estados inmaduros de las hormigas, como por ejemplo algunos miembros de las familias Diapriidae (Hymenoptera) y Syrphidae (Diptera), los adultos emergen también dentro de los nidos de sus hormigas hospederas. Las interacciones de los adultos de estos parasitoides con las hormigas se desconocen por completo pero estas especies podrían también estar aprovechando el comportamiento de las hormigas ante organismos ajenos a la colonia para salir rápidamente de los nidos, por lo que sugerimos que la explotación de este comportamiento podría ser más generalizada aún, no sólo entre parasitoides de hormigas sino también entre parasitoides de otros insectos sociales como es el caso de adultos de *Plega hagenella* (Neuroptera: Mantispidae), parasitoides de la cría de la abeja sin aguijón, *Melipona subnitida* (Maia-Silva *et al.* 2013).

BIBLIOGRAFÍA.

- AKINO, T. 2008.** Chemical strategies to deal with ants: a review of mimicry, camouflage, propaganda, and phytomimesis by ants (Hymenoptera: Formicidae) and other arthropods. *Myrmecological News* 11: 173-181.
- BAGNÈRES, A.-G.; LORENZI, M. C. 2010.** Chemical deception/mimicry using cuticular hydrocarbons. pp. 282-323. In: Blomquist, G. J.; Bagnères, A.-G. (Eds.). *Insect Hydrocarbons: Biology, Biochemistry, and Chemical Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge. 504 p.
- BARBERO, F.; PATRICELLI, D.; WITEK, M.; BALLETO, E.; CASACCI, L. P.; SALA, M.; BONELLI, S. 2012.** *Myrmica* ants and their butterfly parasites with special focus on the acoustic communication. *Psyche* 2012, Article ID 725237, doi:10.1155/2012/725237.
- BARBERO, F.; THOMAS, J. A.; BONELLI, S.; BALLETO, E.; SCHÖNRÖGGE, K. 2009.** Queen ants make distinctive sounds that are mimicked by a butterfly social parasite. *Science* 323: 782-785.
- BUYS, S. C.; CASSARO, R.; SALOMON, D. 2010.** Biological observations on *Kapala* Cameron 1884 (Hymenoptera Eucharitidae) in parasitic association with *Dinoponera lucida* Emery 1901 (Hymenoptera Formicidae) in Brazil. *Tropical Zoology* 23: 29-34.
- CAREY, B.; VISSCHER, K.; HERATY, J. 2012.** Nectary use for gaining access to an ant host by the parasitoid *Oraesema simulatrix* (Hymenoptera, Eucharitidae). *Journal of Hymenoptera Research* 27: 47-65.
- CLAUSEN, C. P. 1940.** The oviposition habits of the Eucharidae (Hymenoptera). *Journal of the Washington Academy of Sciences* 30, 504-516.
- CLAUSEN, C. P. 1941.** The habits of the Eucharidae. *Psyche* 48: 57-69.
- D'ETTORRE, P.; LENOIR, A. 2010.** Nestmate recognition. pp. 194-209. In: Lach, L.; Parr, C. L.; Abbott, K. L. (Eds.). *Ant Ecology*. Oxford, Oxford University Press. Oxford. 402 p.

- HERATY, J. M. 2002.** A revision of the genera of Eucharitidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of the world. *Memoirs of the American Entomological Institute* 68: 1-367.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. 1990.** *The Ants*. Springer. Berlin. 732 p.
- HOWARD, R. W.; PÉREZ-LACHAUD, G., LACHAUD, J.-P. 2001** Cuticular hydrocarbons of *Kapala sulcifacies* (Hymenoptera: Eucharitidae) and its host, the ponerine ant *Ectatomma ruidum* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 94: 707-716.
- HUGHES, D. P.; PIERCE, N. E.; BOOMSMA, J. J. 2008.** Social insect symbionts: evolution in homeostatic fortresses. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 672-677.
- KISTNER, D. H. 1982.** The social insects' bestiary. pp. 1-244. In: Hermann, H. R. (Ed.). *Social Insects*, vol. 3. Academic Press, New York, NY, USA. 480 p.
- LACHAUD, J.-P.; PEREZ-LACHAUD, G. 2012.** Diversity of species and behavior of hymenopteran parasitoids of ants: a review. *Psyche* 2012, Article ID 134746, doi:10.1155/2012/134746.
- LACHAUD, J.-P.; PEREZ-LACHAUD, G.; HERATY, J. M. 1998.** Parasites associated with the ponerine ant *Ectatomma tuberculatum* (Hymenoptera: Formicidae): First host record for the genus *Dilocantha* (Hymenoptera: Eucharitidae). *Florida Entomologist* 81: 570-574.
- LACHAUD, J.-P.; LENOIR, A.; WITTE, V. (editors) 2012.** *Ants and Their Parasites*. *Psyche* Special Issue. Hindawi Publishing Corporation, New York, NY, USA. 282 p.
- LACHAUD, J.-P.; LENOIR, A.; HUGHES, D. P. 2013.** *Ants and Their Parasites 2013*. *Psyche* Special Issue. Hindawi Publishing Corporation, New York, NY, USA. 148 p.
- LENOIR, A.; D'ETTORRE, P.; ERRARD, C.; HEFETZ, A. 2001.** Chemical ecology and social parasitism in ants. *Annual Review of Entomology* 46: 573-599.
- MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; KOEDAM, D.; PIRES MACHADO, R. J.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2013.** Out with the garbage: the parasitic strategy of the mantisfly *Plega hagenella* mass-infesting colonies of the eusocial bee *Melipona subnitida* in northeastern Brazil. *Naturwissenschaften* 100: 101-105.
- PEREZ-LACHAUD, G., HERATY, J. M.; CARMICHAEL, A.; LACHAUD, J.-P. 2006.** Biology and behavior of *Kapala* (Hymenoptera: Eucharitidae) attacking *Ectatomma*, *Gnamptogenys*, and *Pachycondyla* (Formicidae: Ectatomminae and Ponerinae) in Chiapas, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 99: 567-576.
- PÉREZ-LACHAUD, G.; NOYES, J.; LACHAUD, J.-P. 2012.** First record of an encyrtid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea) as a true primary parasitoid of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist* 95: 1066-1076.

PÉREZ-LACHAUD, G.; JERVIS, M. A.; REEMER, M.; LACHAUD, J.-P. 2014. An unusual, but not unexpected, evolutionary step taken by syrphid flies: the first record of true primary parasitoidism of ants by Microdontinae. *Biological Journal of the Linnean Society* 111: 462-472.

SCHMID-HEMPEL, P. 1995. Parasites and social insects. *Apidologie* 26: 255-271.

STOEFFLER, M.; TOLASCH, T.; STEIDLE, J. L. M. 2011. Three beetles—three concepts. Different defensive strategies of congeneric myrmecophilous beetles. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 65: 1605-1613.

STURGIS, S. J.; GORDON, D. M. 2012. Nestmate recognition in ants (Hymenoptera: Formicidae): a review. *Myrmecological News* 16: 101-110.

ATRACCIÓN FATAL: TRAMPAS IRRESISTIBLES PARA INSECTOS

Edison Torrado-León

Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Entomología. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá etorradol@unal.edu.co.

Director Proyecto EntomA de NaturaVisión edisontorrado@naturavision.com

INTRODUCCIÓN. Las trampas para insectos plaga están basadas en estudios de repertorios comportamentales sofisticados. Se ha demostrado que las respuestas ante un estímulo exógeno (la trampa) generan en el individuo un Mecanismo Liberador Innato (MLI), lo que produce un Patrón de Acción Modal (PAM) hacia la fuente del estímulo (Tinbergen 1951, Matthews y Matthews 2010, Kupfermann y Weiss 2001, Flood *et al.* 2013). Es decir, las trampas desencadenan una conducta de atracción que se hace “irresistible” a los insectos como respuesta a una conducta que está programada. La aplicación práctica de estos comportamientos en el manejo integrado de plagas es de gran importancia porque se pueden utilizar con fines de seguimiento (monitoreo) o reducción de poblaciones naturales de las plagas a través de capturas masivas. A este tipo de manejo se le denomina **control etológico**, el cual está estructurado con base en la ecología del comportamiento de la plaga, la comprensión de la anatomía y neurofisiología de los receptores sensoriales, así como en el diseño de los métodos efectivos de captura de las plagas.

Los atrayentes más efectivos están orientados a estimular los receptores olfativos, gustativos y visuales. Entre los dos primeros se tienen las feromonas sexuales y fuentes de alimentación; mientras que los visuales incluyen colores y fuentes lumínicas. Las trampas están diseñadas para que una vez llega el insecto atraído por el estímulo y es atrapado, se produce la muerte por ahogamiento, inanición, inmovilización, contacto/ingestión de una sustancia química letal y descargas de corriente de alta tensión, entre otras (Broce 1993, Byers *et al.* 1989, Byers 2012, Shimoda *et al.* 2013). En la actualidad, el diseño de trampas de insectos es cada vez más novedosa, lo que ha llevado a científicos e ingenieros a crear modelos de bajos costos y efectivos (Leskey *et al.* 2008, Shimoda 2013, Kong *et al.* 2014).

Atrayentes olfativos

Las antenas de los insectos tienen funciones, principalmente, sensoriales y prácticamente son las que generar información primaria al individuo sobre aspectos relevantes para su supervivencia como son la localización de pareja, escapar de enemigos naturales o encontrar las fuentes de alimento. Poseen una base articulada monocondilar, con el fin de producir rotación y orientar al insecto hacia el estímulo o generar repelencia a éste. Las antenas tienen un complejo grupo de sensilias o unidades sensoriales básicas, con funciones variadas según su especialización dentro de la ecología del comportamiento para cada especie (Figuras 1.) (Chapman 1982, Ryan 2002, Chapman 2003).



Figura 1. Adulto hembra de *Ancognatha ustulata* Burmeister, 1847 (Coleoptera: Melolonthidae) y detalle de la antena con las macrotriquias (©NaturaVisión 2014).

Adicional a las antenas, en los palpos, patas y el resto de cuerpo hay receptores sensoriales de olor pero en menor cantidad, esto dependiendo de la especie (Chapman 1982)

Las funciones pueden ser olfativas, gustativas, táctiles e higo-termo receptoras, que le permiten al insecto percibir la presencia de aromas, sabores, movimiento del aire, objetos, así como captar las ligeras variaciones de temperatura y humedad del ambiente (Chapman 1982, Ryan 2002). En la Naturaleza hay una gran cantidad de señales químicas producidas por organismos que modifican el comportamiento de otros seres vivos, los cuales son conocidos como semioquímicos. Dentro de éstos hay comunicación entre individuos de la misma especie o intraespecíficos como las feromonas y los que generan comunicación entre dos o más especies o interespecíficos, como es el caso de ciertas sustancias de las plantas que producen una atracción o repelencia a artrópodos y, en algunas ocasiones, químicos que atraen a los enemigos naturales de insectos cuando éstas se encuentran afectadas por herbívoros. Las feromonas pueden ser de atracción sexual, agregación, alarma y marcadoras, entre otras. Los semioquímicos se dividen en kairomonas, alomonas, sinomonas (Schoonhoven *et al.* 1998).

Las trampas utilizadas con mayor frecuencia para la captura de insectos, con fuentes olores, son las que tienen como atrayente feromonas sexuales (Figura 2) y olores como fuentes de alimentación (Muirhead-Thomson 1991).



Figura 2. Feromona sexual utilizada para el seguimiento de poblaciones de machos de *Copitarsia decolora* (Guenée), 1847 (Lepidoptera: Noctuidae). **A.** Empaque de venta de la feromona sexual de Pherobank. **B.** Adulto de *C. decolora*. **C.** Trampa McPhail con adultos capturados (©NaturaVisión 2009).

Los principales ordenes de plagas que se capturan por medio de trampas de olores con feromonas sexuales son Coleoptera (Leskey *et al.* 2008) y Lepidoptera (Muirhead-Thomson 1991). Las trampas de olores con atrayentes de fuentes de alimentación se han diseñado con alta efectividad para diferentes ordenes de insectos, tales como Diptera -moscas de la fruta-, coleópteros y lepidópteros, entre otros (Boivin *et al.* 1982, Byers *et al.* 1989, Teulon *et al.* 1999, Shields y Hildebrand 2001). Estas funcionan como cebos a los cuales se les adiciona un insecticida de contacto.

Atrayentes visuales

La visión en los insectos juega un papel importante en la búsqueda y localización de recursos. Los órganos fotorreceptores de los insectos son los ocelos y los ojos compuestos. Con los primeros, los insectos pueden detectar cambios en la intensidad de luz que les permite orientarse positiva o negativamente hacia gradientes de luz-oscuridad (Figura 3.) y están constituidos por una única faceta u omatidio, que es la unidad sensorial formada por células fotorreceptoras. Por su lado, los ojos compuestos (Figura 4.) están conformados por una gran cantidad de omatidios para generar una visión en mosaico, que les permiten reconocer

movimiento, colores, luz e incluso la luz polarizada y contrastes (Ryan 2002, Matthews y Matthews 2010).



Figura 4. Ojo compuesto de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) (©NaturaVisión 2009).

A partir de la búsqueda de recursos y orientación por la visión que realizan los insectos, es que están basadas las trampas de colores con adherentes y las trampas de luz (Muirhead-Thomson 1991, Land 1997, Nowinszky 2004). Para el seguimiento de poblaciones y control de trips se utilizan principalmente los colores azul (Figura 5) y blanco (Coli *et al.* 1992, Castresana *et al.* 2008); para mosca blancas y minadores el color amarillo (Vaishampayan 1975, Yudin 1987), aunque también se utilizan otros colores, dependiendo de la especie.



Figura 5. Trampas azules con pegante para el control de trips (*Thysanoptera*) (©NaturaVisión 2009).

En resumen, las trampas para la captura masiva y seguimiento de las poblaciones de insectos plaga voladoras son una potente herramienta dentro de las estrategias de manejo integrado, por su eficiencia y bajo impacto ambiental. Los estudios basados en la ecología del comportamiento de las plagas ayuda a que estas estrategias sean cada vez más efectivas y económicas.

BIBLIOGRAFÍA

- BOIVIN, G. STEWART, R.K. RIVARD, I. 1982.** Sticky traps for monitoring phytophagous Mirids (Hemiptera: Miridae) in an apple orchard in Southwestern Quebec. *Environ. Entomol.* 11: 1067-1070.
- BROCE, A. B. 1993.** Electrocuting and electronic insect traps: trapping efficiency and production of airborne particles. *Int J Environ Health Res* 3:47-58
- BYERS, J. A. 2012.** Estimating insect flight densities from attractive trap catches and flight height distributions. *J. Chem. Ecol.* 38:592-601
- BYERS, J. A., O. ANDERBRANT Y J. LÖFQVIST. 1989.** Effective attraction radius: a method for comparing species attractants and determining densities of flying insects. *J. Chem. Ecol.* 15:749 - 765.

- CASTRESANA, J. GAGLIANO, E. PUHL, L. BADO, S. VIANNA, L. CASTRESANA, M. 2008.** Atracción del trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con trampas de luz en un cultivo de *Gerbera jamesonii*. IDESIA, 26 (3): 51-516.
- COLI, W. HOLLINGSWORTH, C. MAIER, C. 1992.** Traps for monitoring pear thrips (Thysanoptera: Thripidae) in maple stands and apple orchards. J. Econ. Entom. 85(6): 2.258-2.262.
- CHAPMAN R. F. 1982.** Chemoreception: the significance of sensillum numbers. Adv. Insect Physiol. 16:247-356.
- CHAPMAN R. F. 2003.** Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 48:455-484.
- FLOOD, T. F. GORCZYCA, M. WHITE, B. H. ITO, K. YOSHIHARA, M. 2013.** A large-scale behavioral screen to identify neurons controlling motor programs in the *Drosophila* brain. G3 (Bethesda), 3(10): 1629-1637.
- KONG, W. N. LI, J. REN, J. FAN, J. SHENG, C. LI, C. RUI, Y. 2014.** Sex-Pheromone-Mediated Mating Disruption Technology for the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae): Overview and Prospects. Psyche
- KUPFERMANN, I. WEISS, K. R. 2001.** Motor program selection in simple model systems. Curr. Opin. Neurobiol. 11: 673-677
- LAND, M. F. 1997.** Visual acuity of insects. Annu. Rev. Entomol. 42:147-177.
- LESKEY, T. C. PINERO, J. C. PROKOPY, R. J. 2008.** Odor-baited trap trees: a novel management tool for plum curculio (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology, 101, 1302-1309.
- MATTHEWS, R. W. MATTHEWS, J. R. 2010.** Insect Behavior. Springer, 514 p.
- MUIRHEAD-THOMSON, R. C. 1991.** Plant pest responses to visual and olfactory 'sticky' traps. In Trap Responses of Flying Insects, Academic Press Ltd, London, UK.
- NOWINSZKY, L. 2004.** Nocturnal illumination and night flying insects. Applied Ecology and Environmental Research 2(1): 17-52.
- RYAN, M. F. 2002.** Insect chemoreception fundamental and applied. Kluwer Academic Publishers. 343 p.
- SHIMODA, M. HONDA, K-I. 2013.** Insect reactions to light and it s applications to pest management. Applied Entomology and Zoology, 48 (4): 413-421.
- SCHOONHOVEN L. M. JERMY, T. VAN LOON, J. J. A. 1998.** Insect-Plant Biology. Chapman & Hall, London.

- SHIELDS V. D. C. HILDEBRAND, J. G. 2001.** Responses of a population of antennal olfactory receptor cells in the female moth *Manduca sexta* to plant-associated volatile organic compounds. *J. Comp. Physiol. A* 186:1135-1151.
- TEULON, D.A.J. HOLLISTER, F. BUTLER, R.C. CAMERON, E.A. 1999.** Colour and odour responses of flying western flower thrips: wind tunnel and greenhouse experiments. *Entomol. Exp. Appl.* 93, 9-19.
- TINBERGEN, N. 1951.** *The Study of Instinct*, Clarendon Press, Oxford
- VAISHAMPAYAN S. M. KOGAN, M. WALDBAUER, G. P. WOOLEY, J. T. 1975.** Spectral specific responses in the visual behaviour of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleurodidae). *Entomol Exp Appl* 18:344-356.
- YUDIN, L. S. MITCHELL, W. C. CHO, J. J. 1987.** Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leafminers in Hawaiian lettuce farms. *J. Econ. Entomol.* 80, 51-55.

CONTROL BIOLOGICO

EL PAPEL DEL CONTROL BIOLÓGICO EN LA FITOSANIDAD DEL CULTIVO DEL CAFÉ EN COLOMBIA

Pablo Benavides M. * Luis M. Constantino Ch., Zulma Gil P. Carmenza Góngora B. Gonzalo David R. Oscar E. Ortega M.

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

Las condiciones de la caficultura colombiana, durante los más de 200 años posterior a la introducción de la especie *Coffea arabica* L, ha facilitado el establecimiento de un control natural de plagas potenciales, cuya riqueza y abundancia permiten la exploración del control biológico en una estrategia de Manejo Integrado.

Las amenazas de artrópodos que atacan el café en Colombia se limitan actualmente a la única plaga clave introducida, la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae); a aquellas esporádicas que afectan el cultivo frente a la variabilidad climática como son el Minador de las Hojas del Café *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) y la Arañita Roja *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae); una especie inducida como lo es la Chinche de la Chamusquina del Café *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae); y finalmente unas especies de insectos endémicos que afectan el cultivo durante el establecimiento de siembras nuevas, conocidas como las Cochinillas de las Raíces del Café, las cuales comprenden varias especies, entre ellas la más importante *Puto barberi* (Cockerell) (Hemiptera: Putoidae). Adicionalmente, se han registrado alrededor de 140 especies de insectos que se alimentan de café en Colombia, de tal manera que existen posibilidades de enfrentar futuras amenazas de plagas potenciales.

Afortunadamente, se reportan agentes naturales de control para todas las plagas del café en Colombia. Así, se han registrado más de 40 especies de insectos depredadores, parasitoides y competidores de la broca del café en el país y dos géneros de hongos entomopatógenos. Se están registrando alrededor de 13 especies de parasitoides Hymenoptera de la familia Eulophidae que atacan naturalmente al Minador del Café en el departamento de Antioquia y se identifican al menos seis especies de coccinélidos depredadores de Arañita Roja en cafetales de Caldas. La chinche de la chamusquina del café, una plaga principal en cultivos de cacao, guayaba y aguacate, posee un número importante de enemigos naturales, entre los cuales se describen varias especies de chinches asesinas de la familia Reduviidae, y un reciente género de entomopatógeno, *Clonostachys*. Sin duda, uno de los hallazgos más importantes en los últimos tiempos, fue la identificación de al menos cinco especies de parasitoides de la familia Encyrtidae, controlando individuos de *P. barberi* en plantaciones del Valle del Cauca. Esto abre unas posibilidades reales de control biológico de cochinillas de las raíces. Para el sinnúmero de artrópodos que se alimentan de diferentes órganos de la planta de café, ha sido un denominador común la identificación de enemigos naturales. El listado que apenas comienza, considera más de 40 especies de parasitoides y depredadores. Ejemplos pueden ser dados como la avispa *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae) atacando larvas del Gusano Gelatina *Paracraga argentea* Schaus (Lepidoptera: Dalceridae) en el Quindío, *Leptomastix dactylopii* (How.) (Hymenoptera: Encyrtidae) controlando *Planococcus*

citri, (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), varias especies del género *Encarsia* atacando la mosca blanca lanuda del café *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae), entre otros.

De todos los enemigos naturales, la mayoría nativos, se requiere avanzar en los diagnósticos nacionales con el fin de lograr identificar aquellos con potencial en programas de control biológico. El ejemplo más significativo corresponde al control biológico de la broca del café, ya que el hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin está siendo producido por laboratorios particulares quienes deben cumplir con parámetros de calidad que permitan su uso en estrategias de manejo integrado y existe un laboratorio que produce tres especies de parasitoides de origen africano: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyridae) y *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae). La búsqueda de enemigos nativos de la broca del café ha permitido la identificación de tres especies de depredadores con potencial en estrategias de control biológico por aumentación o conservación, tales como *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville), *Monanus* sp. (Coleoptera: Silvanidae) y *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae). El diagnóstico de minador del café y sus enemigos naturales que actualmente se viene realizando en el departamento de Antioquia, ha identificado a *Closterocerus coffeellae* Ihering (Hymenoptera: Eulophidae) como el responsable de más del 80% del control natural de la plaga, y por lo tanto es objeto de aumentación o conservación en una estrategia de control biológico, y así evitar el uso de pesticidas. De igual manera se requiere ahora proceder con el diagnóstico de las plagas y los enemigos naturales de *M. velezangeli* y *P. barberi* para implementar el control biológico de todas las plagas limitantes del cultivo de café en el país.



Artrópodos plagas del cultivo de café: A-D. *Hypothenemus hampei*, E-H. *Leucoptera coffeellum*, I-L. *Oligonychus uothersi*, M-N. *Monalonion velezangeli* O-P. *Puto barberi*.



Enemigos naturales de artrópodos plagas del café en Colombia. A. *Beauveria bassiana*, B. *Prorops nasuta*, C. *Cephalonomia stephanoderis*, D. *Phymastichus coffea*, E. *Xylocoris* sp. F. *Cathartus quadricollis*, G. *Monanus* sp. H. *Zagrammosoma multilineatum*, I. *Closterocerus coffeellae*, J. larva de minador parasitada, K. *Encarsia* sp., L. *Amitus spiniferus*, M. *Zelus vespiformis*, N. *Clonostachys* sp. sobre *M. velezangeli*, O. *Paracraga argentea* hospedante de *Conura* sp., P. *Conura* sp., Q. *Aenasius* sp. parasitoide de *P. barberi* en Valle del Cauca, R. *Hambletonia* sp. parasitoide de *P. barberi* en Valle del Cauca.

CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE DEL CAUCA: MODELO DE REGULACIÓN DE PLAGAS POR ACCIÓN DE PARASITOIDES Y DEPREDADORES.

Yolanda Gutiérrez Hernández

BMSc. INCAUCA S.A e Ingenio Providencia S.A. Dirección: Carrera 9 # 28-103 Cali, Colombia.
Correo electrónico: ygutierrez@incauca.com

En el Valle del Cauca se tienen sembradas 225.560 hectáreas en caña azúcar, (Cenicaña 2013), se caracteriza por el uso poco frecuente de insecticidas. El cultivo tiene ciclos de cerca de 12 meses, siembras cada 4 o 5 años, dos épocas de lluvia y sequía al año y las plagas mantienen bajas sus poblaciones durante largos periodos de tiempo debido al control ejercido por la fauna benéfica que se encuentra naturalmente en los lotes de cultivo. Las plagas de la caña se pueden agrupar en barrenadores, defoliadores, chupadores y la hormiga loca, este último asociado a algunos insectos chupadores.

Aunque faltan inventarios de los benéficos que ejercen control sobre las plagas secundarias e investigaciones que permitan conocer las razones por las cuales se presentan explosiones de estos insectos, a continuación se muestran la información obtenida de los trabajos que se han realizado en nuestra región sobre el control biológico de plagas de caña de azúcar.

1. Control biológico de *Diatraea spp* (Lepidoptera: Crambidae) y *Blastobasis graminea* (Lepidoptera: Blastobasidae).

El barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea*, es la principal plaga del cultivo. En el Valle geográfico del río Cauca se han reportado cuatro especies: *Diatraea saccharalis*, de amplia distribución en América, se encuentra desde Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Bleszynski 1969), *D. indiginella*, cuya distribución se haya restringida a Colombia. Recientemente se han hecho el primer registro de *D. tabernella* en el norte de la región, insecto reportado como el más importante en Panamá y Costa Rica (Vargas *et al.* 2013) y *D. busckella*, encontrada en el centro del departamento del Valle (G. Vargas, com. per).

En la década de los setenta se iniciaron los programas de control biológico con la importación, por el ingenio Riopaila, de dos especies de Dipteros de la familia Tachinidae, *Lydella* (= *Metagonistylum*) *minense* y *Billaea* (= *Paratheresia*) *claripalpis* y la avispa *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), esta ultima debido a la baja recuperación obtenida en esa época no se continuó propagando en laboratorio (Gaviria, 1990).

El laboratorio de Incauca S.A. fue inaugurado en 1982, época en la que se presentaban valores de Intensidad de Infestación altos (más del 5% en promedio), pero desde 1993 este valor fluctúa alrededor de la meta de la industria que corresponde a 2,5% de los entrenudos barrenados (Intensidad de Infestación). Este límite ha sido superado en los últimos meses en los ingenios donde se han reportados las nuevas especies.

Desde sus inicios hasta la fecha se han realizado liberaciones de los parasitoides a razón de 14 parejas/ha/ liberación, con un costo aproximado de 5 dólares. Actualmente el laboratorio de Incauca S.A. produce cerca de 900.000 adultos al año que son liberados en 31.000 hectáreas del ingenio y de Ingenio Providencia.

Además de los insectos producidos masivamente en laboratorio, se encuentra en el campo otra mosca, *Genea* (=Jaynesleskia) *jaynesi* (Diptera: Tachinidae), la cual es nativa de nuestra región y aunque no se ha logrado reproducir en condiciones de laboratorio frecuentemente se observan sus adultos visitando las flores de papunga, *Bidens pilosa* L (Asteraceae), entre las 9:00 a.m. y 11:00 a.m y 5:00 p.m. y 7:00 pm, razón por la cual se ha planteado la siembra de esta arvense como metodología para incrementar su sobrevivencia y permanencia en el campo (Vargas, et al, 2006)

En 1939 se realizó la primera importación del parasitoide de huevos *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), posteriormente en 1960 en ingenio Manuelita se inició la cría masiva de este insecto (Gaviria, 1990). Las liberaciones se hacen en cañas jóvenes, debido que el insecto tiene poca capacidad de moverse dentro del lote se hace necesario distribuirlo uniformemente en éste, labor que se dificulta cuando las cañas poseen más de cinco meses de edad. El costo de la liberación de *Trichogramma exiguum* es de 5 dólares/hectárea a razón de 30 pulgadas/hectárea.

En los últimos años se llevan al campo adultos del parasitoide como resultado del estudio de campo realizado por Gomez *et al.* (1988), encontraron que las hormigas que se encuentran en los lotes de caña, además de consumir los huevos de las diferentes plagas, también depredaban los huevos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) parasitados con *T. exiguum* que se llevaban al campo. Se reportaron 11 géneros de hormigas atacando huevos parasitados, los más comunes fueron *Wasmannia*, *Pheidole* y *Nylanderia* (=Paratrechina), se encontró que estos depredadores detectaron las pulgadas parasitadas después de 20 minutos de exposición, en la primera hora ya el 85% de las muestras fueron atacadas y *Wasmannia* sp fue más agresiva que las otras dos especies sobre los huevos parasitados.

En la región se han encontrado otros enemigos naturales ejerciendo control en este barrenador como el parasitoide de crisálidas, *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae), recolectado en individuos de *D. saccharalis*. Trabajos realizados por Gutiérrez y Montoya (2012) muestran que este insecto posee un ciclo de 16,36 (n=80) días; la longevidad de los machos fue de 4,94 días y la de las hembras de 7,27 días; la relación de sexos fue de 1:4,7 a favor de las hembras. Además se pueden obtener entre 2 y 515 adultos por pupa, con 117 individuos en promedio.

T. howardi puede producir mortalidad en un amplio rango de edad de las crisálidas, pero esta variable afecta la emergencia de los adultos del parasitoide, encontrándose que en crisálidas de más de cinco días de formación sólo se presentó un 11 % de parasitismo. Aunque este parasitoide presenta ventajas por su ciclo corto, gran número de individuos por crisálida del hospedero y la relación de sexos favorece las hembras, también presenta la dificultad de ser hiperparasitoide de Diptera, encontrándose que parasita taquinidos a nivel de laboratorio. En las recolecciones de campo no se han recolectado pupas de mosca parasitadas por esta avispa.

B. graminea, es el barrenador menor de la caña de azúcar, generalmente ingresa al tallo por la yema o en los nudos de los tallos, por lo que se considera un problema en la germinación de la semilla. Muestreos en lotes de caña han permitido identificar un parasitoide larval del genero *Phytomyptera* (Diptera: Tachinidae), como el único controlador biológico que a nivel de campo ejerce control sobre este insecto. Se ha encontrado un porcentaje de parasitismo muy bajo cerca del 2%. (Gutierrez, 1996).

2. Enemigos naturales de *Mocis latipes* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Caligo illioneus* (Lepidoptera: Nymphalidae).

M. latipes es un insecto defoliador que se ha presentado esporádicamente atacando caña, pero después de atacar otras gramíneas, recolecciones de larvas en el año 2013, arrojaron como resultado la

presencia de 6 especies de taquinidos y tres de avispa parasitando larvas, larva-pupa y larva- prepupa. Se destacó el porcentaje de parasitismo ejercido por *Crhysotachina* sp con 66%, *Lespesia* sp con 23% y *Xanthophyto* con 8%. Se logró avanzar en algunos aspectos de la biología de *Crhysotachina* sp. (Diptera: Tachinidae), encontrándose que la duración del estado larval a adulto fue de 23,64 días, los adultos vivieron entre 2 y 29 días. Se obtuvo sólo una pupa por larva parasitada y las hembras son larvíparas, las larvas son de color negro y las hembras las depositan en las hojas e inflorescencia de las gramíneas. Observaciones de laboratorio mostraron que los adultos de este insecto aumentan su mortalidad en días calurosos. También se encontraron dos especies de himenopteros parasitando larvas. Se observaron adultos de *Polistes erythrocephalus* (Hymenoptera: Vespidae) y hormigas depredando larvas y pupas de este insecto. (Valencia *et al.* datos no publicados).

Caligo illioneus (Lepidoptera: Nymphalidae) es un insecto que defolia inicialmente cañas maduras, pero cuando sus poblaciones son muy altas se alimenta también de cañas jóvenes. El último ataque fuerte de este insecto se produjo entre 1996 y 1999, periodo en el cual fueron afectadas más de 16.000 hectáreas.

Gomez *et al.* (2001), hicieron el seguimiento de las poblaciones dentro de la estación experimental de Cenicaña, encontrando picos de adultos cada tres meses y cinco ciclos entre mayo de 1998 y mayo de 1999, un porcentaje de parasitismo que fue superior al 80% cuando hay baja precipitación y un parasitismo del 40% cuando se presentó el periodo de lluvia.

Encontraron el parasitoide de huevos de la familia Eulophidae (Hymenoptera), perteneciente al género *Neochrysocharis*. El estado de desarrollo que presentó la mayor mortalidad fue la crisálida, con parasitismo del 21,6% en Cenicaña y 23,6% en el ingenio Central Castilla. Se identificaron tres especies de dípteros de la familia Tachinidae: *Lespesia affinis*, *Patelloa tinctoria* y *Winthemia* sp y una especie de himenóptero de la familia Chalcididae: *Conura* sp. Además se reportó el parasitoide de larvas *Cotesia* sp (Hymenoptera: Braconidae).

3. Depredador de salivazo y enemigos naturales de insectos chupadores.

En la región se encuentra una plaga que ha requerido atención especial de los investigadores debido a los daños que ha causado en las zonas cañeras de otros países, conocida comúnmente como salivazo, pero que en realidad corresponde a varias especies de cercopidos que se caracterizan porque sus ninfas están protegidas por una saliva, se alimentan de floema y atacan especialmente poaceas.

En el valle del río Cauca se han reportado cuatro especies de hemípteros de la familia Cercopidae atacando caña de azúcar: *Prosapia simulans*, que no ha causado daño económico en Ingenio Providencia; *Aeneolamia varia* que fue responsable de los focos de la zona de Yotoco, Buga, Tulúa, Riofrio; *Aeneolamia lepidior*, en la zona norte (Ingenio Risaralda) y *Zulia carbonaria* que había sido reportado anteriormente atacando potreros en el norte del departamento del Cauca en tierras de Incauca S.A. (Castro *et al.* 2009).

En condiciones de campo se encuentra la mosca depredadora *Salpingogaster nigra* (Diptera: Syrphidae), la cual se captura en bajas cantidades (0,5 adultos/trampa/quince días) en las trampas de monitoreo que se tienen en las fincas de Ingenio Providencia S.A.

Cenicaña ha profundizado en el estudio de la biología y comportamiento de este depredador, encontrando que los adultos prefieren ambientes húmedos, frescos y sombreados, se posan sobre las flores de *Cyperus* pos. *ferax* (Poales: Cyperaceae), *Echinochloa colona* (Poales: Poaceae) y *Emilia sonchifolia* (Asterales: Asteraceae), buscando néctar y polen. El ciclo de vida de huevo a adulto tiene

una duración de 24, 2 días, la longevidad de los adultos fue de 21,4 días y una larva necesitó entre 15 y 22 ninfas de salivazo para completar su desarrollo (Gomez y Lastra, 2009).

Posteriormente Cenicaña comparó la fecundidad y longevidad de hembras de campo con hembras de la colonia alimentadas con flores de *Parthenium hysterophorus* (Asterales: Asteraceae) y *E. sonchifolia*, arvenses que pueden servir de hospedero a este depredador, encontrando que las hembras alimentadas con el primer sustrato ovipositaron $74,3 \pm 31,3$ huevos/ hembra y las alimentadas con el segundo $46,2 \pm 15,2$ huevos/hembra, aunque no se encontraron diferencias significativas en los resultados para esta variable. La fecundidad de los huevos varió entre 88,6% y 91,1%. Las hembras campo alimentadas con *E. sonchifolia* tuvieron la menor longevidad (Granobles *et al.* 2012).

Pulgón amarillo o *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae), este insecto chupador fue causante de aplicaciones de insecticidas en los últimos años del siglo XX, favorecido por las condiciones ambientales, manejo del cultivo y la baja presencia de enemigos naturales, aunque en ataques muy severos se encontraron depredadores como *Cicloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) e *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae).

Cenicaña ha explorado el uso de crisopas como una alternativa para el control de este insecto. Estudios reportan que liberaciones de 200.000 larvas de *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) por hectárea no tuvieron efecto contundente sobre las poblaciones de pulgón amarillo. Igualmente se capturaron nueve especies de crisopidos relacionados con el cultivo de la caña de azúcar: *Chrysoperla carnea*, *Chrysoperla externa*, *Chrysoperla rufilabris*; *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa claveri*, *Ceraeochrysa rufilabris* *Ceraeochrysa* sp 1 y dos especies del genero *Leucochrysa* (Gomez *et al.* 2003).

Las especies *Leucochrysa* sp.2, *Ceraeochrysa claveri* y *Ch. rufilabris* (especie producida comercialmente) fueron evaluadas a nivel de casa de malla, obteniendo como resultado que las tres especies tienen la capacidad de reducir la población de la plaga entre los 12 y 16 días después de ser liberados a razón de 1 a 4 larvas del depredador por planta, también se encontró una baja recuperación de adultos en las tres especies (Vargas y Gomez 2006).

Duplacionaspis divergens (Hemiptera: Diaspididae) es un insecto chupador que se alimenta en las hojas y generalmente permanece con baja incidencia en los lotes de caña. En recolecciones de campo se encontró un porcentaje de parasitismo del 47,3%, se reportaron dos morfo-especies de parasitoides del genero *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae), se identificó un depredador del genero *Scymnus* (Coleoptera: Coccinellidae) y avispa parasitoide de la familia Encyrtidae (Hymenoptera) que parasita solo hembras maduras sexualmente (Lastra y Gomez 1997).

Perkinsiella saccharicida (Hemiptera: Delphacidae), insecto chupador conocido como el saltahojas hawaiano, se presenta en la zona en las épocas de baja pluviosidad. Lastra y Gomez (2001) encontraron a nivel de campo el depredador de huevos *Aprostocetus* (Hymenoptera: Eulophidae) depredando entre el 10% y 35% de los huevos.

4. Parasitoide de pupas de hormiga loca, *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae).

Hormiga loca, aunque no ataca directamente la caña, se ha encontrado asociada a insectos chupadores como *Pulvinaria* sp (Hemiptera: Coccidea), *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) ocasionando daños severos en lotes de caña.

En evaluaciones de campo se ha registrado el acaro ectoparasitoide de pupas de hormiga, *Macrodnynchus sellnicki* (Mesostigmata: Uropodidae) con un parasitismo entre el 28 y 44%, que se ubica en la zona gular de la hormiga, tiene un ciclo de desarrollo de 30,26 días en promedio, no posee

partenogénesis y las hembras copuladas sobrevivieron 64,7 días en promedio, en tanto las hembras vírgenes 108,3 días. Se encontraron hasta 5 ácaros en las pupas que dan origen a machos, mientras en las obreras solo uno o máximo dos y el insecto parasitado muere después de la emergencia del adulto. Este parasitoide no es exclusivo de hormiga loca, también se detectó sobre el género *Solenopsis* en las haciendas del sur y centro del Valle del Cauca, (Gonzalez *et al.* 2004).

Estudios realizados por Vargas *et al.* (2004) encontraron que el ácaro *M. sellnicki* parasita entre el 33% y 68% de las pupas en Ingenio Providencia y entre 32 %y 82% en Incauca S.A. Se reporto *Schizogenius* (Coleoptera: Carabidae) y hormigas del genero *Labidus* (Formicidae: Ecitoninae), dentro de los nidos de hormiga loca.

Consideraciones y perspectivas de investigación:

De acuerdo con la información que se ha recopilado sobre los insectos benéficos que ejercen control sobre las plagas del cultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca, se encuentra gran diversidad de insectos que atacan diferentes estados de desarrollo de las plagas y ayudan en la regulación de sus poblaciones, ya sea con liberaciones de insectos producidos en laboratorio o manteniendo reguladas las poblaciones en forma natural. De lo anterior se desprende la importancia del control biológico por conservación como una herramienta para que el cultivo de la caña continúe siendo manejado sin el uso de insecticidas.

Debido a los cambios condiciones climáticas, fenómenos de niña y niño, presencia de nuevas especies y brotes de algunas plagas secundarias se hace necesario profundizar en algunos temas como:

- Evaluar el efecto de los cambios en el clima que se han presentado en los últimos años no solo en las plagas sino también en sus enemigos naturales.
- Continuar con las investigaciones de crisopas como alternativa para el control de pulgón amarillo y otros insectos chupadores.
- Realizar el reconocimiento y estudios de biología de los enemigos naturales que están contribuyendo a mantener bajos los niveles de las plagas de caña.
- Evaluar el uso de arvenses que brinden refugio y alimentación a los insectos benéficos como componente de un programa de control biológico por conservación en caña de azúcar.

BIBLIOGRAFÍA.

- BLESZYNSKI, S. 1969.** The taxonomy of the Crambine moth borers of sugar cane. Pests of sugar cane. In J. R. Williams, Metcalfe, J.R., Mungomery, R.W. Mathes, R. (Ed.), Pest of sugar cane (pp. 568 pp). Amsterdam: Elsevier Publishing company.
- CASTRO, U. GOMEZ, L.A. GUTIERREZ, Y. ANDRADE, L.P. VILLEGAS, A. BERNAL, N. 2009.** Distribución y especies de salivazo (Hemiptera: Cercopidae) asociados con la caña de azúcar (*Saccharum* sp. L) en el Valle del Cauca y Colombia. . VIII congreso de la asociación colombiana de técnicos de la caña de azúcar. Cali, Colombia. Septiembre 16-18 de 2009. 144-151.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. 2014.** Informe anual 2013. Cali, Cenicaña. 131 p.
- GRANOBLES, Y. X. CASTRO, U. BUSTILLO, A. E. LASTRA, L.A., PALMA, A. GOMEZ, L.A. 2012.** La fecundidad y longevidad de hembras de *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Syrphidae)

- alimentadas con flores de *Parthenium hysterophorus* y *Emilia sonchifolia*. Memorias del congreso Atalac- Tecnicaña. Tomo I. Cali. Septiembre 12-14 de 2013. 351-357.
- GAVIRIA M., J.D. 1990.** El Control Biológico de los Insectos Plaga de la Caña de Azúcar en Colombia. En: Buenaventura O., C. E. (ed.). Memorias del III Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali. Tomo 1 pp. 201-227
- GÓMEZ, L.A.L., LASTRA, L.A.B. GUTIERREZ, Y, DE PULIDO, C.L. 1998.** Survey of ants detrimental to *Trichogramma* establishment for sugarcane borer control in the Cauca Valley, Colombia. pp 35-38. En Egg parasitoids 5th international Symposium, Cali, Colombia. Marsh 1988.
- GOMEZ, L.A., LASTRA L.A. GUTIERREZ, Y. LONDOÑO, F. 2001.** El gusano cabrito, *Caligo Illioneus*. Una sinopsis para su manejo. En Memorias Taller latinoamericana sobre plagas de caña de azúcar. Quayaquil, Ecuador. 66-80
- GOMEZ, L.A, RAMIREZ, Q.D. LASTRA L.A. 2003.** Las crisopas: Una alternativa potencial para el control biológico del pulgón amarillo. En memorias VI congreso colombiano de la asociación de técnicos de azúcar. Volumen I.. Cali, Colombia. septiembre 24-26 de 2003.166-173.
- GÓMEZ, L. A., LASTRA, L.A. 2009.** Supervivencia de huevos de salivazo y características de la mosca depredadora *Salpingogaster nigra*: aspectos que pueden contribuir al manejo de *Aeneolamia varia*. VIII congreso de la asociación colombiana de técnicos de la caña de azúcar. Cali, Colombia. Septiembre 16-18 de 2009. 152-160.
- GONZALEZ, V. GOMEZ, L.A. MESA. N. C. 2004.** Observaciones sobre la biología y comportamiento del ácaro *Macrovincychus sellnicki* (Mesostigmata: Uropodidae) ectoparasitoide de la hormiga loca *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Sociedad Colombiana de Entomología. 30 (2): 143-150
- GUTIERREZ, Y. 1996** Life cycle of *Valentinia* sp (Lepidoptera: Blastobasidae) on sugar cane and maize, and evaluation of natural parasitism. Pp618-621. En XXII Congress of the international society of sugarcane technologist. Cartagena, Colombia. 11-15 sep., 1995 Proceedings Cali, Colombia. II Tecnicaña.
- GUTIERREZ, Y. MONTOYA, D.M. 2012.** Aspectos biológicos de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) nuevo parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) en el Valle del Cauca. Memorias del Congreso de Atalac- Tecnicaña. Tomo I.Cali, Colombia. Septiembre 12-14 de 2013. 325- 332.
- LASTRA, L.A. GOMEZ, L.A. 1997.** Observaciones del ciclo de vida de la escama blanca *Duplachionaspis divergens* (Green) (Homoptera: Diaspididae) y reconocimiento de enemigos naturales. En IV Congreso colombiano de la asociación de técnicos de la caña de azúcar. Cali, Colombia. 24-26 septiembre de 1997.
- LASTRA, L.A. GOMEZ, L.A. 2001.** El saltahoja hawaiano, *Perkinsiella saccharicida* (Homoptera: Delphacidae) en el Valle del Cauca. En Memorias Taller latinoamericana sobre plagas de caña de azúcar. Quayaquil, Ecuador. 1-16
- VARGAS. G.A. DIAZ, P.A. LASTRA, L.A. MESA, N.C. ZENNER DE P, I. 2004.** Reconocimiento de enemigos naturales de la hormiga loca, *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae) en el

municipio de El Colegio (Cundinamarca) y en el Valle de Cauca. Revista sociedad colombiana de entomología. 30 (2): 143-150

VARGAS, G. OBANDO, V. GÓMEZ L.A. 2006. *Jaynesleskia jaynesi*: otra alternativa para el manejo de *Diatraea* spp. Carta Trimestral de Cenicaña. (2):3-5

VARGAS, G. LASTRA, L.A. SOLIS, M.A. 2013. First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca river valley of Colombia. Florida Entomologist 96 (3): 1198-1201

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL CONTROL BIOLÓGICO, EN PANAMÁ

Bruno Zachrisson

Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP); Ciudad del Saber, Edificio 196-197, Panamá, Panamá; e-mail: bazsalam@gmail.com

ANTECEDENTES. En Panamá los principales logros alcanzados en el control biológico de insectos plagas de plantas, se reportan entre la década de 1940 y 1970, en donde los casos más relevantes y exitosos, es el control de la mosca prieta de los cítricos *Alerocanthus woglumi* (Ashby) y del barrenador de la caña de la azúcar *Diatraea sacharalis* (Fabricius).

El control biológico ha cobrado interés en Panamá, en la década del 90, en donde se hace referencia a la búsqueda de alternativas, por medio de agentes biocontroladores de insectos-plagas exóticas y endémicas, como la Polilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) (Abrego y Polanco, 2001), la broca del café (*Hypothenemus hampei*) (Lezcano y Serrano, 2009) y el chinche de la espiga del arroz *Oebalus insularis* (Zachrisson, 2009), entre otras. Además, se presentan otras evidencias de avances y aportes para la implementación de programas de control biológico, en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cronología de la reseña histórica del control biológico, en Panamá.

| AÑO | RESEÑA HISTORICA | ENEMIGO NATURAL | ESPECIE PLAGA | REFERENCIA |
|------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1931 | Se introdujo de Cuba parasitoide para control biológico de la Mosca prieta de los cítricos. | <i>Eretmocerus serius</i> Silvestri | <i>Alerocanthus woglumi</i> Ashby | Debarch, 1964 y Clausen, 1978 citado por Altieri <i>et al.</i> , 1989. |
| 1938 | Se exporta parasitoides de mosca prieta de los cítricos a México. | <i>Eretmocerus serius</i> Silvestri | <i>Alerocanthus woglumi</i> Ashby | Rodríguez y Arredondo, 2007 |
| 1943 | Se exportan, por segunda vez parasitoides de la mosca prieta de los cítricos a México. | <i>Eretmocerus serius</i> Silvestri | <i>Alerocanthus woglumi</i> Ashby | Rodríguez y Arredondo, 2007 |
| 1963 | Se introdujo parasitoides de barrenadores de caña proveniente del Perú. | Parasitoides | <i>Diatraea sp</i> | Gaviria, 1977 |

| | | | | |
|------|--|---|--|------------------|
| 1972 | Se realizan los primeros trabajos para la implementación del control biológico en el Ingenio Santa Rosa. | <i>Paratheresia claripalpis</i> Wulp y <i>Lixophaga diatreae</i> Town | <i>Diatraea</i> sp | Narváez, 1983 |
| 1982 | Se reportan dos especies de barrenadores de la Caña de Azúcar. | | <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius <i>Diatraea tabernella</i> Dyar | Narváez, 1983 |
| 1982 | Se identifica la especie dominante, en caña de Azúcar, en Panamá. | | <i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius | Narváez, 1983 |
| 1991 | Se identifican parasitoides de <i>Liriomyza</i> spp., Cerro Punta. Prov. Chiriquí. | <i>Diglyphus</i> , <i>Chysocharis</i> , <i>Oenonogastra</i> y <i>Halticoptera</i> | <i>Liriomyza</i> spp. | González, 1991 |
| 1992 | Se identifican parasitoides y depredadores de <i>B. tabaci</i> , en la región de Azuero, Panamá. | <i>Encarsia</i> sp, <i>Eretmocerus</i> sp, <i>Cycloneda sanguínea</i> Linnaeus, <i>Hippodamia convergens</i> Guerín, <i>Coleomegilla maculata</i> Phillipi, <i>Symnys</i> sp, <i>Chrysopa</i> sp, <i>Polistes panamensis</i> Holmgren , Larvas de | <i>Bemisia tabaci</i> | Zachrisson, 1992 |

Syrphidae y la presencia del hongo *Paecilomyces sp*

| | | | | |
|-------------|---|---|----------------------------|------------------------|
| 1999 | Se realizan estudios biológicos para la multiplicación de parasitoides. | <i>Microplitis plutellae</i> Muesebeck y <i>Cotesia plutellae</i> | <i>Plutella xylostella</i> | REDCAHOR, 1999 |
| 1999 | Se introduce parasitoides para el control de la polilla dorso diamante, proveniente de Nicaragua. | <i>Diadegma semiclausum</i> Hellen | <i>Plutella xylostella</i> | REDCAHOR, 1999 |
| 2000 | Se multiplica y evalúa el parasitismo en el Laboratorio de Entomología, Departamento de Protección Vegetal, de la Universidad de Panamá, corregimiento de Chiriquí. | <i>Diadegma semiclausum</i> Hellen | <i>Plutella xylostella</i> | Abrego y Polanco, 2001 |
| 2000 | Se realizan liberaciones en campo de productor, en el corregimiento de Bajo Mono, en la provincia de Chiriquí. | <i>Diadegma semiclausum</i> Hellen | <i>Plutella xylostella</i> | Abrego y Polanco, 2001 |
| 2001 | Se obtiene un 78.89 % de parasitismo en laboratorio. | <i>Diadegma semiclausum</i> Hellen | <i>Plutella xylostella</i> | Abrego y Polanco, 2001 |
| 2001 | Se obtiene el 11.57 % de parasitismo por <i>D. semiclausum</i> y 33.05 % por parasitoides nativos en campo. | <i>Diadegma semiclausum</i> Hellen <i>Diadegma insulare</i> Cress y Braconidos | <i>Plutella xylostella</i> | Abrego y Polanco, 2001 |

sin determinar
(nativos)

| | | | | |
|-------------|---|--|--|---------------------------------|
| 2002 | Se identifican dos especies de parasitoides oofagos potenciales parasitando huevos del Chinche de la espiga del arroz | <i>Trissolcus basalis</i> Wollaston <i>Telenomus podisi</i> Ashmead | <i>Oebalus insularis</i> | Zachrisson, 2009 |
| 2003 | Se determina nivel de parasitismo por parasitoides oofagos en un 35 % y 37.5 % de larva del gusano perforadores. | <i>Trichogramma sp,</i> <i>Conura sp,</i> <i>Stantonia sp</i> | <i>Diaphania hyalinata</i> y <i>D. nitidalis</i> | Barba y Korytkowski, 2003 |
| 2006 | Se introducen parasitoides provenientes de Colombia para el control biológico de la broca del café. | <i>Prorops nasuta</i> Waterston <i>Phymastichus coffea</i> La Salle | <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari | Pérez, 2006 |
| 2007 | Se realizan liberaciones de parasitoides, en 30 fincas cafetaleras, Chiriquí. | <i>Cephalomia stephanoderis</i> Betrem | <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari | Pérez, 2006 |
| 2008 | Se evalúan dietas naturales sobre la biología de <i>Oebalus insularis</i> , en condiciones controladas. | | <i>Oebalus insularis</i> | Zachrisson, 2008 |

| | | | | |
|-------------|--|--|--|----------------------|
| 2008 | Hongo entomopatógenos potencial causa mortalidad de 100 %, sobre <i>D. hyalinata</i> . | <i>Metarhizium anisopliae</i> Metchnikoff | <i>Diaphania hyalinata</i> Linnaeus | Hirano y Barba, 2009 |
| 2009 | Se obtiene mortalidades de 90.3 % de patogenicidad sobre ninfas de primer estadio de afidos. | <i>Beauveria bassiana</i> Bals. | <i>Toxoptera citricida</i> Kirkaldy | Martínez, 2009 |

DESAFÍOS.

La reducción del número de taxonomistas, en las principales familias de parasitoides y depredadores, redundará en la correcta identificación de los enemigos naturales, lo que puede afectar el éxito de los programas de control biológico. Aunado a esto se destaca la ausencia de recurso humano especializado, en los programas de control biológico ya implementados, lo cual promueve la sostenibilidad de los mismos.

La ausencia de protocolos de cría y multiplicación de insectos-plagas y de los enemigos naturales (parasitoides y depredadores), con especial énfasis en la utilización de las dietas artificiales como herramienta fundamental, es imperativo en la sostenibilidad de los programas de control biológico, en los diversos rubros agrícolas prioritarios de Panamá y América Central. La sostenibilidad de los programas de control biológico ya implementados y por implementar, dependen en gran medida de la difusión de los avances tecnológicos en esta especialidad. Por lo que, la vinculación nacional e internacional, con centros de excelencia que alojen grupos especializados de investigación, garantizan el intercambio de información generada en esta especialidad de la entomología. De manera semejante, el acceso a revistas especializadas en el tema, que cumplan con los parámetros de excelencia internacional, promoverá el intercambio de la información generada y también contribuirá con la divulgación de los productos tecnológicos obtenidos.

El reducido grado de inversión en ciencia y tecnología, específicamente en el control biológico, es uno de los principales desafíos en la divulgación e implementación de este método de manejo de insectos-plagas. Además, el fortalecimiento de centros de docencia superior e investigación, también afecta el desarrollo y promoción de esta especialidad.

El resurgimiento de insectos-plagas considerados secundarios, así como la aparición de nuevos insectos considerados plagas, producto del "Cambio Climático", es una variable a considerarse, en el replanteamiento tanto en los programas de control biológico, como en los de manejo de plagas agrícolas y forestales. Aspecto que sustenta la implementación de estudios biológicos y ecológicos, dirigidos a determinar el impacto del incremento de la temperatura en la cadena trófica (planta-insecto-enemigo natural).

PROYECCIONES

El fortalecimiento de los programas de control biológico implementado y por implementar, dependen entre otros factores de la formación de recursos humanos especializados, e infraestructura y equipos adecuada, para la investigación básica y aplicada de esta especialidad.

La integración de áreas temáticas, como la ecología química, la biología y nutrición de los insectos-plagas, entre otras disciplinas, fortalecerán una plataforma tecnológica sólida, que permitirá replantear los programas de control biológico.

BIBLIOGRAFÍA.

- ABREGO, E. POLANCO, F. 2001.** Introducción y Evaluación de *Diadegma semiclausum* (Helem), Himenoptera: Ichneumonidae), a las condiciones de campo, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tesis. Universidad de Panamá.
- ALTIERI, M.; TRUJILLO, J.; CAMPOS, L.; KLEIN, K., GOLD, C. QUEZADA, J. 1989.** El control biológico en América Latina y su contexto histórico. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. 12: 82-107. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2498E/A2498E.PDF>. Consultado el 11 enero 2012.
- BARBA, A. KORYTKOWSKI, C.A. 2003.** Análisis Demográfico de las Poblaciones de *Diaphania hyalinata* y *D. nitidalis* (Linnaeus, 1767) Y *D. nitidalis* (Cramer, 1781) (Lepidoptera: Pyralidae) Asociadas a Cucurbitaceas Cultivadas y Silvestres en la Península de Azuero (2003 - 2004). Scientia. 18: 51-73.
- GAVIRIA, J.D. 1977.** Evaluación del control biológico en la Industria Azucarera Colombiana: Ingenio Paíla, 71-93.
- GONZÁLEZ, G. 1991.** Contribución al conocimiento de los enemigos naturales de (*Liriomyza* spp) encontrados en Cerro Punta Boquete. 1990. Ciencia Agropecuaria, 7: 59-64.
- HIRANO, M. BARBA, A. 2009.** Eficacia de los insecticidas químicos y biológicos en condiciones de Laboratorio. Informe final sobre Investigaciones en Divisa. Agencia Internacional de Colaboración del Japón JICA. 1: 14-32.
- LEZCANO, J. SERRANO, C. 2009.** Manejo de la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*: Ferrari) en base a la floración del cultivo del café. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá. Folleto. ISBN: 978-9962-8960. 20 p.
- MARTÍNEZ, E. 2009.** Selección de hongos Entomopatógenos para el control biológico de afidos (*Toxoptera citricida*) de Coclé. Tesis M.Sc., Panamá. Universidad de Panamá. 62 p.
- NARVÁEZ, L.F.1983.** Control biológico de *Diatraea* spp en Panamá. Rev. Tecnología. 7: 1-10.
- PÉREZ, J. 2006.** Manejo de la Broca del café en la República de Panamá. En: Barrera, J.F.; García, A.; Domínguez, V.; Luna, C. (Eds.). La Broca del café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. 2007. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 33-36.
- RED COLABORATIVA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LAS HORTALIZAS PARA AMÉRICA CENTRAL, PANAMÁ Y REPÚBLICA DOMINICANA (REDCAHOR). 1999.** En: Taller

manejo Integrado de Plagas “Combate del picudo del Chile *Anthonomus eugenii*”. Cerro Punta Panamá.

RODRÍGUEZ, L.A ARREDONDO, H. C. 2007. Teoría a aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.

ZACHRISSON, B. 1992. Manejo Integrado de la Mosca Blanca. Jornada Agropecuaria. Centro Regional Agropecuario de Azuero. 16 al 18 de noviembre de 1992. 26-27 p.

ZACHRISSON, B. 2008. Evaluación de dietas naturales sobre la biología de *Oebalus insularis* (Stal) Heteroptera: Pentatomidae), en condiciones controladas. En: IX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. Centro de Convenciones Ciudad del Saber. 266 p.

ZACHRISSON, B. 2009. Avances en el control biológico de plagas de arroz (*Oryza sativa*), por medio de parasitoides oofagos, en Panamá. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá. ISBN: 978-9962-8960. 20 p.

CONVERSATORIO

INSECTOS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA ECOLOGÍA A TRAVÉS DEL CÓMIC

Jairo Robles-Piñeros

*Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional, Colegio San Viator,
jairohxcbogota@gmail.com*

Se desarrolló una estrategia didáctica, basada en el acercamiento a los insectos como instrumento para el abordaje de la enseñanza de la ecología, dirigida a estudiantes de 8°, con el fin de propiciar una aproximación a problemáticas ambientales actuales dentro del contexto educativo, mediante conceptos estructurantes de la ecología (ecosistema, flujos de energía y redes tróficas) y prácticas planteadas desde la conservación biológica. Mediante la aplicación de herramientas psicométricas (Escala Likert y Test de pregunta abierta) se indagaron y detectaron obstáculos al aprendizaje de la ecología y concepciones negativas hacia los insectos, exhibidos en las tendencias y actitudes mostradas por parte de los estudiantes. En función de superar estos obstáculos, fortaleciendo los conocimientos en ecología, transformando las concepciones hacia los insectos y promoviendo el cuidado del ambiente. Se propone la enseñanza de la ecología mediante la aplicación de una historieta gráfica (cómic), que resulta ser una herramienta novedosa, práctica, motivadora y llamativa para los estudiantes en su proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Luego de su aplicación, se evidencia que el abordaje de estos conceptos de la ecología y acercamiento a los insectos, permitió una mayor apropiación de los temas para los niños; visualizado, desde la transformación de sus actitudes y tendencias hacia los insectos y la naturaleza. El uso del cómic se convierte en una eficaz herramienta en la enseñanza de las ciencias, ya que incentiva y motiva a los estudiantes hacia las temáticas científicas y promueve la superación de obstáculos al aprendizaje y el desarrollo de actitudes favorables hacia la naturaleza. Implementar herramientas alternativas a las unidades didácticas y textos educativos y la producción de material gráfico, se convierte en una necesidad a la hora de fortalecer el proceso de enseñanza de la ecología y de las ciencias naturales en general dentro del contexto educativo; el uso de insectos como organismos tipo en la enseñanza, se concibe como una excelente forma de acercar a los estudiantes a su medio inmediato y un buen recurso educativo gracias a su gran diversidad y nivel proximidad con el contexto cotidiano humano.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, obstáculos al aprendizaje, recurso educativo, tendencias y actitudes.

ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA DE INSECTOS ACUÁTICOS

CAMBIOS EN LA ENTOMOFAUNA ACUÁTICA POR EFECTO DE LA RESTAURACIÓN DE CORREDORES RIBEREÑOS EN MICROCUENCAS AFECTADAS POR GANADERÍA

Julián David Chará, Lina Paola Giraldo, Ana Marcela Chará-Serna

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV, Cali, Colombia. julian@fun.cipav.org.co

RESUMEN. Una de las principales consecuencias negativas de las actividades agropecuarias sobre los ambientes acuáticos, es la eliminación de los bosques ribereños. Dichos bosques crecen a lado y lado de ríos y riachuelos, y cumplen funciones de alta relevancia para la protección de los ambientes acuáticos: retienen contaminantes provenientes de las áreas aledañas, reducen la escorrentía, aportan hojarasca al cauce (principal fuente de energía en quebradas pequeñas), evitan fluctuaciones de temperatura en el agua, conectan parches de bosque y contribuyen a mejorar la calidad del agua, entre otros beneficios.

En quebradas con influencia de ganadería, cuando se destruye el bosque ribereño, este generalmente es remplazado por gramíneas exóticas. Esta situación, sumada a la actividad de los bovinos en los potreros, provoca que la complejidad de los ambientes acuáticos en términos biofísicos se reduzca en gran medida y que se deteriore el cauce. Sin embargo, existen estrategias que permiten restaurar la vegetación de los corredores ribereños y con ello recuperar las funciones ecológicas que cumplen estos elementos del paisaje sobre el agua. Según la Society for Ecological Restoration (2004), la restauración ecológica es el proceso de propiciar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido, como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. La restauración de los corredores ribereños es entonces una actividad fundamental en la recuperación de los ambientes acuáticos afectados por actividades agropecuarias e implica intervenciones que van desde el retiro del ganado y la suspensión de actividades productivas en esa zona, hasta el enriquecimiento con árboles nativos para propiciar el establecimiento del bosque.

En la cuenca media del río La vieja, una zona en la que se ha generado un rápido cambio de producción cafetera a ganadería, muchas quebradas se han visto afectadas por la eliminación de los corredores ribereños. Con el fin de determinar los cambios iniciales en la composición de la entomofauna acuática, la calidad del hábitat y del agua en quebradas en la que se inició la restauración del bosque ribereño, se evaluaron cuatro de éstos ambientes por un periodo de tres años, en un tramo de 50 metros, los cuales fueron intervenidos con la siembra de especies de rápido crecimiento para inhibir las gramíneas y bajo esto especies de árboles nativos de la zona.

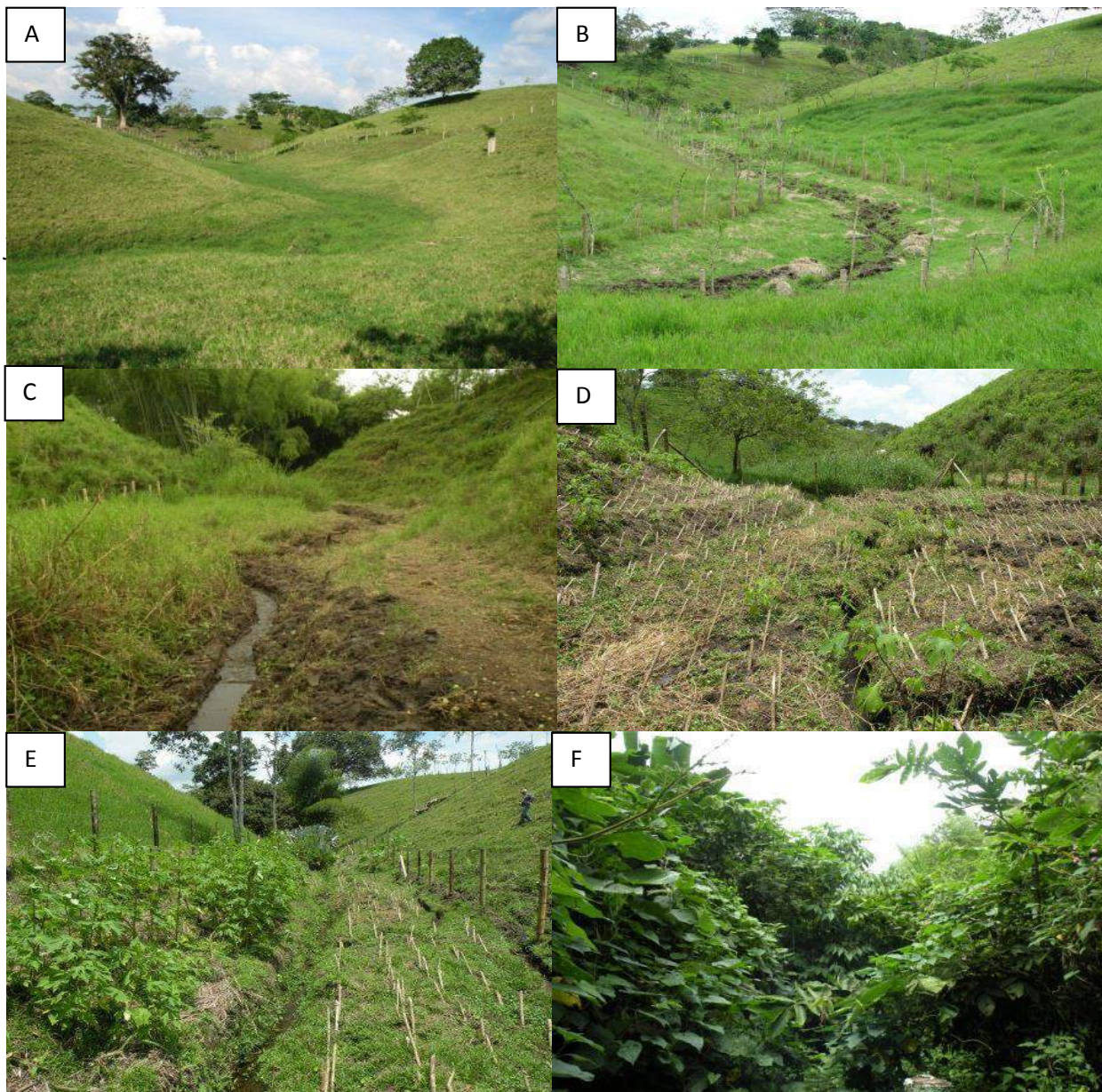
En total se colectaron 10.490 individuos, pertenecientes a 19 órdenes, 53 familias y 56 géneros. Insecta fue la clase más representativa con 84% de la muestra, seguida por Gastropoda con 9%. Los órdenes más importantes fueron Diptera (56%) y Trichoptera (22%). La abundancia relativa de las familias analizadas no mostró diferencias significativas a través del tiempo, excepto Chironomidae que disminuyó significativamente entre los años de monitoreo. La riqueza aumentó del año uno al año tres de evaluación, mientras que la abundancia de individuos mostró una tendencia a disminuir en el mismo periodo. No se presentaron cambios importantes en la composición del sustrato y patrones de flujo. En

cuanto a la calidad de agua, hubo disminución en los valores de $DBO_{5-20^{\circ}C}$, los cuales fueron significativamente diferentes a través de los años de monitoreo. También hubo una tendencia a la reducción de los coliformes totales y fecales.

Los resultados de este estudio muestran que la exclusión de la ganadería del área ribereña y la recuperación temprana de la vegetación en esta zona permite reducir la contaminación del agua en términos de presencia de nutrientes y materia orgánica, y genera cambios en la entomofauna acuática con reducción de organismos asociados con ambientes perturbados. Aunque los cambios aún son de baja magnitud en el periodo evaluado, muestran una tendencia hacia el incremento en la diversidad de organismos indicadores de buena calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA.

- CHARÁ, J. GIRALDO, C. 2011.** Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 76p.
- GIRALDO, L. P., CALLE, Z. GALINDO, V. GANDOLFI, S. CHARÁ, J. 2013.** Restauración de corredores ribereños en quebradas andinas: Experiencias en el Eje Cafetero Colombiano. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 56pp.
- JACKSON, L., LOPOUKINE, L. HILLYARD, D. 1995.** Commentary Ecological Restoration: A Definition and Comments. Restoration ecology. The Journal of the Society for Ecological Restoration 3: 71-75.
- LOUHI, P., MYKRA, H. PAAVOLA, R. HUUSKO, A. VEHANEN, T. MAKI-PETAYS, A. MUOTKA, T. 2011.** Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. Ecological Applications 21: 1950-1961.
- NAIMAN, R. J. DÉCAMPS, H. MCCLAIN, M. E. 2005.** Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier Academic Press, Burlington. 430pp
- OSBORNE, L. KOVACIC, D. 1993.** Riparian Vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. Freshwater Biology 29: 243-258.
- SWEENEY, B. W. CZAPKA, S. J. 2004.** Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. Forest Ecology and Management 192: 361-373.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL, GRUPO DE TRABAJO SOBRE CIENCIA Y POLÍTICAS. 2004.** Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- TEELS, B. M. REWA, C. A. MYERS, J. 2006.** Aquatic condition response to riparian buffer establishment. Wildlife Society Bulletin 34: 927-935.



Lamina I. Intervenciones para la restauración del corredor ribereño en fincas del Eje Cafetero. **A)** Estado inicial, **B)** Aislamiento, **C)** Reconstrucción del cauce, **D, E)** Siembra de especies de rápido crecimiento y árboles, **F)** Crecimiento de vegetación 15 meses después de la siembra. Tomado de: Giraldo *et al.* 2013.

RESPUESTAS ECOLÓGICAS Y GENÉTICAS DE INSECTOS ACUÁTICOS: UN NUEVO RECTO EN LOS PROGRAMAS DE BIOMONITOREO

Lucimar Gomes Dias

Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Investigación en Genética, Biodiversidad y Manejo de Ecosistemas - GEBIOME, Universidad de Caldas.

RESUMEN. En los últimos años se han intensificado los estudios que utilizan los macroinvertebrados en la evaluación ecológica de los ecosistemas acuáticos, como un complemento de los análisis fisicoquímicos. Sin embargo, considerando el innegable incremento de nuevos productos contaminantes producidos por actividades mineras, agrícolas y ganaderas, es necesario implementar metodologías confiables y eficientes para una evaluación de la calidad del agua, en donde se consideren aspectos ecológicos y genéticos de los organismos bioindicadores. Pues muchos de estos organismos inicialmente considerados muy sensibles a la contaminación, tales como los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera, están siendo detectados en zonas altamente impactadas por metales pesados y agrotóxicos. Se especula que muchos de estos organismos expuestos a la contaminación estén tolerando las perturbaciones, pero al mismo tiempo pueden estar sufriendo alteraciones a nivel genético (mutaciones, cambios en la expresión génica, etc), aspecto aún poco evaluado en los ríos neotropicales.

En este contexto, el Grupo de Investigación Gebiome y el Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales (Universidad de Caldas) han desarrollado en los últimos 5 años diferentes proyectos en el departamento de Caldas, donde se han evaluado las respuestas ecológicas de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua, y en este momento se están desarrollando investigaciones que tienen como propósito evaluar herramientas genéticas en insectos acuáticos (biomarcadores) en el diagnóstico de la calidad del agua. Estos estudios se han concentrado en diferentes quebradas ubicadas en la cuenca del Río Chinchiná, incluyen zonas con poca o nula intervención antropogénica (puntos de referencia) y zonas con impacto de actividad agrícola, minera y/o ganadera.

Para el análisis ecológico (riqueza, abundancia, composición, diversidad y estructura trófica), se están realizando muestreos con red Surber y con tres repeticiones por sustrato (piedras, hojarasca, vegetación marginal y sedimento fino) durante la estación seca, de transición y lluviosa. Hasta el momento los resultados más preponderantes indican que las quebradas menos diversas son las impactadas por la actividad minera. Adicionalmente, se encontró que la vegetación ribereña ejerce un efecto positivo en la diversidad y en la calidad de agua. Esto posiblemente se deba a que el bosque aporta hojarasca que brinda una mayor disponibilidad de recursos y amortigua los impactos.

Para el análisis genético, se están evaluando la incidencia y frecuencia variaciones morfológicas (deformidades, variaciones morfométricas), efectos tóxicos y/o mutagénicos en especies seleccionadas de Ephemeroptera, Tricoptera, Plecoptera y Diptera, además de un análisis de expresión génica en *Chironomus* sp. Los resultados parciales, demuestran que individuos de la especie *Andesiops peruvianus* (Ephemeroptera) presentan variaciones morfométricas cuando son expuestos a algunos tipos de perturbaciones. Adicionalmente, los ensayos de toxicidad realizado con *Daphnia* sp. En aguas provenientes de las zonas de estudio presentan que la mayor mortalidad ocurre en la quebrada con mayor concentración de cianuro. En conclusión, los resultados de estos estudios indican que los macroinvertebrados son una herramienta útil y complementaria a los parámetros físicos químicos en la evaluación de calidad de agua, sin embargo es necesario avanzar en los estudios genéticos y ecotoxicológicos del grupo en Colombia.

Palabras clave: Biomarcadores, mutación, cambios genéticos, macroinvertebrados acuáticos, impactos antrópicos, calidad de agua.

BIBLIOGRAFÍA.

- AL-SHAMI, S. RAWI, CH. S. NOR, S. A. AHMAD, A. H. ALI, A. 2010.** Morphological Deformities in *Chironomus* spp. (Diptera: Chironomidae) Larvae as a Tool for Impact Assessment of Anthropogenic and Environmental Stresses on Three Rivers in the Juru River System, Penang, Malaysia. *Environmental Entomology* 39(1): 210-222.
- ATCHLEY, W. R. HILBURN, L. R. 1979.** Morphometric variability in larvae of the Antarctic fly, *Belgica antarctica* (Diptera: Chironomidae). *Canadian Journal of Zoology* 57(12): 2311-2318.
- BONADA, N. RIERADEVALL, M. PRAT, M. 2007.** Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network. *Hydrobiologia* 589 (1): 91-106.
- GONZÁLEZ, S. M. RAMÍREZ, Y. P. MEZA, A. M. DIAS, L. G. 2012.** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de manizales. *Boletín Científico de Centro de Museos Museo de Historia Natural* 16(2): 135-148.
- LENAT, D. R. 1993.** Mentum deformities of *Chironomus* larvae to evaluate the effects of toxicity and organic loading in streams. *Journal of the North American Benthological Society* 12: 265-269.
- LONDOÑO, D. K. SIQUEIRA, H. WANG, H. SARATH, G. LYDY, M. J. SIEGFRIED, B. D. 2007.** Cloning and expression of an atrazine inducible cytochrome P450, CYP4G33, from *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae) *Pesticide Biochemistry and Physiology* 89: 104-110.

- MEZA, A. M. RUBIO, J. DIAS, L. WALTEROS, J. 2012.** Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia* 34(2): 443-456.
- PARK, K. KWAK, I. S. 2003.** Ribosomal protein S3 gene expression of *Chironomus riparius* under cadmium, copper and lead stress. *Journal of Toxicology and Environmental Health Science* 3(13): 347-355.
- ROONGRUANGWONGSE, W. SUWANNAPOOM, C. KAMRIN, N. CHOMDEJ, S. 2012.** Ecological and Genetic Relationship of *Chironomus circumdatus* (Diptera, Chironomidae) From Mitochondrial Cytochrome Oxidase Subunit I in Chiang Mai Province, Northern Thailand. *Current Research Journal of Biological Sciences* 4(3): 301-305.
- TOMANOVA, S. TEDESCO, P. A. 2007.** Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneturia spp.* (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Biología Tropical* 55: 67-81.
- WARWICK, W. F. 1985.** Morphological abnormalities in Chironomidae (Diptera) larvae as measures of toxic stress in freshwater ecosystem: indicating antennal deformities in *Chironomus* Meigen. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1881-1914.
- WOODWARD, G. GRAY C.; BAIRD D. 2013,** Biomonitoring for the 21st Century: new perspectives in an age of globalisation and emerging environmental threats, *Limnetica* 32 (2): 159-174.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. CARDONA, W. 2009.** Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. En: Cantera, J., Carvajal, Y. y L. M. Castro (Eds). *Caudal Ambiental: Conceptos, Experiencias y Desafíos*. Programa Editorial Universidad del Valle, Cali-Colombia 167-196 pp.

EFICIENCIA DE ÍNDICES BIOLÓGICOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA: ¿LA RIQUEZA PUEDE SER MEJOR QUE INDICES MÁS COMPLEJOS COMO EL BMWP?

Carlos Molineri, Daniel Andrés Dos Santos, María Celina Reynaga

Instituto de Biodiversidad Neotropical, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. carlosmolineri@gmail.co

El impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos es un tema de gran importancia para nuestras sociedades, dependientes del recurso agua tanto para producir bienes de consumo como para eliminar desechos. Los índices biológicos que se usan más frecuentemente para determinar la calidad de este recurso, suelen atribuir valores a los organismos que viven en ellos según sus sensibilidades (o resistencias) a los contaminantes. La elección del índice a utilizar se realiza más que nada a partir de cuestiones logísticas y económicas (nivel de identificación necesario para los taxones, facilidad de muestreo y procesamiento de muestras, etc.). Pero la eficiencia de estos índices, o sea su poder de discriminar ríos sanos de ríos contaminados, es raramente evaluada. Aquí se presenta una metodología para realizar esto: el análisis de curvas ROC (por sus siglas en inglés, Receiving Operating Characteristic, Fig. 1). Las curvas ROC son representaciones gráficas del balance entre la sensibilidad y la especificidad para diferentes valores umbrales de un test diagnóstico. Por otra parte, el área bajo la curva es una medida de rendimiento global del test diagnóstico que facilita la comparación entre índices. Se implementa aquí la metodología sobre varias métricas bioindicadoras (BMWP, EPT, riqueza, etc.), obtenidas a partir de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de diferentes ríos de Yungas (selva de neblina del sur de Bolivia y noroeste argentino). Se detectaron diferencias en la precisión diagnóstica alcanzada por cada una de las métricas (Fig. 2). Además, con esta metodología se pueden obtener de forma objetiva el valor óptimo de corte separando ríos contaminados de no contaminados para los diferentes índices. Concluimos que ciertos índices, como el muy usado BMWP, en nuestra región no es más eficiente que la simple riqueza de taxones. Otro interesante resultado es que la eficiencia del BMWP (y otros índices con escalas de sensibilidad para los taxones) no se modifica al manipular los valores de sensibilidad de los taxones utilizados en su cálculo (incluso si se asignan al azar). Algunos taxones, por ejemplo Elmidae (Coleoptera) demuestran ser muy eficientes como bioindicadores en la región (Fig. 3)

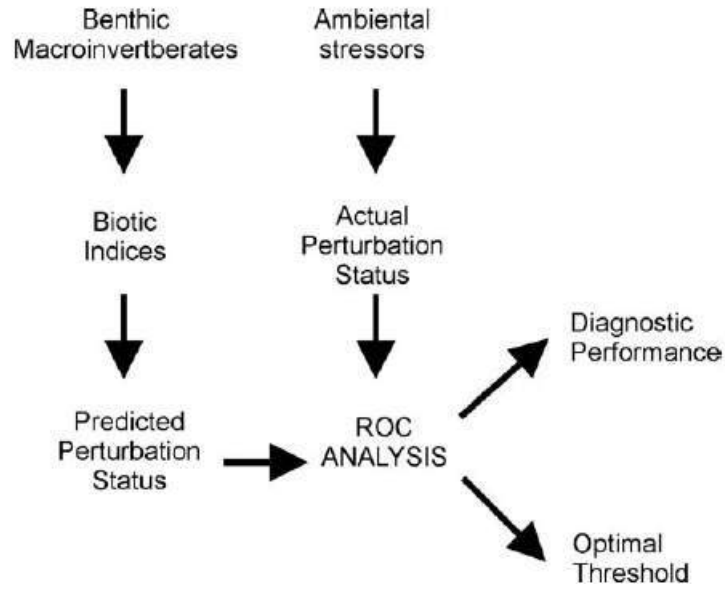


Figura 1. Metodología utilizada (tomado de Dos Santos *et al.* 2011)

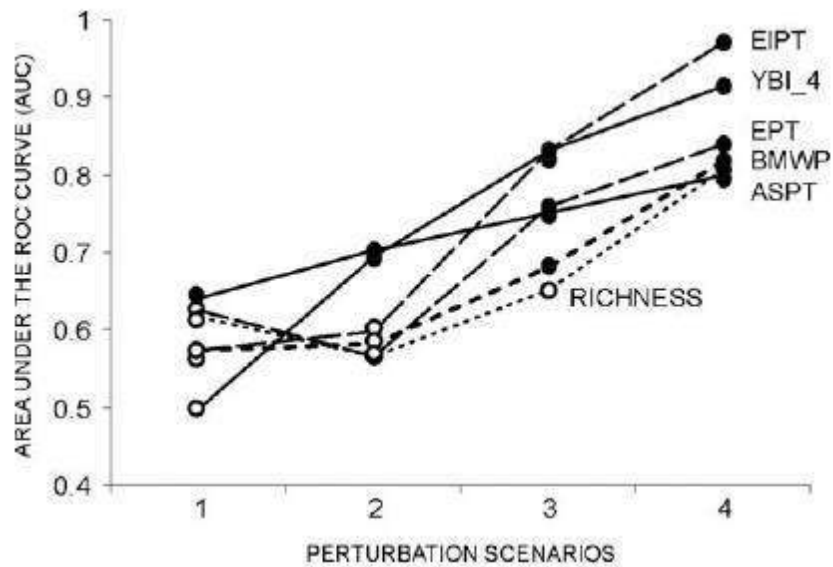


Figura 2. Eficiencia de diferentes índices ilustradas por medio del área bajo la curva ROC (tomado de Dos Santos *et al.* 2011). EIPT= Elmidae-Plecoptera-Trichoptera, YBI-4=índice biótico de las Yungas.

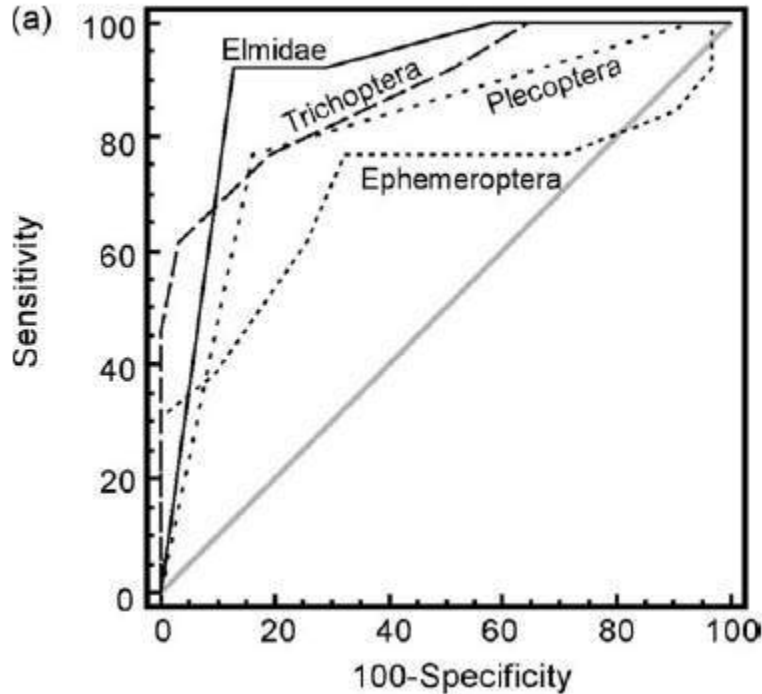


Figura 3. Comparación de la eficiencia como bioindicadores en Yungas de algunos taxones.

Palabras clave: biomonitoreo; especificidad; sensibilidad; bentos; BMWP, EPT.

BIBLIOGRAFÍA

DOS SANTOS, D.A. MOLINERI, C. REYNAGA, M.C. BASULDO, C. 2011. Which index is the best to assess stream health? *Ecological Indicators*, 11 (2), 582-589.

MOLINERI, C. 2010. Las especies de Lephyphidae (Insecta: Ephemeroptera) de las Yungas de Argentina y Bolivia: diagnóstico, distribución y claves. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69 (3-4): 233-252

DOMÍNGUEZ, E. MOLINERI, C. PESCADOR, M. HUBBARD, M. D. NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.): *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*, Vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 pp.

FERNÁNDEZ, H.R. DOMÍNGUEZ, E. ROMERO, F. CUEZZO, M.G. 2006. La calidad del agua y la bioindicación en los ríos de montaña del Noroeste Argentino. *Serie Conservación de la Naturaleza 16*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán.

FERNÁNDEZ, H.R. ROMERO, F. VECE, M.B. MANZO, V. NIETO, C. ORCE, M. 2002. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnetica* 21, 1-13.

BIOGEOGRAFÍA DE EPHEMEROPTERA (INSECTA) DE AMÉRICA DEL SUR: PATRONES DE CO-OCURRENCIA CONTINENTALES (ENDEMISMOS) A PARTIR DEL ESTUDIO DE REDES

**Carlos Molineri¹, María del Carmen Zúñiga², Eduardo Domínguez¹, Carolina Nieto¹,
Daniel Andrés Dos Santos¹, Daniel Emmerich¹**

¹*Instituto de Biodiversidad Neotropical, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. carlosmolineri@gmail.co; eduardo.mayfly@gmail.co. ²Grupo de Investigaciones Entomológicas. Universidad del Valle. Departamento de Biología. Ciudad Uniersitaria de Meléndez. Apartado Aéreo 25360. Cali, Colombia. maczuniga@gmail.co*

Ephemeroptera es un grupo pequeño de insectos, con alrededor de 5000 especies descritas. Este orden es valioso en biogeografía por ser un grupo antiguo y con capacidades de dispersión bastante pobres. Además, su clasificación superior es bien conocida y existen filogenias y datos geográficos para el grupo (Domínguez *et al.* 2006). En este trabajo exploramos los patrones de co-ocurrencia de las especies sudamericanas de Ephemeroptera (alrededor de 570 especies), y las relaciones históricas entre los grupos de especies formados. Los datos analizados corresponden a unos 5000 registros geográficos para todas las especies válidas con localidades delimitables (ca. 530 especies). Estos datos se analizaron sobre la base de la teoría de redes, recientemente adaptada para biogeografía (Dos Santos *et al.* 2009, 2011). Este método encuentra la red de simpatría subyacente en los datos y distingue unidades de co-ocurrencia independientes (asimilables a áreas de endemismo) y formadas por listas de especies únicas (Fig. 1). Encontramos una veintena de estas unidades en América del Sur, algunas de ellas corresponden con áreas biogeográficas clásicas: Patagonia, Paraná, Amazonia, Yungas, etc. y otras muestran patrones inadvertidos hasta ahora (Fig. 2). Una vez reconocidas las unidades de co-ocurrencia, incorporamos la dimensión temporal-evolutiva (filogenias) combinando los datos de simpatría y clados. De esta manera logramos una manera original de acercarnos al tema de las relaciones históricas entre las áreas de endemismo.

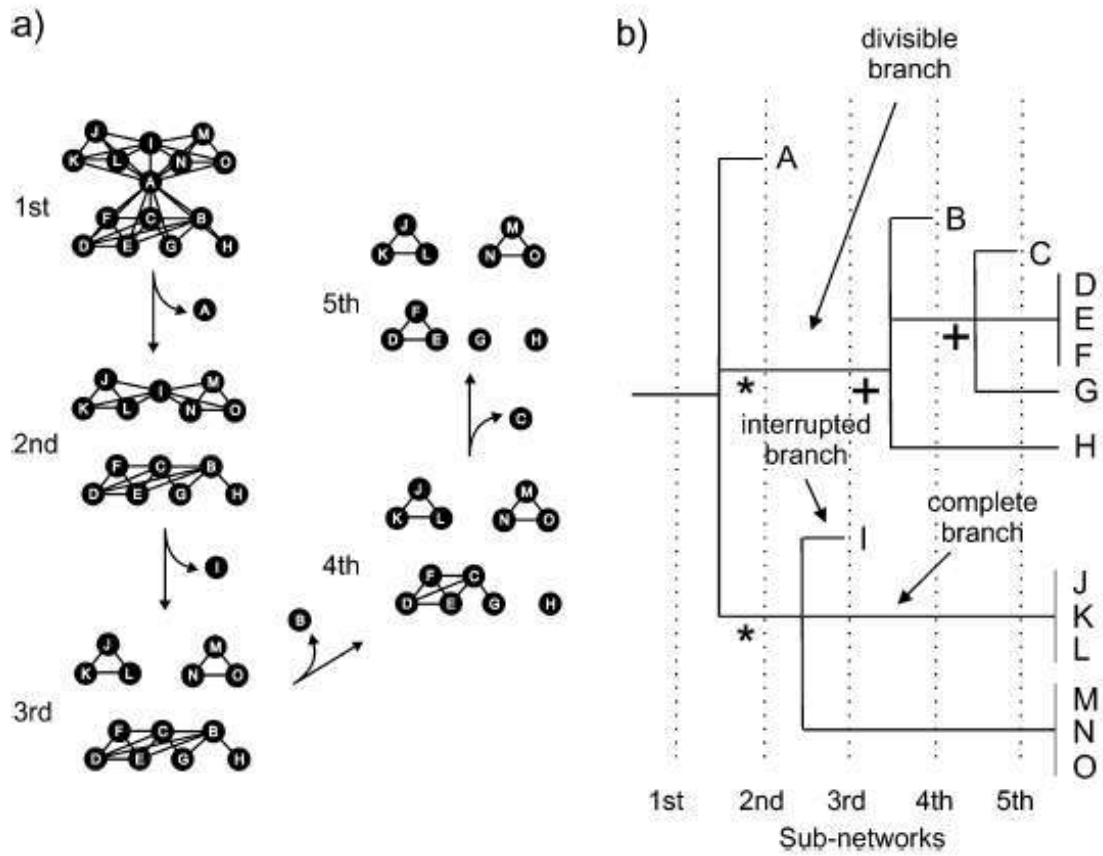


Figura 1. Metodología utilizada: análisis de redes (tomado de Dos Santos *et al.* 2011): a) remoción iterativa de especies intermediarias, el proceso comienza en una red de simpatria basal y termina cuando ninguna remoción es ya posible; b) clivograma, herramienta gráfica para visualizar los grupos de especies co-ocurrentes (simpátricas).

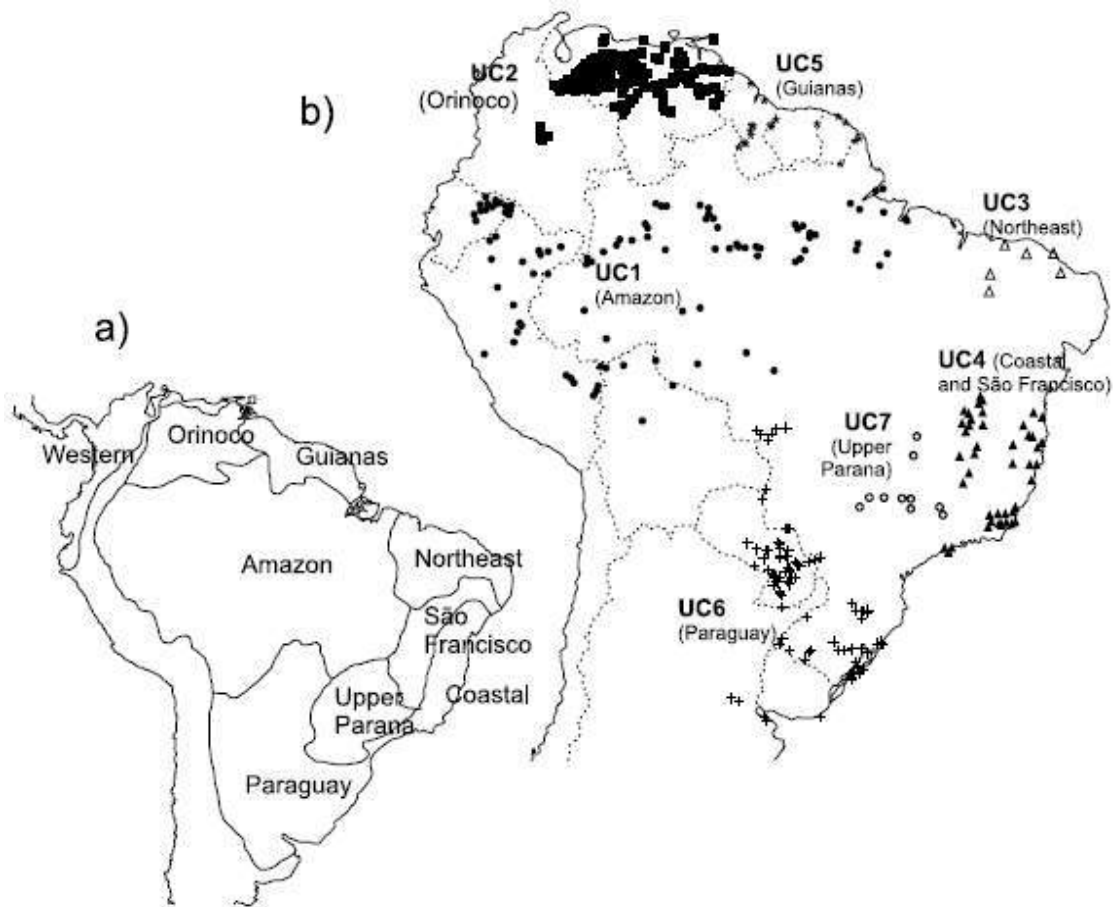


Figura 2. a) Grandes cuencas hídricas; **b)** algunas de las unidades de co-ocurrencia (UC) encontradas.

BIBLIOGRAFIA

DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI C. PESCADOR, M. HUBBARD, M. D. NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., Arias, J.R., Rueda-Delgado, G. & K.M. Wantzen (Eds.): Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA), Vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 pp.

DOS SANTOS, D.A. FERNANDEZ, H.R. CUEZZO, M.G. DOMINGUEZ, E. 2008. Sympatry inference and network analysis in biogeography. *Systematic Biology*, 57:432-448.

DOS SANTOS, D. A. CUEZZO, M. G. REYNAGA, M. C. DOMINGUEZ, E. 2011. Towards a Dynamic Analysis of Weighted Networks in Biogeography. *Systematic Biology*, DOI:10.1093/sysbio/sy098.

ENTOMOLOGÍA URBANA

ESTUDIOS ENTOMOLÓGICOS EN AMBIENTES URBANOS DE AMÉRICA LATINA

Patricia Chacón de Ulloa

Departamento de Biología, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

patricia.chacon@correounivalle.edu.co

Con base en la reciente obra recopilada por Ortega, R. & McGregor-Fors (2013) sobre Experiencias en Ecología Urbana en América Latina y particularmente en Colombia (Chacón de Ulloa *et al.* 2013), se presentan las principales investigaciones de entomofauna realizadas en los sistemas urbanos del país durante 36 años (1976- 2011). La mayor parte de los estudios se concentran en la Región Andina (82%), seguida de la Pacífica (8%), la Amazonía (4%), el Caribe (3%) y la Orinoquía (3%). Las instituciones que han liderado los trabajos son las universidades (87%), los institutos de investigación privados y estatales (7%), las autoridades gubernamentales (3%) y las sociedades científicas (3%). Los alcances de los estudios ha sido principalmente locales (71%) y en segundo término regionales (29%). La información se encuentra publicada como artículos en revistas nacionales (66%), capítulos de libros o libros (22%) y en revistas extranjeras (12%). Los estudios de ecología urbana en Colombia se han realizado principalmente en jardines botánicos, campus universitarios, “ecoparques”, clubes deportivos y zonas residenciales. Tres grandes temas fueron tratados en las 91 publicaciones revisadas: ecología y comportamiento (50%), listas de especies (43%) y conservación de la biodiversidad (7%). Las listas de especies se han enfocado principalmente en algunos grupos faunísticos como las aves (35%) y los insectos (27%), seguidos por los mamíferos (13%), los anfibios (11%), los reptiles (8%), los arácnidos (5%) y los moluscos (1%).

El grupo de los artrópodos se ha trabajado a nivel general (Paz 1978, Cultid *et al.* 2007, González *et al.* 2010), pero insectos como las abejas, las hormigas, las avispas (West-Eberhard, M. J. (1975), West-Eberhard, M. J. (1975) las mariposas y las chinches han despertado mayor interés. Los inventarios de abejas se han concentrado en la Región Andina (González 2006, Nates-Parra *et al.* 2006a) y los Llanos Orientales (Nates-Parra *et al.* 2006b, Parra y Nates-Parra 2007), destacándose el trabajo realizado por Nates-Parra y colaboradores (2006a) en el que se registraron un total de 40 especies de abejas en la ciudad de Bogotá. En cuanto a las hormigas, Chacón de Ulloa *et al.* (1996) publicaron una lista preliminar con más de 20 especies en el campus de la Universidad del Valle en la ciudad de Cali. Posteriormente Vergara-Navarro *et al.* (2007) registraron 55 especies de hormigas en la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín, mientras que Arango *et al.* (2007) registraron 57 especies en el Ecoparque Alcázares-Arenillo en la zona urbana de Manizales. En este último sitio, Arango *et al.* (2007) contabilizaron 79 especies de mariposas, mientras que en parques urbanos y ecoparques de la ciudad de Cali, Ramírez *et al.* (2007) encontraron 193 especies de mariposas. Respecto a las chinches, Rengifo-Correa (2008) reportó 63 especies terrestres dentro del campus de la Universidad del Valle (Cali), mientras que otros estudios complementaron la lista de especies con la identificación de chinches acuáticas (Posso y González 2008, González *et al.* 2010). Además, se han estudiado especies pertenecientes a otros grupos de invertebrados como las libélulas, los saltamontes y las cigarras (González *et al.* 2010). Finalmente, destaca el trabajo de Girón (2006) sobre estrepsípteros, en el que se encontró una especie al interior de un domicilio.

Además de los listados de fauna silvestre en ambientes urbanos de Colombia, algunos autores han centrado su atención sobre las especies exóticas. En relación con este tipo de especies, sobresalen los estudios realizados sobre las hormigas domiciliarias y su incidencia en las principales ciudades del departamento del Valle (Chacón de Ulloa *et al.* 2006), la estructura genética de las poblaciones urbanas de la cucaracha *Periplaneta americana* (Jaramillo-Ramírez *et al.* 2010) y las poblaciones de la araña del Mediterráneo (*Cyrtophora citricola*), especie que colonizó las áreas rurales y los jardines urbanos (Betancur 2009, Betancur *et al.* 2011).

Otro tema interesante que ha sido abordado por un grupo importante de trabajos son las comparaciones entre áreas con vegetación natural ubicadas en zonas urbanas altamente desarrolladas y hábitats con mayores niveles de conservación. En áreas verdes de la ciudad de Santa Marta (Magdalena), donde aún se conserva vegetación de bosque tropical seco y sub-xerofítico, Jiménez-Ferbans *et al.* (2008) encontraron que la riqueza de coleópteros coprófagos representa 47% de las especies registradas en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Tayrona. Al evaluar la diversidad de mariposas en áreas urbanas y suburbanas de Cali (Valle), se encontró la mayor riqueza de especies (i.e., 124) en el Ecoparque del Río Pance, localizado en vecindad del Parque Nacional Natural Farallones, mientras que los parques urbanos albergaron 77% de las especies, además de otras 65 especies diferentes a las observadas en el ecoparque (Ramírez *et al.* 2007). En el departamento del Meta, Parra y Nates-Parra (2007) encontraron que las áreas urbanas conservan 57% y 67% de las abejas relacionadas con orquídeas en comparación con áreas rurales y zonas con niveles mayores de conservación, respectivamente. En la ciudad de Villavicencio, Parra y Nates-Parra (2007) encontraron algunas especies nativas al país y exclusivas del ambiente urbano (*Euglossa deceptrix*), así como otras especies más abundantes (*Eulaema nigrita*) o tolerantes a la contaminación (*El. cingulata*). Posteriormente, Nates-Parra y colaboradores (2008) encontraron en Villavicencio una alta riqueza de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini), con 12.5% de las especies nativas al país siendo exclusivas de la ciudad. Estas especies anidan en muros y materas y destacan como polinizadores nativos de plantas silvestres y cultivadas. De igual manera, algunas especies (i.e., *Nannotrigona mellaria*, *Trigona angustula*) abundan en los cementerios, cuyas tumbas verticales poseen orificios apropiados para el establecimiento de sus colonias (Nates-Parra *et al.* 2006b).

En algunas regiones del país se ha despertado el interés y la preocupación ciudadana por la incursión de algunas especies hacia las áreas urbanas. Tal fue el caso de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*) en las zonas verdes de la ciudad de Cali (Montoya-Lerma *et al.* 2006), lo cual condujo a profundizar el estudio de su comportamiento (Montoya-Lerma *et al.* 2007) y actividad de forrajeo (Sánchez y Urcuqui 2006). En Medellín, el escorpión (*Tityus fuhrmanni*) es un común en los cerros tutelares de la ciudad, lo cual facilitó que colonizara los barrios aledaños a la urbe, donde ahora es más frecuente en los hogares (Gómez *et al.* 2002).

Entre las recomendaciones para el futuro de la ecología urbana en Colombia se destaca la de concientizar a la población sobre el valor e importancia de la flora y la fauna asociadas con las áreas urbanas y suburbanas, así como recalcar la necesidad de conservar y aumentar la biodiversidad de estos hábitats.

BIBLIOGRAFÍA.

- ARANGO, L., MONTES, J. M. LÓPEZ, D. A. LÓPEZ, J. O. 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.
- BETANCUR, N. J. 2009. Distribución, impacto y araeofauna asociada a la araña del mediterráneo, *Cyrtophora citricola* (Araneae: Araneidae) en Cali y zonas rurales aledañas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10, 51.
- BETANCUR, N. J. CABRA-GARCÍA, J. ARMBRECHT, I. 2011. Arañas asociadas a redes de *Cyrtophora citricola* (Forsskal, 1775) (Araneae: Araneidae) en zonas urbanas y rurales del valle alto del río Cauca, Colombia. *Revista Ibérica de Aracnología* 19, 15-21.
- CHACÓN DE ULLOA, P. BAENA, M. L. BUSTOS, J. ALDANA, R. C. ALDANA, J. A. GAMBOA, M. A. 1996. Fauna de Hormigas del Departamento del Valle del Cauca (Colombia). En: *Insectos de Colombia: Estudios Escogidos* (Andrade, G. M., García, G. A. y Fernández, F., eds), Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Santa Fe de Bogotá, Colombia, pp. 413-451.
- CHACÓN DE ULLOA, P. JARAMILLO, G. I. LOZANO, M. M. 2006. Hormigas urbanas en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 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.
- CULTID, C. A., CABRA, J. RENGIFO, L. ASCUNTAR-OSNAS, O. 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, 14-22.
- GIRÓN, J. 2006. Observación de Strepsiptera (Stylopidae) sobre avispas papeleras *Polistes erythrocephalus* Latreille en Cali. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 7, 32-33.
- GÓMEZ, J. P. VELÁSQUEZ, P. SALDARRIAGA, M. DÍAZ, A. OTERO, R. 2002. Aspectos biológicos y ecológicos del escorpión *Tityus furhmanni* (Kraepelin, 1914), en poblaciones del cerro el Volador y barrios aledaños de la ciudad de Medellín. *Actualidades Biológicas* 24, 13-21.
- GONZÁLEZ, V. 2006. Dos especies nuevas de abejas (Hymenoptera) de la ciudad de Bogotá (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 32, 93-96.
- GONZÁLEZ, R. CARREJO, N. CHACÓN, P. ZABALA, G. SARRIA, F. A. RENGIFO, L. A. PEREA, J. A.

- 2010.** *Insectos*. En: Vida Silvestre en el Campus de la Universidad del Valle (Cantera Kintz, J. R., eds), Programa Editorial Universidad del Valle, Colección Institucional, Cali, Colombia, pp. 30-91.
- JARAMILLO-RAMÍREZ, G. CÁRDENAS-HENAO, H. GONZÁLEZ-OBANDO, R. ROSERO-GALINDO, C. 2010.** Genetic variability of five *Periplaneta americana* L. (Dyctioptera: Blattidae) populations in southwestern Colombia using the AFLP molecular marker technique. *Neotropical Entomology* 39, 371-378.
- JIMÉNEZ-FERBANS, L. MENDIETA-OTÁLORA, W., GARCÍA, H. AMAT- GARCÍA, G. 2008.** Notas sobre los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en ambientes secos de la región de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 13, 203-208.
- MONTOYA-LERMA, J. CHACÓN DE ULLOA, P. MANZANO, M. R. 2006.** Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología* 32, 151-158.
- MONTOYA-LERMA, J. ARMBRECHT, I. GALLEGO, M. 2007.** ¿Cómo responde la hormiga arriera cortadora de hojas *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) a la remoción mecánica de sus nidos? *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 8, 1-8.
- NATES-PARRA, G. PALACIOS, E. PARRA, A. 2008.** Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae) en Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 56, 1295-1308.
- NATES-PARRA, G. PARRA, A. RODRÍGUEZ, A. BAQUERO, P. VÉLEZ, D. 2006a.** Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) en ecosistemas urbanos: Estudio en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. *Revista Colombiana de Entomología* 32, 77-84.
- NATES-PARRA, G. RODRÍGUEZ, A. VÉLEZ, D. 2006b.** Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en cementerios de la cordillera oriental de Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 11, 25-35.
- ORTEGA, R. MCGREGOR-FORS, I. (EDS.) 2013.** *Ecología Urbana: Experiencias en América Latina*. México. 130 p.
- PARRA, A. NATES-PARRA, G. 2007.** Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano. *Revista de Biología Tropical* 55, 931-941.
- PAZ, N. 1978.** Introducción a la artrofauna de Antioquia. *Actualidades Biológicas* 7, 2-15.
- POSSO, C. E. GONZÁLES, R. 2008.** Gerridae (Hemiptera: Heteroptera) del Museo Entomológico de la Universidad del Valle. *Revista Colombiana de Entomología* 34, 230-238.

- RAMÍREZ RESTREPO, L. CHACÓN DE ULLOA, P. CONSTANTINO, L. M. 2007.** Diversidad de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 33, 54-63.
- RENGIFO-CORREA, L. A. 2008.** Diversidad de los chinches terrestres de la Universidad del Valle (Cali-Colombia). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 9, 12-21.
- SÁNCHEZ, J. A. URCUQUI, A. M. 2006.** Distancias de forrajeo de *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) en el bosque seco tropical del Jardín Botánico de Cali. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 7, 1-9.
- VERGARA-NAVARRO, E. V. ECHAVARRÍA-SÁNCHEZ, H. SERNA-CARDONA, F. J. 2007.** Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas al arboretum de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 40, 497-505.
- WEST-EBERHARD, M. J. 1975.** Estudios de las avispas sociales (Hymenoptera: Vespidae) del Valle del Cauca. *Revista Cespedesia* 4, 245-267.

BIOLOGIA E CONTROLE DE FORMIGAS URBANAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

Odair Correa Bueno

*Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Rio Claro, SP,
Centro de Estudos de Insetos Sociais. odaircb@rc.unesp.br*

O termo entomologia urbana foi proposto por Walter Ebeling há mais de 40 anos. Ele se refere aos estudos da biologia e controle de insetos que interagem com o homem, suas plantas e animais.

Os problemas associados à urbanização nos países em desenvolvimento incluem além da concentração exagerada de pessoas, aumento da poluição do ar e da água e redução no controle sanitário. Também ocorre aumento nas doenças causadas ou transmitidas pelos Artrópodes, pois esses animais são os que mais afetam a qualidade de vida do Homem.

Algumas espécies de formigas estão entre esses organismos e, dependendo do local onde ocorrem, podem trazer prejuízos estruturais ou à saúde humana, por exemplo, quando invadem hospitais. A região Neotropical por ter uma das mais ricas fauna de formigas do mundo apresenta maiores problemas com esses insetos.

No Brasil algumas espécies de formigas são prevalentes no ambiente urbano, destacando as denominadas exóticas ou introduzidas: *Tapinoma melanocephalum* e *Paratrechina longicornis*, porém, isto não indica que somente elas estão presentes nesses ambientes. Espécies dos gêneros *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Crematogaster*, *Linepithema*, *Monomorium*, *Nylanderia*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Tetramorium* e *Wasmannia* também podem ocorrer em altas densidades.

Os níveis elevados de infestação por formigas em hospitais, os hábitos de forrageamento desses insetos, a estrutura de suas colônias, a distribuição de algumas espécies, entre outras características, indicam que as formigas podem ser vetores mecânicos de dispersão de agentes infecciosos.

Em um conjunto hospitalar universitário brasileiro, foram isoladas 84 espécies de bactérias potencialmente patogênicas de sete espécies de formigas. Dois fatos se destacaram: a diversidade de bactérias presentes nas formigas foi maior do que as isoladas do ambiente e a resistência aos antimicrobianos também foi mais elevada nas bactérias isoladas das formigas.

Outro aspecto importante é a ocorrência da alteração na composição da mirmecofauna presente nos hospitais ao longo do tempo, sugerindo que os levantamentos devem incluir a dinâmica populacional.

No século passado, ocorreram vários erros nas estratégias de conviver com os insetos. O principal deles foi acreditar que os compostos químicos seriam suficientes para controlar indiscriminadamente todas as espécies de insetos.

Os métodos convencionais de controle de insetos, quando utilizados para formigas domésticas, têm fornecido resultados pouco satisfatórios. Obviamente, a aplicação de inseticidas tradicionais, principalmente, aerossóis e pós químicos, não é recomendada na maioria das vezes, pois além de

causarem danos indesejáveis ao ambiente, atingem as operárias que estão forrageando mas não elimina a colônia. Podem acentuar o processo de fragmentação das colônias, levando a médio prazo, ao aumento no número de ninhos e, conseqüentemente, na população ativa de formigas.

A aplicação de iscas tóxicas é a melhor opção para ter sucesso no controle das formigas urbanas, onde o ingrediente ativo deve ser de ação lenta para que as operárias possam distribuir por toda a colônia. Atender essas orientações implica em utilizar o próprio comportamento da formiga como aliado e melhorar a qualidade do controle.

A erradicação de formigas em prédios urbanos é complexa devido a presença de vários ninhos numa mesma área e também pelas constantes re-infestações. Para melhorar o controle, quando ele for inevitável, há necessidade de desenvolver métodos alternativos, envolvendo a procura de novas formulações de iscas e descobrir novos compostos atrativos e repelentes para as várias espécies de formigas. Novas pesquisas são necessárias para otimizar o controle, utilizando métodos mais eficientes e menos agressivos ao ambiente.

BIBLIOGRAFIA.

- CAMPOS, A.E.C. 2011.** Formigas Causadoras de Danos à Saúde. In: Carlos Brisola Marcondes. (Org.). Entomologia Médica e Veterinária. 2ª ed. São Paulo. Atheneu, v., p. 239-248.
- CAMPOS, M.C.G. 2004.** Comportamentos de competição entre formigas urbanas frente a uma fonte de alimento. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências – UNESP – Univ. Estadual Paulista.
- CINTRA, P. 2006.** Presença de formiga em hospitais e indústria alimentícia e forma de associação com bactérias enteropatógenas. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências – UNESP – Univ. Estadual Paulista.
- KAMURA, C. M. ; MORINI, M. S. C. FIGUEIREDO, C.J. BUENO, O. C. CAMPOS-FARINHA, A.E.C. 2007.** Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. Brazilian Journal of Biology, v. 67, p. 631-637,
- MASSURETTI DE JESUS, C. 2006.** Utilização de alimentos contendo substâncias açucaradas e lipídicas por formigas urbanas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências - UNESP – Univ. Estadual Paulista.
- NONDILLO A. 2013.** Bioecologia, monitoramento e alternativas de controle de espécies de formigas associadas a pérola-da-terra *Eurrizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) em vinhedos da região sul do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências – UNESP – Univ. Estadual Paulista.
- SOLIS D.R. 2006.** Aspectos biológicos de *Paratrechina longicornis* Latreille (Hymenoptera: Formicidae). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências – UNESP – Univ. Estadual Paulista.

Mariposas diurnas (Lepidoptera) en ambientes urbanos latinoamericanos

Lorena Ramírez Restrepo

RESUMEN. El aumento en la población urbana en América Latina ha originado disturbios ambientales que afectan la biodiversidad. Aunque la urbanización ha sido señalada como uno de las causas principales de pérdida de biodiversidad, es un tema muy poco estudiado en la mayoría de países latinoamericanos. Con el objetivo de establecer el estado del conocimiento sobre mariposas en áreas urbanas latinoamericanas, recopilamos las publicaciones enfocadas en mariposas urbanas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) en América Latina disponibles en bases de datos electrónicas (Web of Knowledge, Google Scholar). Encontramos un total de 44 estudios realizados en ocho países, incluyendo artículos publicados, tesis e informes técnicos. Los primeros trabajos fueron realizados por Alexander Ruzszyk en 1986 en Brasil. La mayoría de los artículos son estudios ecológicos (58%), seguido por las listas de especies de localidades particulares (37%), mientras que menos del 5% se enfocan en la conservación de las mariposas en ambientes urbanos. En general, los estudios revelan un efecto negativo de la intensidad de urbanización sobre la diversidad de mariposas (riqueza y abundancia). Resulta imperativo estudiar las comunidades de mariposas y otros grupos biológicos en ambientes urbanos latinoamericanos, hace falta realizar más listas de especies, ecología de comunidades, genética de poblaciones, entre otros temas. Así, ofreciendo información precisa y pertinente sobre el efecto de la urbanización sobre las mariposas, y teniendo en cuenta las variables socioeconómicas de cada región, será posible manejar efectivamente la biota urbana en América Latina, y promover ciudades más permeables y amigables con la biodiversidad.

Palabras clave: Papilionoidea, Hesperioidea, diversidad, revisión de literatura, América Latina, Ecología urbana.

ESPECIES INVASORAS

MANEJO Y ECOLOGÍA DE EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN FLORIDA (EUA)

¹Alejandro A. Calixto, Ph.D. y ²Michael E. Rogers, Ph.D.

¹Investigador Asociado, Dow AgroSciences LLC., Wesley Chapel, FL 33543– EUA, aacalixto@dow.com

²Profesor Asociado, University of Florida, 700 Experiment Station Rd. Lake Alfred, FL 33850 – EUA, mrgrs@ufl.edu

El Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) fue reportado por primera vez en los Estados Unidos en Florida en 1998 y desde entonces se ha expandido dentro de todo el estado (Hall et al 2008). Actualmente se encuentra en más de 13 estados. Originario de Asia, este psílido es el vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., causante de el “greening” en los cítricos. Esta es la enfermedad mas seria en estos cultivos la cual ha afectado seriamente la industria citrícola en varios países incluyendo algunos como China, Brasil y los Estados Unidos (Halbert and Manjunath 2004). Florida es uno de los mayores cultivadores de cítricos en el mundo, con mas de 200,000 hectáreas es el primero en los Estados Unidos seguido por California, Texas y Arizona. En Florida el vector y el patógeno se encuentran prácticamente presentes en cada hectárea cultivada e igualmente en arboles sembrados en zonas residenciales y parques (Rogers et al. 2014).

En este momento control del vector es el principal componente para el manejo de la adquisición y transmisión del patógeno. Hasta el presente esfuerzos para tratar arboles infectados con *Candidatus* han probado ser inefectivos y la gran mayoría de estos terminan siendo removidos o puestos bajo tratamientos con fertilizantes foliares para mantenerlos productivos por algunos anos adicionales. La bacteria daña severamente los tejidos de la raíz razón por la cual se realizan aplicaciones de fertilizantes foliares. Igualmente parece existir una relación estrecha entre el vector y el patógeno el cual involucra señales químicas emitidas por el patógeno que parecen aumentar los chances de el psílido de encontrar arboles infectados y de adquirir y transmitir a el patógeno (Mann et al. 2012).

Se tiene suficiente información que indica que un manejo adecuado de las poblaciones de el psílido contribuyen a la disminución de la rata de expansión del el patógeno y a la severidad de la enfermedad (Rogers et al. 2014). Este manejo integrado de el psílido incluye el uso selectivo de insecticidas y de la conservación de enemigos naturales (Qureshi et al. 2009). Desafortunadamente el nivel de tolerancia a este psílido es mínimo debido a el riesgo de estos en adquirir y transmitir la bacteria a arboles no infectados y recién trasplantados (Pelz-Stelinski et al. 2010). Debido a esto diferentes insecticidas son aplicados a lo largo del ano, en algunos casos hasta 12 veces o cada 4 semanas. El principal objetivo de el manejo integrado de el psílido usando insecticidas es el de reducir las poblaciones a tal punto que aun sea viablemente económico mantener el cultivo (Rogers et al. 2014).

Diferentes estrategias para el manejo de este psílido usando insecticidas con diferentes modos de acción son discutidas así como factores afectando la distribución de psílido y su implicación para el manejo de la enfermedad en cultivos de cítricos en el estado de Florida. Se espera que las enseñanzas en estos planes de manejo contribuyan a la presente situación la cual se enfrentan cultivos citrícolas en Colombia con la reciente introducción del Psílido Asiático de los Cítricos.

BIBLIOGRAFIA.

- HALL, D.G. HENTZ, M. G. ADAIR, R. C. JR. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology* 37: 914-924.
- HALBERT, S. E MANJUNATH. K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87: 330-353.
- MANN, R. S. ALI, J. G. HERMANN, S. L. TIWARI, S. PELZ-STELINSKI, K. S. ALBORN, H. T. STELINSKI., L. L. 2012. Induced release of a plant defense volatile 'deceptively' attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen. *PLoS Pathogens*. 8(3): e1002610
- PELZ-STELINSKI, K. S., BRLANSKY, R. H. EBERT, T. A. ROGERS, M. E. 2010. Transmission parameters for Candidatus *Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 1531-1541.
- QURESHI, J. A., ROGERS, M. E. HALL, D. G. STANSLY, P. A. 2009. Incidence of invasive Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 102: 247-256.
- ROGERS, M. E., STANSLY, P. A. STELINSKI, L. L. 2014. Florida Citrus Management Guide: Asian Citrus Psyllid and Citrus Leafminer. *EDIS*. ENY-739. (24 February 2014).

***Digitontophagus gazella*: ESPECIE INTRODUCIDA NATURALIZADA EN LOS SISTEMAS GANADEROS DEL VALLE DEL RÍO CESAR**

**Carolina Giraldo^{1,2}, Santiago Montoya-Molina^{1,2}, Federico Escobar³, Julián Chará¹,
Cecilia Díaz-Castelazo⁴ & James Montoya-Lerma²**

¹Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia. carolina@fun.cipav.org.co; ²Universidad del Valle, Cali, Colombia; ³Red de Ecoetología, ⁴Redes Multitróficas, Instituto de Ecología, Xalapa, México

Digitontophagus gazella es un escarabajo original de la región Indoafricana, eficiente en la remoción del estiércol bovino, que fue introducido deliberadamente en varios países del continente americano para reducir la proliferación de moscas hematófagas y parásitos gastrointestinales. Desde su introducción en Texas (EU), en 1972, y luego en Brasil en 1989, la especie ha colonizado rápidamente varios países de América, lo cual ha generado una fuerte controversia entre productores y conservacionistas, por los beneficios o riesgos que su presencia representa en los sistemas naturales y productivos.

En Colombia, el primer registro de *D. gazella* fue en la isla de San Andrés y en menos de 20 años ha sido reportado en al menos 14 Departamentos (Atlántico, Bolívar, Cesar, Magdalena, Guajira, Casanare, Vichada, Tolima, Boyacá, Caldas, Santander, Antioquia, Meta y Valle del Cauca). Su presencia es una realidad en gran parte del territorio nacional y, se espera que rápidamente colonice nuevos sitios, sobre todo aquellos de uso ganadero. Si bien la facilidad de colonización y la alta tasa reproductiva de la especie la han llevado a ser catalogada como una “invasora” que pone en riesgo la estabilidad de las poblaciones nativas, hasta el momento no existen datos que soporten de forma adecuada la potencial amenaza que *D. gazella*, debido a que no existe información sobre las interacciones durante la sucesión temporal en el uso del recurso, la contribución ecológica de la especie en los sistemas en los que se distribuye y el impacto económico que genera en los sistemas productivos. El debate sobre los beneficios o perjuicios de la presencia de *D. gazella* en Colombia y, en general, en América Tropical, se torna aún más interesante si se tiene en cuenta que esta especie tiene preferencia por el estiércol de los bovinos, que también fueron introducidos y que no co-evolucionaron con los escarabajos nativos. Desde 2008, se llevan a cabo investigaciones orientadas a conocer el comportamiento de *D. gazella* en los sistemas ganaderos del valle del río Cesar, su relación con las especies nativas, la sucesión temporal en el uso del recurso y sus funciones ecológicas. A partir de estos resultados, es posible sugerir que si bien *D. gazella* se ha dispersado y establecido de forma exitosa, su impacto sobre la fauna nativa es menor y, en consecuencia, se puede tratar como una especie naturalizada o establecida que no ingresa a hábitats naturales en esta región y por lo tanto, no se comporta como invasora. Esto se fundamenta en las

siguientes evidencias: i) la especie se distribuye exclusivamente en los sistemas ganaderos y no penetra en las áreas de bosque; ii) tiene una alta preferencia por el estiércol bovino, lo cual minimiza las posibilidades de competencia por el recurso con las especies nativas que utilizan el excremento de mamíferos silvestres; iii) comparte el recurso durante las primeras 96 horas de deposición, a partir de interacciones complejas, con al menos ocho especies nativas sin al parecer exhibir competencia por exclusión; iv) la acción sinérgica de *D. gazella* con las especies nativas, incrementa hasta 10 veces la función ecológica de la especie en los sistemas de reconversión ganadera; v) *D. gazella* no genera pérdidas económicas en los sistemas ganaderos, por el contrario, contribuye a la reducción de costos en el uso de productos químicos y maquinaria agrícola. A partir de estas evidencias, es posible sugerir que la dominancia de *D. gazella* en los sistemas de ganadería convencional obedece a su alta especificidad sobre el recurso bovino y a la imposibilidad de la mayoría de las especies nativas de establecerse en dichos sistemas, lo cual es contrario a la idea de competencia por exclusión como se ha sugerido durante varias décadas entre *D. gazella* y la fauna nativa. En este sentido, la reconversión de pastizales sin árboles a sistemas silvopastoriles, podría favorecer la coexistencia de especies nativas y *D. gazella* y potencializar las funciones ecológicas para beneficio de los productores y tranquilidad de los conservacionistas.

INSECTOS ADVENTICIOS (INVASORES Y NO INVASORES) RECIENTES EN COLOMBIA

Takumasa Kondo

Entomólogo, Ph.D., Corpoica, Palmira: tkondo@corpoica.org.co

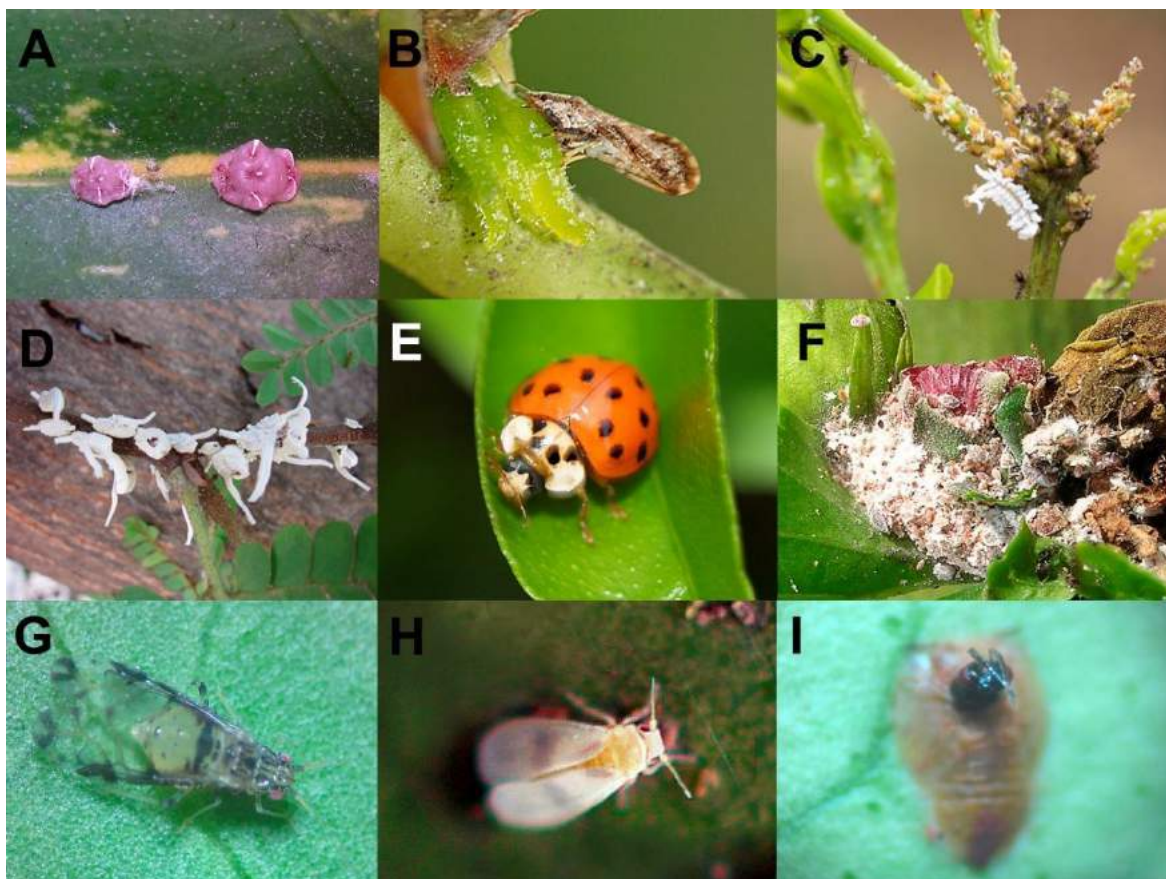


Figura 1. Insectos adventicios. **A.** *Ceroplastes rubens* Maskell (Hemiptera: Coccidae). **B.** Adulto de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **C.** Ninfas de *D. citri* y larva de un coccinélido depredador. **D.** *Crypticerya multicitricipes* Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). **E.** *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **F.** *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae). **G.** *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae). **H.** *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae). **I.** *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) emergiendo de una ninfa de *D. citri*. Fotos por T. Kondo.

Una especie invasora es aquella que no es nativa al ecosistema en consideración y que causa o puede causar un daño económico o ambiental o a la salud humana, animal o vegetal. En otras palabras, es una especie adventicia (no nativa) que amenaza o afecta negativamente ecosistemas, hábitats o especies. Los insectos invasores (aquellos que son plagas) son un subconjunto de especies adventicias. Se provee un breve resumen sobre la taxonomía, distribución geográfica, tiempo de introducción y hospederos de especies de insectos invasores recientes en Colombia, i.e., *Ceroplastes rubens* Maskell (Hemiptera: Coccidae) (Fig. 1A), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Fig. 1B & C),

Crypticerya multicolor Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae) [invasora en la isla de San Andrés] (Fig. 1D), *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) (Fig. 1E), *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Fig. 1F), *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) (Fig. 1G), *Greenidea ficicola* Takahashi (Hemiptera: Aphididae) (no ilustrado) y *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Fig. 1H). Muchas especies invasoras entran al país junto con sus enemigos naturales o estos llegan poco después de su introducción; por ejemplo, *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae) y *Gyranusoidea indica* Shafee, Alam & Agarwal (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitoides de *M. hirsutus*; y *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) (Fig. 1I) ectoparasitoide de *D. citri*. Los enemigos naturales son especies adventicias pero no invasoras por definición. Los insectos invasores frecuentemente causan un impacto negativo al medio ambiente y a la agricultura. *Harmonia axyridis* se considera un problema ecológico debido a que desplaza otros coccinélidos, nativos y exóticos. Hay especies invasoras que están bien establecidas en el país, pero permanecen desapercibidas o reciben muy poca atención debido a que se alimentan de plantas que no se consideran de importancia a la agricultura, e.g., *S. kahawaluokalani* que ataca *Lagerstroemia* spp. y *S. simplex* que ataca *Ficus* spp. Se discute la importancia de implementar programas de control biológico clásico para el control de plagas invasoras, que reducen el impacto al medio ambiente, seleccionando enemigos naturales específicos de la plaga, introducidos desde su lugar de origen.

Lectura seleccionada

- DAVID, G. R. D. QUIROZ, G. J. A.YEPES, R. F. SMITH PARDO A. H. 2009.** Nuevo registro de *Greenidea ficicola* Takahashi (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) en guayabo *Psidium guajava* (Myrtaceae) en Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín. 62(1): 4999–5002.
- KONDO, T. GONZÁLEZ, F. G. 2013.** The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae), a not so new invasive insect in Colombia and South America. Insecta Mundi. 0283: 1-7.
- EVANS, G. KONDO, T. MAYA ÁLVAREZ, M.F. HOYOS CARVAJAL L.M. QUIROZ, J.A. SILVA GÓMEZ, M. 2012.** First report of *Anagyrus kamali* Moursi and *Gyranusoidea indica* Shafee, Alam and Agarwal (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoids of the pink hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) on San Andres Island, Colombia. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13(2): 219-222.
- KONDO, T. EVANS, G. 2012.** *Singhiella simplex* (Singh) (Hemiptera: Aleyrodidae), a new aleyrodid invasive species for Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 13(2): 31-33.
- GONZÁLEZ, F. G. KONDO, T. 2012.** Primer registro de la especie invasora *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) en Ecuador. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.). 51: 310.
- KONDO, T. GULLAN, P. GONZÁLEZ, G. 2014.** An overview of a Classical Biological Control program for the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicolor* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini), on San Andres island, Colombia. Acta Zoologica Bulgarica. *In Print*.

- KONDO, T. GULLAN, P. RAMOS PORTILLA, A. A. 2012.** Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicatrices* Kondo & Unruh (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia, with an updated taxonomic key to iceryine scale insects of South America. *Insecta Mundi*. 0265: 1-17.
- KONDO, T. QUINTERO, E. M. CAMPUZANO, M. WYCKHUYS, K. A. G. HERATY, J. 2012.** First report of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 13(1): 48-51.
- WYCKHUYS, K. A. G., KONDO, T., HERRERA, B. V., MILLER, D. R., NARANJO, N., HYMAN, G. 2013.** Chapter 21. Invasion of exotic arthropods in South America's biodiversity hotspots and agro-production systems. Pp. 373-400. *En*: Peña, J. E. Ed. *Potential Invasive Pests*. CAB International, Wallingford, UK. 464 pp. ISBN: 9781845938291.

NEW THREATS FOR COLOMBIAN AGRICULTURE.

Bernhard Löhr

CIAT, A.A. 6713. Cali, Colombia

Pest invasions have occurred throughout recent history, some with disastrous results. *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Dryophthoridae), originating in humid tropical Asia, has expanded its geographical range well beyond areas believed suitable for the weevil. In the early eighties it invaded the Middle East, causing huge damage on date palm. From 1993, after its first detection in Spain, it spread all over the Mediterranean and is threatening the Canary Date Palm with extinction. The spread to Spain was facilitated by the importation of infested date palms for landscaping projects. The same way this pest arrived in the Caribbean islands of Curaçao and Aruba. Eradication of the pest failed and the distance of only 26 km to the continent suggests the invasion is only a matter of time. Huge damage can be expected in coconut production and on native palms.

The African bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809), is arguably the worst pest of agriculture world-wide. It is highly polyphagous, widely resistant to pesticides including GMO crops, migratory and very prolific. Its habit of feeding preferentially on the produce of many plant species exacerbates its damage potential. While its area of natural occurrence is Africa and Asia, the pest was first confirmed in Brazil in 2013, causing 80% loss of cotton crop in Bahía state. Up to date, losses in Brazil have amounted to more than 1 billion US Dollars. Since then it spread to Argentina and Paraguay and its arrival in Colombia is imminent. A rough calculation of its potential impact on the most important crops susceptible to its attack in Colombia suggests losses between 164 and 457 million US Dollars annually. Several pesticides and virus-based products were registered in Brazil as emergency mitigation measure. Authorities should consider preventive registration of these products in Colombia as well. The use of egg parasitoids for *H. armigera* control has had mixed results in the areas of origin, but given the strength of this industry in Colombia and the familiarity of producers with these products, this should be a viable control alternative.

HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS

COMPORTAMENTO ALIMENTAR EM FORMIGAS-CORTADEIRAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

Odair Correa Bueno

*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Rio Claro, SP,
Centro de Estudos de Insetos Sociais. odaircb@rc.unesp.br*

A evolução dos hábitos alimentares nos Hymenoptera, Apocrita, se deu no sentido da zoofilia larval, onde metade das espécies é parasitoide e a outra predadora, graças ao aparecimento do ferrão (Daly *et al.* 1998). Alguns Hymenoptera retornaram à condição fitófaga, particularmente os Insetos Sociais. Os adultos dos Vespoidea consomem néctar e pólen, os de Apoidea utilizam néctar, pólen e óleos presentes nas plantas e os de Formicoidea, além do néctar e pólen, utilizam nectários extraflorais, sementes e corpos de alimentação comuns na epiderme das plantas (Tobin 1994). O retorno a fitofagia não envolve somente a utilização direta das plantas, mas sim a capacidade de explorar de várias maneiras os produtos já elaborados por elas, resultando nas formigas em ampla diversidade alimentar, inclusive na produção de seu próprio alimento, como as cultivadoras de fungo, cujo ápice do sucesso biológico ocorre nas formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*.

Os mecanismos de transferência de alimentos entre as formigas de uma colônia são muito diversificados, mas podem ser agrupados em três categorias básicas: 1. Trofalaxia, no qual operárias adultas transferem alimento às larvas, outras operárias e para a rainha o alimento contido no interior do papo. Em contrapartida, as larvas das formigas transferem proteínas e aminoácidos para as operárias adultas de várias maneiras, destacando-se a trofalaxia a partir das secreções glandulares e dos fluídos associados à hemolinfa; 2. Transferência através de ovos tróficos - ovos de alimentação; 3. Transferência de secreções glandulares: mesmo não sendo tão difundido como nas abelhas, o sistema salivar das operárias das formigas pode contribuir para a alimentação das larvas.

Também deve ser considerado que o aparecimento da holometabolia nos insetos representa um importante caráter adaptativo, permitindo que indivíduos adultos e jovens de uma mesma espécie utilizem diferentes recursos alimentares. O que contribui com isso são as necessidades nutricionais das larvas e dos adultos serem diferentes: as primeiras necessitam de proteínas para ontogenia de seu corpo; enquanto que adultos utilizam material energético para suas necessidades essenciais. Isto tem reflexos na estruturação do sistema digestório, de forma que as larvas apresentam aparelho mastigador típico e ingerem alimentos líquidos e sólidos, e os adultos ingerem basicamente líquidos, com aparelho bucal modificado. Para tal, apresentam um sistema de filtração muito eficiente. Em saúvas adultas o filtro infrabucal impede a passagem de partículas sólidas acima de 1µm.

Embora a morfologia do trato digestório das formigas seja muito pouco variável, ela se destaca pela presença das glândulas pós-faríngeas exclusivas das formigas e de alguns de seus ancestrais. A essas glândulas foram atribuídas diferentes funções: como fonte de alimento para a rainha e cria (Hölldobler & Wilson 1990); transferência de alimento entre os membros da colônia (Peregrine & Mudd 1974); órgão misturador de hidrocarbonetos com a função de reconhecimento específico e intracolônial (órgão

gestalt), (Bagnères & Morgan 1991; Soroker *et al.* 1994), ou mesmo a secreção de hormônios esteroides (Caetano 2002).

A presença de lipídios no interior das glândulas tem sido observada em várias espécies de formigas, cuja origem é muito discutível. Segundo alguns autores eles seriam resultados de secreções do próprio epitélio glandular e para outros, eles teriam origem a partir do alimento ingerido (Phillips & Vinson, 1980; Vinson *et al.* 1980).

Através de uma série de experimentos realizados com a saúva-limão, *Atta sexdens rubropilosa*, foi possível confirmar a hipótese da participação das glândulas pós-faríngeas na nutrição das formigas. O alimento líquido após passar pelo aparato filtrador, atinge as aberturas das glândulas pós-faríngeas, onde ocorre uma concentração de pelos longos e finos, o que proporciona a separação dos compostos solúveis em água dos gordurosos. Os primeiros se deslocam em direção ao papo e os compostos lipídicos, por sua vez, penetram nos dutos das glândulas pós-faríngeas e atingem suas digitações, onde são absorvidos pela camada unicelular e posteriormente são transferidos para a hemolinfa (Bueno 2005).

Quinlan & Cherrett (1979) deduziram que operárias adultas de *A. cephalotes* obtêm 4,8% de suas necessidades energéticas a partir do fungo simbiote e Bass & Cherrett (1995), trabalhando com *A. sexdens* concluíram que o valor seria de 9,0% e sugeriram que o restante seria proveniente da seiva vegetal, portanto carboidrato. Considerando que 30% das operárias desempenham comportamento de lambar o jardim de fungo, Silva *et al.*, (2003) analisando a participação do fungo simbiote na alimentação das operárias de *A. sexdens* estimaram que 50% das necessidades nutricionais estão disponíveis extracelularmente, resultante da hidrólise de polissacarídeos.

Estudos recentes sobre o fluxo de nutrientes no interior da colônia de *A. sexdens* realizadas por Betin *et al.* (Não publicado) revelaram que as formigas concentram em seu corpo primeiro mono e dissacarídeos, seguido de lipídios e depois proteínas. Essas informações sugerem que a importância dos lipídios na nutrição das formigas sempre foi subestimada.

Considerando as descobertas recentes, vários paradigmas necessitam ser reavaliados e novas interpretações sobre a ecologia nutricional das formigas devem ser estabelecidas.

BIBLIOGRAFIA.

- BAGNÈRES, A.G. MORGAN, E.D. 1991.** The post-pharyngeal glands and the cuticle of Formicidae contain the same characteristic hydrocarbons. *Experientia*. v.47, n.1, p.106-111.
- BASS, M. CHERRETT, J.M. 1995.** Fungal hyphae as a source of nutrients for the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. *Physiological Entomology*. v. 20, p.1-6.
- BUENO, O.C. 2005.** Filtro infrabucal e glândulas pós-faríngeas da saúva-limão *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). 107p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Biociências, Unesp.

- CAETANO, F.H. 1998.** Aspectos ultramorfológicos, ultra-estruturais e enzimológicos da glândula pós-faríngea de *Dinoponera australis* (Formicidae: Ponerinae). 137p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Biociências, Unesp, Rio /Claro, SP.
- DALY, H.V. DOYEN, J.T. PURCELL III, A.H. 1998.** Introduction to insect biology and diversity. Oxford: Oxford University Press, 680p.
- HOLDOBLER, B. WILSON, E.O. 1990.** The Ants. Berlin: Springer-Verlag, 732 p.
- PEREGRINE, D.J. MUDD, A. 1974.** Effects of diet on composition of post-pharyngeal glands of *Acromyrmex octospinosus* (Reich). Insectes Sociaux. v.21, n.4, p.417-423
- PHILLIPS JR, S.A. VINSON, S.B. 1980.** Source of the post-pharyngeal gland contents in the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. Annals of the Entomological Society of America. v.73, p.257-261.
- QUINLAN, R.J. CHERRETT, J.M., 1979.** The role of fungus in the diet of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.). Ecological Entomology. v.4, p.151-160.
- SOROKER, V., VIENNE, C., NOWBAHARI, E., HEFETZ, A. 1994.** The post-pharyngeal gland as a “gestalt” organ for nestmate recognition in ant *Cataglyphis niger* (Hymenoptera: Formicidae). Naturwissenschaften, 81: 510 - 512.
- SILVA, A.; BACCI JR, M; SIQUEIRA, C.G.; BUENO, O.C.; PAGNOCCA, F.C.; HEBLING, M.J.A. 2003.** Survival of *Atta sexdens* workers on different food sources. J. Ins. Physiol. v. 49, p.307- 313.
- TOBIN, J.E. 1994.** Ants as primary consumers: diet and abundance in the Formicidae. In: Hunt. J.H., Nalepa. C.A. (Eds.). Nourishment & Evolution in Insect Societies. Nourishment & evolution in insect societies. Westview Press Boulder. p. 279-307.
- VINSON, S.B.; PHILLIPS JR, S.A.; WILLIAMS, H.J. 1980.** The function of the post-pharyngeal glands of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. J. Insect Physiol. v. 26, p 645-650.

Meta-análisis de los efectos de las hormigas cortadoras de hojas sobre la fertilidad del suelo y el desempeño de las plantas

Alejandro Farji-Brener

Universidad Nacional del Comahue, Bariloche. Argentina.

RESUMEN. Las hormigas cortadoras de hojas han sido consideradas como uno de los organismos más importantes que afecta la fertilidad del suelo, y en consecuencia, la adecuación de las plantas que allí crecen. Esto se debe a que, al construir sus grandes nidos y generar un enorme volumen de desechos orgánicos, estas hormigas mueven una enorme cantidad de suelo y modifican sus niveles de fertilidad. Acorde a esto, muchos estudios han descripto que los suelos cercanos a los nidos de hormigas cortadoras de hojas poseen una mayor concentración de nutrientes que los suelos adyacentes, y que normalmente la vegetación que crece en dicho sustrato es más densa, crece más rápido y se reproduce mejor que aquella situada lejos de los nidos. Sin embargo, recientes estudios han revelado que en algunas ocasiones los suelos de los nidos pueden ser menos nutritivos que aquellos lejanos a la colonia, y que no siempre las plantas que crecen asociadas a los nidos poseen un mejor desempeño que aquellas lejanas a las colonias. Estas evidencias aparentemente contradictorias se deben a que estos patrones han sido propuestos a partir de estudios particulares, resumidos de manera cualitativa o han sido producto de observaciones anecdóticas. En este trabajo, por primera vez, vamos a analizar cuantitativamente por medio de técnicas de meta-análisis el efecto de los nidos de las hormigas cortadoras de hojas sobre la fertilidad del suelo y el desempeño de las plantas asociadas. Adicionalmente, vamos a determinar si este efecto depende del sustrato muestreado (suelo de nido versus basurero), origen del basurero (interno o externo), género (*Atta* o *Acromyrmex*) y latitud (nidos ubicados en ambientes tropicales/subtropicales versus templados).

Ubicamos mediante la revisión de trabajos y búsqueda por palabras clave todos los estudios sobre estos tópicos en donde se podían obtener valores de promedios y su variabilidad en relación a concentración de nutrientes y desempeño de plantas en nidos y sitios control (e. g., suelos adyacentes). Finalmente obtuvimos dicha información de 34 trabajos, 31 publicados y 4 de bases de datos propias. Los datos de los trabajos fueron convertidos a una medida común de “efecto” denominada Hedges’ d , y su varianza asociada “Var (d)”. Este parámetro es una estimación estandarizado del promedio de la diferencia entre aquellos valores en los sitios “tratamiento (nidos) y “control” (suelo adyacente), por lo cual valores positivos de d implican valores más altos de fertilidad/desempeño de plantas en nidos comparados con suelos control.

Los principales resultados fueron que (a) los suelos de nidos de hormigas cortadoras son más ricos en nutrientes que el suelo adyacente, pero este efecto se debe principalmente a la presencia de los basureros orgánicos y no al suelo de los nidos per se, (b) los basureros ubicados en montículos externos son más ricos en nutrientes que aquellos ubicados en basureros internos, (c) ni el género ni la latitud afectan la capacidad de las hormigas de influir sobre la riqueza del suelo y el desempeño de las plantas, pero existe una tendencia a que nidos ubicados en ambientes más templados posean suelos más ricos en cationes que aquellos ubicados en ambientes tropicales/subtropicales, y finalmente (c) las plantas muestran en mejor desempeño en suelos de nidos que en suelos control.

Este trabajo analiza por primera vez de forma cuantitativa los efectos de los nidos de hormigas cortadoras de hojas confirmando algunos patrones anteriormente descriptos y revelando algunas de

sus fuentes de variación. Por un lado, confirmamos que los suelos de hormigueros poseen generalmente una mayor concentración de nutrientes que los suelos adyacentes, pero que este efecto se debe exclusivamente a la presencia de los basureros orgánicos de las hormigas. Este descubrimiento integra resultados anteriores aparentemente controversiales, en donde los suelos de hormigueros podían tener mayor o menor niveles de fertilidad que los suelos adyacentes. Estas variaciones en fertilidad encontradas en los suelos de los nidos dependen exclusivamente si dichas muestras integran o son de basureros orgánicos, ya que los suelos de los nidos sin la influencia de los basureros pueden ser inclusive más pobres que los adyacentes debido al movimiento de perfiles realizado por las hormigas y a la reducción de hojarasca ocasionado por la remoción de la vegetación circundante. Por otra parte, encontramos que basureros externos son más ricos en nutrientes que los internos. Esto puede deberse a que los basureros ubicados en el exterior son más factibles de ser colonizados por los organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica, en donde encuentran un ambiente más favorable para su desarrollo; y que los basureros en montículos externos pueden recibir un input extra de nutrientes debido a la acumulación de material orgánico del ambiente. Los diferentes géneros de hormigas cortadoras no afectaron su capacidad de incrementar la fertilidad del suelo y, por ende, el desempeño de las plantas asociadas. Esto sugiere que los proceso por los cuales se genera la basura orgánica (i. e., los subproductos de la degradación del hongo simbiote de las hormigas sobre la vegetación cosechada) es similar en ambos géneros. Finalmente, encontramos que los nidos en ambientes templados presentan un sustrato levemente más fértil que aquellos ubicados en ambientes tropicales y subtropicales. Esto puede deberse a que, en general, la acumulación de nutrientes en las plantas es mayor a medida que avanzamos en latitud. Dado que la concentración de nutrientes de los basureros depende en última instancia de la concentración de nutrientes de las plantas cosechadas, nidos ubicados en ambientes templados generarían basura más fértil que aquellos localizados en ambientes tropicales.

Estos resultados sugieren efectos a nivel local y regional que pueden ser relevantes para la estructura de la vegetación y el ciclado de nutrientes. Dado que la fuente de nutrientes que hace de los hormigueros un sustrato más fértil es el basurero, aquellas especies con basureros externos van a beneficiar a aquellas plantas que puedan acceder a dicho recurso como hierbas, estadios con raíces superficiales como plántulas y juveniles, y plantas anuales; mientras que los hormigueros con basureros internos van a beneficiar a aquella vegetación con raíces profundas que puedan acceder a esa fuente de recursos, como plantas leñosas adultas. Finalmente, dado que los basureros de nidos ubicados en ambientes templados mostraron una concentración más alta de nutrientes que aquellos ubicados en zonas tropicales/subtropicales, aquellas especies de cortadoras con basureros externos que habiten ambientes templados podrían cumplir un papel especialmente relevante en el establecimiento de la vegetación y el ciclado de nutrientes en dichos hábitats.

HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS EN PANAMÁ: QUE DICEN LOS AGRICULTORES, Y QUE HACEN LAS HORMIGAS.

Hermógenes Fernández-Marín

*Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología, INDICASAT-AIP.
Clayton, Ancón, Panamá, República de Panamá. E-mail: HFernandez@indicat.org.pa*

Las hormigas cortadoras de hojas, *Atta* y *Acromyrmex* (Arrieras), son uno de los principales defoliadores de árboles, arbustos, y gramíneas en América. Estas hormigas tienen un importante rol en los ecosistemas naturales, pero en zonas urbanas, rurales, agrícola, forestales y de ganadería causan cuantiosas pérdidas económicas. En 1977 se estimó que las arrieras por su actividad de defoliación producían un impacto negativo en la economía de los agricultores y forestales, causando pérdidas anuales en US\$ 1,000 millones de dólares. Sin embargo, estas estimaciones fueron presentadas con limitada información de campo. En la actualidad, no contamos con los elementos regionales para tener una mejor comprensión de los daños económicos causados por las arrieras, como tampoco elementos sobre los mecanismos de controles químicos o biológicos a nivel regional. Según perspectivas regionales publicadas en los 80s, Panamá es el único País de América donde las arrieras no son consideradas plagas en la agricultura ni en actividades forestales. En virtud de esta información, pero antagonizando con la perspectiva anecdótica de algunos agricultores panameños, realizamos tres diferentes estudios para comprender la situación actual de las arrieras en Panamá. Nosotros realizamos encuestas a agricultores en diferentes regiones de País, con el objetivo de documentar los principales cultivos agrícolas atacados por las hormigas, y el tipo de control empleados por los agricultores. Además, empleando pruebas de preferencias en invernaderos, y parcelas experimentales de cultivos con y sin control químico, y con exclusión de arrieras, determinamos el costo económico y nivel de daños que pueden producir las arrieras en 6 cultivos tradicionales. Nuestros resultados de las encuestas y datos de los estudios de invernaderos y de campo, sugieren que las arrieras prefieren un limitado grupo de plantas a las cuales afectaban seriamente. Nosotros discutimos el valor de nuestros resultados para recomendar cuando emplear controles químicos en áreas de producción agrícolas.

Palabras claves: Panamá, *Atta*, *Acromyrmex*, control químico, cultivos, *Dioscorea*, *Citrus*.

ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

¿HOW TO ASSESS ENVIRONMENTAL IMPACTS OF GM PLANTS ON NON-TARGET ORGANISMS?

Dr. Nora Eckermann

*Bayer CropScience AG, Alfred-Nobel-Str. 50, 40789 Monheim am Rhein, Germany,
nora.eckermann@bayer.com*

Since the introduction of agricultural biotechnology in 1996, the global acreage of biotech crops have increased more than 100-fold from 1.7 million hectares to over 175 million hectares in 2013 – this makes biotech crops the fastest adopted crop technology in recent history.

Commercial cultivation of GM crops is subjected to regulatory approvals based on risk assessment. Functionally risk assessment schemes consider the concept of familiarity, are science based and applied case by case. These risk assessments lead to a judgment about whether the risk from cultivation of the GM crop is acceptable.

In order to correctly assess the potential risk of GM crop cultivation, policy-derived protection goals need to be available. They are taken in the environmental risk assessment (ERA) as the basis to generate rational hypotheses of harm that could arise from the cultivation of the GM crop. Often comprehensive knowledge already exists to test the hypothesis of harm and it can be used in the problem formulation while in some cases the need of additional data may be identified.

A key concern in the release of GM crops producing insecticidal proteins to control specific pests is their potential to adversely affect non-target organisms. Therefore, the risk hypothesis that the cultivation of the GM crop producing the insecticidal protein will have no unacceptable effects on non-target organisms should be tested.

A powerful tool in the ERA to test this hypothesis is to follow a tiered approach. It starts with a standard laboratory test under worst case exposure conditions using surrogate species. Species selection should consider potential sensitivity, relevance and reliability. If worst case scenarios indicate harm could arise, the assessment is refined using more realistic scenarios. Collective experiences have shown the value and effectiveness of this testing approach for the assessment of the impact of GM crops on NTOs.

CULTIVOS BIOTECNOLÓGICOS UNA TÁCTICA DE MANEJO MÁS PARA NUESTROS AGRICULTORES

Jairo Rodríguez Ch.

Asociado de Investigación, Proyecto Agrobiodiversidad: Evaluación Riesgo OGM, CIAT. A.A. 6713 Cali, Valle; correo: j.chalarca@cgiar.org

Existe en el mundo una controversia por la conveniencia o no de la implementación de los cultivos genéticamente modificados (CGM). Durante el 2013 el área global con cultivos biotecnológicos fue de 172.5 millones de ha (James 2013). Más del 90% de los 16 millones de agricultores que han incorporado en sus sistemas los cultivos genéticamente modificados, son pequeños agricultores agrupados en 27 países de los cuales 19 son países en desarrollo. Trece países sembraron cultivos que expresaban dos o más rasgos (eventos apilados) en el 2013, 10 de los cuales eran países en desarrollo, constituyéndose en la característica más relevante en los cultivos GM (James 2013). El impacto de los CGM comprenden aspectos como: (i) seguridad alimentaria, (ii) sostenibilidad y (iii) cambio climático, se evidencia en la reducción de 497 millones de kilos de ingrediente activo de pesticidas solo para el 2012, la reducción en las emisiones de CO₂ en 26.7 mil millones de kilos; en términos de conservación para el período 1996 a 2012 al dejar de usar 123 millones de hectáreas de suelo (James 2013).

Actualmente, las plantas son un grupo ampliamente estudiado en el área de la biotecnología moderna con el objetivo de conferirles características que les permitan competir con problemas como: (a) resistencia a plagas, (b) resistencia a enfermedades, (c) tolerancia a herbicidas, (d) tolerancia a sequías, y (e) tolerancia a la salinidad elevada del suelo entre otras (Altieri y Rosset 1999, James 2010, ISAAA 2012, Smith y Clement 2012, Agro-bio 2014). Estos avances en la biotecnología han permitido que los cultivos GM se hayan incorporado en los sistemas agrícolas como una alternativa de manejo eficiente y respetuoso del medio ambiente, en la continua lucha del hombre contra los insectos plaga (Tabashnik *et al.* 1994, Williams *et al.* 1998, Betz *et al.* 2000, Perlak *et al.* 2001, Miklos *et al.* 2007). Desde la introducción de los CGM que expresan la endotoxina (proteína Cry) de *Bacillus thuringiensis* (Bt), se han convertido en una excelente herramienta para el manejo efectivo de algunas plagas (Macrae *et al.* 2005). La adopción del algodón Bt no solo ha facilitado el manejo de ciertas plagas de lepidópteros, si no que ha permitido una reducción en el uso de insecticidas de síntesis artificial con su concebido efecto en el medio ambiente (Perlak *et al.* 2001, Carrière *et al.* 2003). Adicionalmente, la adopción del maíz (*Zea mays* L.), han contribuido sustancialmente a la reducción del impacto del barrenador del tallo (*Ostrinia nubilalis*) (Armstrong *et al.* 1995, Pilcher y Rice 2003). Para el caso de la soya, los reportes mencionan el control ejercido por la delta-endotoxina (δ -endotoxin) producida por algunas cepas de *B. thuringiensis* sobre larvas de *A. gemmatilis* (Parrott *et al.* 1994, Stewart Jr *et al.* 1996, Walker *et al.* 2000, Macrae *et al.* 2005, Homrich *et al.* 2008). La incorporación de estos cultivos Bt en los sistemas agrícolas, han dado lugar a enormes beneficios económicos y ambientales, como efecto de mayores rendimientos por menor afectación de las plantas y una reducción significativa del uso de insecticidas (Perlak *et al.* 2001, Shelton *et al.* 2002). Para el caso de Colombia durante el 2013 los CMG alcanzaron 102.019 ha en 20 departamentos así: algodón con 26.913 ha en 11 departamentos, maíz 18 departamentos con 75.094 ha, claveles y rosas con 12 ha (Agro-bio 2014).

La introducción, liberación y comercialización de estos cultivos en Colombia, están en marcos dentro del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad como un instrumento internacional que regula los

organismos vivos modificados (OVM), producto de la biotecnología moderna. Este acuerdo, que se enfoca específicamente en el movimiento transfronterizo de OVM, **promueve la seguridad de la biotecnología** al establecer normas y procedimientos que permiten la transferencia segura, la manipulación y el uso de OVM. Para establecer la bioseguridad de la incorporación de cualquier OVM (CGM) se deben cumplir con las evaluaciones de riesgo para la salud, el ambiente y la biodiversidad; las cuales se desarrollan teniendo en cuenta: (i) la evaluación caso por caso y paso por paso, y (ii) fundamentos científicos sólidos (Agro-bio 2014). Para el caso específico de Colombia, los Comités Técnicos Nacionales en Bioseguridad se establecen mediante el artículo 18 del Decreto 4525 de 2005. La función de los comités es recomendar a la Autoridad Nacional Competente respectiva, la expedición del acto administrativo que aprueba o niega las solicitudes para desarrollo de actividades con OVM en el territorio nacional. Esta recomendación se realiza luego que el Comité, examina y evalúa los documentos de evaluación de riesgo de los OVM, solicita la información que debe ser presentada por el interesado y examina las medidas dentro del marco de la Ley 740 de 2002.

Dentro de las incertidumbres que se pueden presentar por la rápida adopción de los CGM se destacan los posibles riesgos sobre especies no-objetivo. Entre estos organismos no-objetivo se encuentran aquellos que desempeñan funciones relevantes en el ecosistema, tales como control biológico, polinizadores y descomponedores, entre otros. La gran diversidad de organismos involucrados, sumado a sus dinámicas poblacionales, dificulta la estandarización de métodos para la evaluación del riesgo asociado a la liberación y su posterior monitoreo en campo. La falta de información científica sobre el impacto en organismos no-objetivo bajo las condiciones de los países tropicales ha sido tomada como una oportunidad única dentro del Proyecto LAC-Biosafety para generar herramientas en países mega diversos que permitan tomar decisiones acertadas, y que acaten la Convención de Diversidad Biológica y el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (<http://www.lacbiosafety.org/>). También existe la incertidumbre de que las plagas objetivo de las tecnologías desarrollen resistencia a las proteínas expresadas por las plantas, y el posible surgimiento de otras especies fitófagas que estaban limitadas en espacio en la planta por la competencia. Los posibles cambios en la susceptibilidad por parte de las plagas objetivo de los CGM (Bt), pone en alerta la continuidad y eficacia de estos cultivos como táctica de manejo (Tabashnik 1994, Gould 1998, Tabashnik y Carrière 2009, Carrière *et al.* 2010). Los posibles cambios en la susceptibilidad de las plagas objetivo de las tecnologías se puede evidenciar cuando los supuestos alelos de resistencia son conferidos a las generaciones posteriores. Por lo tanto, cambios en la susceptibilidad de las plagas objetivo de la tecnología no necesariamente indican cambios en la susceptibilidad (resistencia) en campo (Tabashnik *et al.* 2009, Tabashnik *et al.* 2014). En este sentido el Comité Técnico Nacional de Bioseguridad (CTN) consideró como una alta prioridad establecer un programa de monitoreo de la susceptibilidad a las proteínas Cry y Vip con el propósito de poder identificar en su momento cambios en la susceptibilidad de las poblaciones de campo de las diferentes plagas objetivo de las tecnologías Bt. Este programa comprende entre otros aspectos: (1) determinar la dosis letal media (DL_{50}), para las poblaciones de campo objetivo de las tecnologías, (2) establecer una dosis de referencia para cada una de las especies objetivo en cada una de las zonas donde las tecnologías sean liberadas, y (3) establecer monitoreos periódicos en poblaciones de campo. Estas actividades están enmarcadas dentro de las resoluciones **682** de 24 febrero de 2009 y **2894** de 6 septiembre de 2010, por medio de las cuales se implementa el plan de manejo, bioseguridad y seguimiento para siembras comerciales de algodón y maíz GM en Colombia, respectivamente. Dentro de estas resoluciones se destaca “*Monitoreo al desarrollo de posibles resistencias por especies plaga objetivo*”. La ejecución de este programa está bajo la coordinación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como ente regulador, cuenta con la participación de los agricultores usuarios de las tecnologías a escala comercial,

las compañías propietarias de las tecnologías y todos aquellos que estén involucrados directa e indirectamente con la implementación de estas tecnologías en Colombiana.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRO-BIO. 2014.** Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola Disponible en: www.agrobio.org 2014].
- ALTIERI, M. ROSSET, P. 1999.** Ten reasons why biotechnology will not ensure food security, protect the environment and reduce poverty in the developing world. Oakland, CA.
- ARMSTRONG, C. PARKER, G. PERSHING, J. BROWN, S. SANDERS, P. DUNCAN, D. STONE, T. DEAN, D. DEBOER, D. HART, J. 1995.** Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. *Crop Science*, 35 (2): 550.
- BETZ, F. HAMMOND, B. FUCHS, R. 2000.** Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32 (2): 156-173.
- CARRIERE, Y. CROWDER, D. W. TABASHNIK, B. E. 2010.** Evolutionary ecology of insect adaptation to Bt crops. *Evolutionary Applications*, 3 (5-6): 561-573.
- CARRIÈRE, Y. ELLERS-KIRK, C. SISTERTON, M. ANTILLA, L. WHITLOW, M. DENNEHY, T. J. TABASHNIK, B. E. 2003.** Long-term regional suppression of pink bollworm by *Bacillus thuringiensis* cotton. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 100 (4): 1519-23.
- GOULD, F. 1998.** Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annual Review of Entomology*, 43 (1): 701-726.
- HOMRICH, M. PASSAGLIA, L. PEREIRA, J. BERTAGNOLLI, P. PASQUALI, G. ZAIDI, M. ALTOSAAR, I. BODANESE-ZANETTINI, M. 2008.** Resistance to *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) in transgenic soybean (*Glycine max* (L.) Merrill Fabales, Fabaceae) cultivar IAS5 expressing a modified Cry1Ac endotoxin. *Genetics and Molecular Biology*, 31: 522-531.
- ISAAA. 2012.** 2011 ISAAA Report on Global Status of Biotech/GM Crops Disponible en: <http://www.isaaa.org>.
- JAMES, C. 2010.** A global overview of biotech (GM) crops: adoption, impact and future prospects. *GM Crops*, 1 (1): 8-12.
- JAMES, C. 2013.** Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA Brief No. 46. ISAAA: Ithaca, NY., Brief No. 46.
- MACRAE, T. BAUR, M. BOETHEL, D. FITZPATRICK, B. GAO, A. GAMUNDI, J. HARRISON, L. KABUYE, V. MCPHERSON, R. MIKLOS, J. 2005.** Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A gene for control of Lepidoptera. *Journal of Economic Entomology*, 98 (2): 577-587.

- MIKLOS, J. A. ALIBHAI, M. F. BLEDIG, S. A. CONNOR-WARD, D. C. GAO, A. G. HOLMES, B. A. KOLACZ, K. H. KABUYE, V. T. MACRAE, T. C. PARADISE, M. S. TOEDEBUSCH, A. S. HARRISON, L. A. 2007.** Characterization of soybean exhibiting high expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis cry1A* transgene that confers a high degree of resistance to lepidopteran pests. *Crop Science*, 47 (1): 148-157.
- PARROTT, W. ALL, J. ADANG, M. BAILEY, M. BOERMA, H. STEWART, C. 1994.** Recovery and evaluation of soybean plants transgenic for a *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* insecticidal gene. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 30 (3): 144-149.
- PERLAK, F. OPPENHUIZEN, M. GUSTAFSON, K. VOTH, R. SIVASUPRAMANIAM, S. HEERING, D. CAREY, B. IHRIG, R. ROBERTS, J. 2001.** Development and commercial use of Bollgard® cotton in the USA-early promises versus today's reality. *The Plant Journal*, 27 (6): 489-501.
- PILCHER, C. RICE, M. 2003.** Economic analysis of planting dates to manage European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) with Bt corn. *Journal of Economic Entomology*, 96 (3): 941-949.
- SHELTON, A. ZHAO, J. ROUSH, R. 2002.** ECONOMIC, ECOLOGICAL, FOOD SAFETY, AND SOCIAL CONSEQUENCES OF THE DEPLOYMENT OF BTT TRANSGENIC PLANTS. *Annual Review of Entomology*, 47 (1): 845-881.
- SMITH, C. M. CLEMENT, S. L. 2012.** Molecular Bases of Plant Resistance to Arthropods. *Annual Review of Entomology*, 57 (1): 309-328.
- STEWART JR, C. ADANG, M. ALL, J. BOERMA, H. CARDINEAU, G. TUCKER, D. PARROTT, W. 1996.** Genetic transformation, recovery, and characterization of fertile soybean transgenic for a synthetic *Bacillus thuringiensis cry1Ac* gene. *Plant Physiology*, 112 (1): 121.
- TABASHNIK, B. E. 1994.** Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*, 39 (1): 47-79.
- TABASHNIK, B. E. CARRIÈRE, Y. 2009.** Insect resistance to genetically modified crops. CABI. Wallingford.
- TABASHNIK, B. E. FINSON, N. GROETERS, F. R. MOAR, W. J. JOHNSON, M. W. LUO, K. ADANG, M. J. 1994.** Reversal of resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 91 (10): 4120-4.
- TABASHNIK, B. E. MOTA-SANCHEZ, D. WHALON, M. E. HOLLINGWORTH, R. M. CARRIÈRE, Y. 2014.** Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides. *Journal of economic entomology*, 107 (2): 496-507.
- TABASHNIK, B. E. VAN RENSBURG, J. B. CARRIERE, Y. 2009.** Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. *J Econ Entomol*, 102 (6): 2011-25.
- WALKER, D. R. ALL, J. N. MCPHERSON, R. M. BOERMA, H. R. PARROTT, W. A. 2000.** Field evaluation of soybean engineered with a synthetic *cry1Ac* transgene for resistance to corn

earworm, soybean looper, velvetbean caterpillar (Lepidoptera : Noctuidae), and lesser cornstalk borer (Lepidoptera : Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 93 (3): 613-622.

WILLIAMS, W. BUCKLEY, P. SAGERS, J. HANTEN, J. 1998. Evaluation of transgenic corn for resistance to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in a laboratory bioassay. *Journal of agricultural entomology (USA)*.

EVALUACIÓN DE EFECTOS ADVERSOS OCASIONADOS POR OGM EN ORGANISMOS NO BLANCO DE PAÍSES MEGADIVERSOS.

Ana Wegier, Alejandro Ponce-Mendoza, Marina Benítez, Rebeca Velázquez, Atsiry López, Valeria Alavez.

CENID-COMEF, Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Progreso 5, Santa Catarina Coyocacán, 04010, DF, México. awegier@gmail.com

El daño ambiental ocasionado por Organismos Genéticamente Modificados (OGM) es mencionado desde los tratados internacionales hasta las legislaciones locales. Sin embargo, aún es necesario discutir el marco teórico y práctico para la evaluación del daño que los OGM pudieran ocasionar en los organismos que se ven afectados sin ser el objetivo de la liberación del transgénico (organismos no blanco, ONB). Actualmente, México presenta uno de los escenarios ideales para esta evaluación, ya que es el centro de origen y diversidad del algodón *Gossypium hirsutum* y el 50% de las metapoblaciones del país expresan, por lo menos, una proteína recombinante producto de flujo transgénico ocurrido con plantas cultivadas genéticamente modificadas (GM), las cuáles se transforman principalmente para resistencia a herbicidas y tolerancia a lepidópteros. Este escenario particular se presenta en un país megadiverso, que carece de información de línea base para las investigaciones de los posibles impactos ambientales causados por los OGM en los hábitats de los parientes silvestres del algodón (e.g. las dunas costeras y selva baja). En este contexto, una de las preguntas a responder es cómo se puede realizar una evaluación sobre los posibles efectos adversos ocasionados por proteínas insecticidas en la comunidad de artropofauna.

Para responderla, se elaboraron diferentes diseños experimentales para evaluar los efectos de los OGM en organismos no blanco y observar el potencial en los escenarios reales. Para esto se realizaron cinco propuestas desde diferentes enfoques ecológicos: la primera es general y estudia la composición de las comunidades y su funcionalidad; la segunda se enfoca a un grupo de organismos seleccionados por su representatividad en la comunidad: lepidópteros; la tercera hace referencia al análisis de un solo grupo funcional: los visitantes florales; la cuarta analiza al género *Dysdercus*, miembro de la comunidad silvestre con interacción cercana a la planta y que es considerado como plaga de los cultivos; la quinta es un diseño experimental enfocado a las diferencias entre subpoblaciones con y sin transgenes. Cada una de las metodologías fue acompañada de su particular estrategia de colecta. Las muestras fueron catalogadas y fotografiadas a nivel de morfoespecies; posteriormente se les extrajo el DNA y se amplificó el COI para su identificación molecular. Además, la mayoría de los grupos fueron identificados por taxónomos especialistas y se planea que sean depositadas en distintas colecciones.

Posteriormente, para cada una de las aproximaciones se simularon condiciones que reflejaron diferentes tipos de efectos adversos a lo largo del tiempo. Los distintos análisis estadísticos se programaron en R (www.r-project.org) para poder compartir el diseño estadístico. En los resultados, los parámetros que se ven significativamente afectados fueron la diversidad de especies (Índice de diversidad de Shannon-Wiener), la equidad y la composición de especies (Chi^2); mientras que la abundancia y la riqueza de especies no se vieron afectadas.

Hay que tomar en cuenta que las comunidades donde habita el algodón silvestre presentan un conjunto de presiones antropogénicas sobre el hábitat, principalmente el cambio de uso de suelo a causa del desarrollo turístico y el crecimiento de centros urbanos; así aunque estas plantas y la diversidad asociada pueden afectarse por distintas razones, los efectos ocasionados por la expresión de transgenes insecticidas es una nueva presión, de la cual aún se desconoce la velocidad con la que pueda actuar y dispersarse; y de la que el efecto no se puede revertir sin que sea destruida la diversidad misma.

Todos estos factores deben ser tomados en cuenta en los análisis de riesgo y las medidas de bioseguridad para la liberación de OGM. Esta investigación fue realizada únicamente para el análisis de los daños ambientales, sin embargo, se puede decir que las encrucijadas legales en las que se debe de probar el efecto absoluto de la presencia de un nuevo gen en un ecosistema son técnicamente imposibles de demostrar en campo. Además, las plantas de algodón silvestre presentan en un mismo individuo eventos que fueron liberados de manera independiente, eliminando la posibilidad de que los efectos sean analizados caso por caso como se realiza con las liberaciones de las plantas cultivadas, lo que conlleva a que los esfuerzos de muestreo del daño en las plantas silvestres puedan ser más costosos que la remediación misma.

Se recomienda el monitoreo de la diversidad asociada a las parientes silvestres de los OGM, tanto en los centros de origen como en los de diversidad genética. Asimismo se sugieren aproximaciones ecológicas-evolutivas integrales para el control de plagas.

Palabras clave: Artrópoda asociada a duna costera y selva baja; grupos funcionales, visitantes florales, *Dysdercus sp.*, organismos no blanco, transgenes, análisis de riesgo, *Gossypium hirsutum*.

BIBLIOGRAFÍA

- BARTZ, R. HEINK, U. KOWARIK, I. 2010.** Proposed definition of environmental damage illustrated by the cases of genetically modified crops and invasive species. *Conserv Biol*, **24**(3):675-81.
- CERRITOS, R., WEGIER, A. ALAVEZ, V. 2012.** Toward the Development of Novel Long-Term Pest Control Strategies Based on Insect Ecological and Evolutionary Dynamics. En: Dr. Soloneski Sonia, Integrated Pest Management and Pest Control-Current and Future Tactics, 35-62.
- COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSOCIATED WITH COMMERCIALIZATION OF TRANSGENIC PLANTS (CEIACTP), BOARD ON AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2002.** Environmental effects of transgenic plants: The Scope and Adequacy of Regulation. *National Academies Press*.
- ERVIN, D.E., WELSH, R. BATIE, S.S. CARPENTIER, C.L. 2003.** Towards an ecological systems approach in public research for environmental regulation of transgenic crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **99**:1-14.
- KEARNS, C. A., INOUE, D. W. WASER, N. M. (1998).** Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of ecology and systematics*, **29**(1), 83-112.
- KLEIN, A. M., VAISSIERE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. (2007).** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **274**(1608), 303-313.

- WEGIER, A. PIÑEYRO-NELSON, A. ALARCÓN, J. GÁVEZ-MARISCAL, A. ALVAREZ-BUYLLA, ER. PIÑERO, D. 2011.** Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its center of origin. *Mol Ecol*, 20(19):4182-94.
- WEGIER, A. 2013.** Diversidad genética y conservación de *Gossypium hirsutum* silvestre y cultivado en México. Tesis Doctoral. Posgrado de Ciencias Biomédicas. Instituto de Ecología, UNAM. México. 120p.

TAXONOMIA

GRANDES GRUPOS—GRANDES RETOS: TAXONOMÍA DE REDUVIIDAE Y MIRIDAE EN COLOMBIA (HEMIPTERA: HETEROPTERA)

Dimitri Forero, Ph.D.

Laboratorio de Entomología, Unidad de Ecología y Sistemática, Departamento de Biología,
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

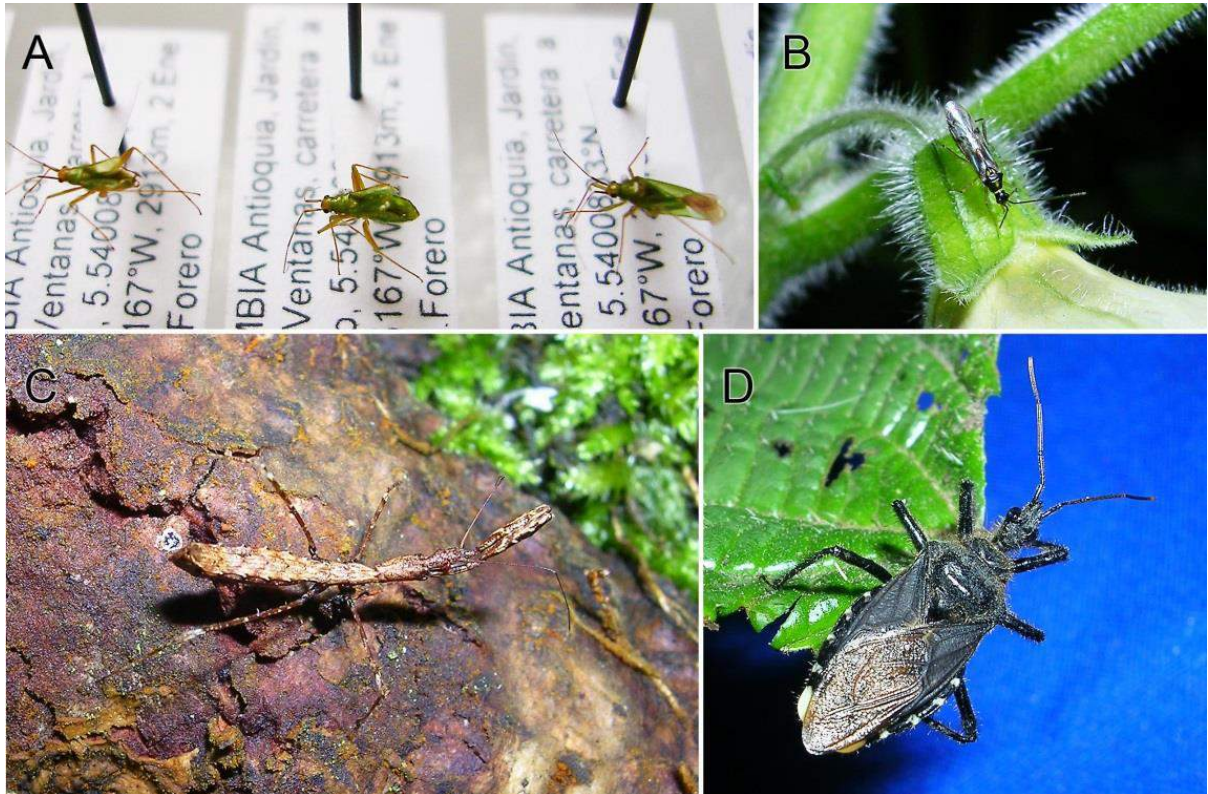


Figura 1. Ejemplos de Miridae y Reduviidae en Colombia. **A.** *Carvalhomiris* sp. nov. (Miridae: Orthotylinae). Esta nueva especie de Jardín, Antioquia fue colectada más de 200 km al NW de la localidad más al norte conocida para el género. **B.** Un Dicyphini (Miridae: Bryocorinae) asociado a una *Physalis* sp. (Solanaceae). **C.** *Liaghinella* sp. nov. (Reduviidae: Emesinae). Esta nueva especie fue encontrada en un área muy cercana a Bogotá, estando activa sólo de noche. **D.** *Apiomerus* sp. nov. (Reduviidae: Harpactorinae). Esta especie no descrita aún de *Apiomerus*, se encontró en las afueras de Bogotá.

Hemiptera es el quinto grupo más diversificado de insectos. Estos insectos no-holometábolos tienen tres linajes altamente diversificados, Cicadellidae (Auchenorrhyncha), Miridae y Reduviidae (Heteroptera). Dentro de Heteroptera, Miridae, un grupo principalmente fitófago, cuenta actualmente con más 11.000 especies descritas, mientras que Reduviidae, principalmente depredador, cuenta con cerca de 7.000 especies. Miridae comprende algunas especies consideradas plagas y otras utilizadas en control biológico, mientras que ciertas especies de Reduviidae son vectores de enfermedades al ser

algunas de ellas hematófagas. El nivel de información taxonómica disponible para estas dos familias de Heteroptera es desigual en diferentes partes del mundo. Hay regiones muy bien conocidas como Europa o partes de Norteamérica, mientras que otras como Australia y buena parte de los trópicos es prácticamente nula. En el Neotrópico la situación de Miridae y Reduviidae no está bien documentada. Existe un catálogo digital de Miridae del mundo, y otro en papel para Reduviidae que ya está desactualizado. También hay unos catálogos en papel de Heteroptera para Panamá y Ecuador que incluyen a estas dos familias. Para Colombia la información taxonómica detallada es prácticamente inexistente, y cuando existe es usualmente mencionada en publicaciones aisladas. En Colombia este impedimento se presenta por razones que responden a unos retos claramente identificables, los cuales son principalmente, el poco material de estas familias depositado en colecciones, la poca representatividad de taxones, la no existencia de material adecuado para estudios moleculares, y los pocos datos sobre la historia natural de estas dos familias. Se presentan ejemplos para Colombia en donde actividades dirigidas a subsanar estos métodos han mostrado ser efectivas. Por ende, para empezar a solucionar la problemática taxonómica de Miridae y Reduviidae en Colombia se proponen unas estrategias concretas, haciendo énfasis en la colecta dirigida a estos grupos y la apropiada documentación biológica.

BIBLIOGRAFIA.

- CASSIS, G. SCHUH, R.T. 2012.** Systematics, biodiversity, biogeography, and host associations of the Miridae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Cimicomorpha). *Annual Review of Entomology* 57, 377-404.
- FORERO, D. 2007.** Description of a new species of *Liaghinella* (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae: Emesinae) from the Colombian Andes, with notes on its feeding habits and conservation status. *Zootaxa* 1502, 55-68.
- FORERO, D. 2008.** The systematics of the Hemiptera. *Revista Colombiana de Entomología* 34, 1-21.
- FORERO, D. 2009.** Revision of the genus *Carvalhomiris* (Hemiptera: Miridae: Orthotylinae). *Entomologica Americana* 115, 115-142.
- FORERO, D. BERNIKER, L. WEIRAUCH, C. 2013.** Phylogeny and character evolution in the bee-assassins (Insecta: Heteroptera: Reduviidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 66, 283-302.
- HENRY, T.J. 2009.** Biodiversity of Heteroptera. *En: Foottit, R.G., Adler, P.H., (Eds.), Insect Biodiversity: Science and Society.* Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, pp. 223-263.
- SCHUH, R.T. 2002-2013.** On-line systematic catalog of plant bugs (Insecta: Heteroptera: Miridae). Available at: [<http://research.amnh.org/pbi/catalog/>].

SCHUH, R.T. SLATER, J.A. 1995. True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca.

WEIRAUCH, C. SCHUH, R.T. 2011. Systematics and evolution of Heteroptera: 25 years of progress. *Annual Review of Entomology* 56, 487-510.

WEIRAUCH C. BÉRENGER J.-M. BERNIKER L. FORERO D. FORTHMAN M. FRANKENBERG S. FREEDMAN A. GORDON E. HOEY-CHAMBERLAIN R. HWANG W. S. MARSHALL S. A. MICHAEL A. PAIERO S. M. UDAH O. WATSON C. YEO M. ZHANG G. ZHANG J. En prensa. An illustrated identification key to assassin bug subfamilies and tribes. *Canadian Journal of Arthropod Identification*.

HWANG, W.S. WEIRAUCH, C. 2012. Evolutionary history of assassin bugs (Insecta: Hemiptera: Reduviidae): Insights from divergence dating and ancestral state reconstruction. *PLoS ONE* 7, e45523.

PSOCODEA: ‘PSOCOPTERA’, UN EJEMPLO DE DESCONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD NEOTROPICAL EN COLOMBIA.

Ranulfo González Obando¹, Alfonso Neri García Aldrete²

¹*Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. E-mail: ranulfo.gonzalez@correounivalle.edu.co.* ²*Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-153, 04510 México, D. F. MÉXICO. E-mail: anga@ib.unam.mx*

‘Psocoptera’, comprende los subórdenes no parásitos del orden Psocodea (ver <http://www.psocodea.org>); estudios recientes, como resultado de investigaciones en las que se ha argumentado que los piojos parásitos son derivados de piojos de vida libre (Lyal, 1985; Yoshizawa & Johnson, 2010; Johnson *et al.*, 2004; Yoshizawa *et al.*, 2006), consideran a Psocodea como un orden de más de 10.000 especies clasificadas en siete subórdenes: Trogiomorpha, Troctomorpha, Psocomorpha, Amblycera, Ischnocera, Anoplura y Rhynchophtirina, siendo los tres primeros los asignados tradicionalmente al “Orden Psocoptera” y los otros cuatro a Phthiraptera. Nos referiremos aquí solo a ‘Psocoptera’, como una mera formalidad, ya que este no constituye un grupo monofilético, siendo al menos Troctomorpha parafilético con respecto a Phthiraptera (Johnson *et al.*, 2004). ‘Psocoptera’ son conocidos como plagas importantes de colecciones entomológicas y de granos almacenados, y se les relaciona con alergias de las vías respiratorias (Turner *et al.*, 1996), y son organismos importantes en las cadenas tróficas. Aunque se desconoce el significado ecológico que presenta la mayor parte de sus especies como consumidores primarios, se cree que este podría ser mucho mayor que el que se les ha asignado. Esto es posiblemente debido a un conocimiento parcial de su biodiversidad, especialmente en la región neotropical, y al poco conocimiento que se tiene de la historia natural y del papel que cumplen sus especies en diferentes microambientes de áreas naturales.

Los ‘psocópteros’ son insectos de cabeza grande, con postclípeo prominente. Los adultos pueden ser ápteros, braquípteros o macrópteros, si son macrópteros, sus alas son membranosas y generalmente sostenidas como techo sobre su cuerpo. Presentan aparato bucal masticador y lacinias maxilares con forma de punzón, independientes del cuerpo de la maxila. Los palpos maxilares son de 4 segmentos, y los labiales de uno o dos. La hipofaringe posee un sitóforo, involucrado en una estructura faringeal especializada para absorber humedad atmosférica (Rudolf, 1982; Grimaldi & Engel, 2006).

En el orden ‘Psocoptera’, a partir de Lienhard (2004 d), un corte hasta el año 2006, realizado por García Aldrete (2006) reportó la existencia de 5557 especies descritas en 474 géneros válidos, pero ese número está siendo incrementado a partir de nuevos estudios y revisiones de ejemplares, especialmente de la región neotropical. El interés por el estudio de este orden no ha sido el mismo en todos los países de esta región, y uno de los de mayor desconocimiento de su biodiversidad es Colombia. El número de especies listadas para este país en el catálogo de Psocoptera del mundo (Lienhard & Smithers, 2002, actualizado por Lienhard, 2004d), comprende solo 79 especies, en 41 géneros y 19 familias, un número que comparado con los registros de otros países de América del Sur es muy bajo. Los países suramericanos, donde hay más especies listadas son Brasil, Venezuela y Perú, con 427, 104 y 90 especies respectivamente (Lienhard, 2004d), pero más recientemente, a partir de recolectas realizadas por el equipo de Terry Erwin, del Smithsonian Institution de Washington, EUA, se sabe que la Reserva Étnica Waorani, en Napo, Ecuador y la Zona Reservada de Tambopata, en Madre de Dios, Perú, son los puntos del planeta con mayor riqueza biológica de psocópteros, con aproximadamente 300 especies

registradas en cada sitio (García Aldrete, información personal), y lo que es más sorprendente, con un porcentaje inferior al 10%, de especies compartidas entre ellos (García Aldrete, 2008b).

En Colombia, hallazgos recientes de García Aldrete, del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el Grupo de Investigaciones Entomológicas (GIE) de la Universidad del Valle, han determinado un número aproximado de 250 especies, en 71 géneros y 23 familias, incluida la descripción de 32 especies nuevas y seis géneros nuevos. El número de especies no descritas es considerable (Ver Sarria *et al.*, 2014; González *et al.*, 2013). Por otro lado, con base en un estudio reciente (“Insecta: Psocoptera (Epipsocetae y Lachesillidae) del Valle del Cauca y PNN Isla Gorgona, Colombia”), y revisión de materiales del Instituto Humboldt, se han encontrado más de 300 especies, un número considerablemente alto, al tener en cuenta que ese número corresponde en su mayoría a solo cinco familias del suborden Psocomorpha (Lachesillidae (80 spp.), Epipsocidae (100 spp.), Ptiloneuridae (45 spp.), Dolabellopsocidae (7 spp.) y Cladiopsocidae (5 spp.), de las más de 25 que pueden ser encontradas en Colombia. Lo más sorprendente de estos resultados ha sido el alto número de especies no descritas, que sobrepasa enormemente las expectativas originales. De acuerdo con una primera aproximación taxonómica, se ha encontrado que cerca del 85% de las especies recolectadas son nuevas para la ciencia, para un número evaluado de Lachesillidae (62 spp.), Epipsocidae (80 spp.), Ptiloneuridae (39 spp.), Dolabellopsocidae (5 spp.), Cladiopsocidae (4 spp.) y Ectopsocidae (4 spp.). La siguiente información resume lo encontrado en estas familias y en la familia Psocidae.

Lachesillidae

Es una de las familias del infraorden Homilopsocidea (Yoshizawa, 2002), en la que se reconocen dos subfamilias, Lachesillinae y Eolachesillinae (Mockford & Sullivan, 1986). Incluye un total de 24 géneros nombrados (García Aldrete, 2012; García Aldrete *et al.*, 2012, 2013), de los que *Lachesilla* Westwood, es el más diverso y abundante, con más de 300 especies descritas, y muy bien representado en Sur América continental. Contrastando con esto, en Colombia hasta el año 2010, solo eran conocidas 12 especies, incluidas en tres géneros, pero a partir de las recientes investigaciones, solamente en Valle del Cauca y PNN Gorgona, hemos encontrado 15 géneros (cuatro de ellos nuevos), con más de 80 especies, 73 de las cuales se reconocen como nuevas y 13 han sido descritas recientemente por nuestro grupo (García Aldrete *et al.*, 2012a, 2012b, 2013, 2014). Esta sorprendente diversidad de géneros y gran endemismo de especies de esta familia en Valle del Cauca, hace que Colombia sea actualmente el país del Nuevo Mundo con mayor riqueza de géneros y una gran diversidad de especies en esta familia.

Ectopsocidae.

Es otra de las familias del infraorden Homilopsocidea (Yoshizawa, 2002). Hasta el año 2002 se tenía registro de 177 especies en el mundo y de estas, para el año 2004, solo se registraban tres especies para Colombia (ver Lienhard, 2004). Con el estudio de esta familia en el Valle del Cauca y PNN Gorgona este número se ha incrementado a 15 especies, de las cuales cuatro son especies nuevas (Saenz *et al.*, 2014).

Epipsocidae

Es una de las familias más grandes y diversas del infraorden Epipsocetae (García Aldrete, 2005). Constituye un gran ensamblaje de 25 géneros descritos (García Aldrete & Casasola-González, 2008; García Aldrete, 2009), con aproximadamente 146 especies de todo el mundo (Lienhard & Smithers, 2002), pero las evidencias indican que junto con el conocimiento de nuevas especies, hace falta la

creación de nuevos géneros y realizar nuevos análisis filogenéticos para poder clasificar adecuadamente las nuevas especies que están siendo descubiertas. Con las nuevas adiciones propuestas, a partir de nuevas especies de Colombia, este número ahora es de 30 géneros. Sorprendentemente, hasta el año 2009 solo tres especies se habían registrado en Colombia, pero a tiempo presente se han reconocido aproximadamente 100 especies, de las cuales solo ocho corresponden a especies descritas, es decir que más del 90% son especies nuevas para la ciencia y dejan una tarea grande de descripciones y análisis sistemático.

Ptiloneuridae

Es otra de las familias de Epipsocetae, en la cual hasta el 2002 eran reconocidas 44 especies en seis géneros (Lienhard & Smithers, 2002). Antes del desarrollo del proyecto de Psocodea: 'Psocoptera' en Valle del Cauca, apenas una sola especie se había registrado en Colombia, pero con la recolecta y revisión de material del Instituto Humboldt, incluyendo algunas especies de parques naturales de Colombia, hemos aumentado este número a 47 especies, 28 de las cuales se encuentran en un solo departamento, el Valle del Cauca. Como se puede observar a partir de los hallazgos en Colombia, el número se ha incrementado en más del 100% con respecto de lo conocido hasta 2002. Actualmente, de los 11 géneros reconocidos en la familia se han encontrado representantes de cuatro de ellos: *Euplocania* (5 spp. nuevas); *Loneura* (16 spp., 12 nuevas); *Triplocania* (26 spp., 22 nuevas); *Loneuroides* (4 spp., 3 nuevas). Adicionalmente, estamos trabajando sobre un nuevo género, para incluir una especie no descrita. Es de resaltar que de estas 47 especies, cerca del 90% son nuevas para la ciencia. De estas, solo cuatro han sido descritas (García Aldrete *et al.*, 2011a, 2011b, 2012a, 2013), las otras están en proceso de descripción.

Cladiopsocidae

Esta familia incluye un solo género, *Cladiopsocus*, en el cual se han descrito 16 especies, cuya distribución conocida corresponde a Angola, Centro y Sur América. De estas se han descrito solo siete especies de Sur América, una de ellas, *Cladiopsocus ramulosus* (Enderlein) se ha registrado en Colombia y Perú (Lienhard & Smithers, 2002). Durante el desarrollo de esta investigación se encontraron cinco especies, cuatro de ellas nuevas para la ciencia, las cuales están en proceso de publicación.

Dolabellopsocidae

Es otra familia de Epipsocetae, que actualmente comprende 38 especies descritas en tres géneros, dos de los cuales (*Dolabellopsocus* e *Isthmopsocus*), son de distribución neotropical. Hasta la fecha, se han registrado 27 especies en Sur América, dos de ellas, *Isthmopsocus imperfectus* y *Dolabellopsocus incertus* son endémicas de Colombia y son las únicas registradas de la familia en este país (Badonnel, 1986). Hasta el momento, hemos encontrado 12 especies en los géneros *Dolabellopsocus* e *Isthmopsocus*, cinco de las cuales son nuevas para la ciencia.

Psocidae

Es una de las familias del infraorden Psocetae, la más grande y más diversa de 'Psocoptera'; hasta el año 2002, Lienhard & Smithers reconocían 899 especies, de las cuales solo 20 estaban registradas en Colombia. El número de fenos identificados en el Valle del Cauca y PNN Gorgona es alto, pero aún no ha sido iniciado un estudio formal de todos los géneros encontrados. Un ejemplo de la diversidad de esta familia y del poco estudio realizado en Colombia, es lo que hemos hecho, al incursionar en el estudio del género *Steleops*, un género neotropical, que hasta antes del año 2011 solo incluía 13 especies

descritas, ninguna de ellas registrada en Colombia. Solo hasta el año 2011 se registró por primera vez la presencia de dos especies de este género en Colombia, una de ellas nueva para la ciencia (González *et al.*, 2011a). Para finales del año 2011 el número de especies descritas en este género se incrementó a 24, cinco de ellas de Colombia (González *et al.*, 2011b), y en estos momentos se han identificado al menos ocho especies más de este género que están en proceso de ser descritas.

Otro hallazgo interesante es lo correspondiente a especies de *Elaphopsocus*, un género para el cual solo se conocía una especie (representada únicamente por el macho), descrita de Brasil. En revisiones recientes hemos encontrado al menos dos especies nuevas en Colombia y por primera vez la hembra del género. Por otro lado, se han encontrado dos especies nuevas adicionales, estrechamente relacionadas con las anteriores, que representan un género cercano a *Elaphopsocus*, que tenemos en estudio.

Comentario final.

El departamento de Valle del Cauca solo representa el 2% del territorio nacional, y la riqueza de especies de 'Psocoptera' que aquí hemos encontrado es verdaderamente extraordinaria y no fácil de explicar. De mantenerse lo encontrado por Erwin (1988) (ver también García Aldrete, 2008a), en el sentido de que localidades, aún cercanas, y en mayor grado distantes, solo comparten un porcentaje pequeño de especies, se podría concluir que el número real de especies en Colombia es inmenso en relación a lo conocido actualmente.

Dado el alto número de especies no descritas, es necesario realizar una gran cantidad de trabajo descriptivo que destaque los caracteres más sobresalientes mediante ilustraciones y elaboración de claves, para poder resolver no solo aspectos propios de la taxonomía alfa de los diferentes géneros y familias, sino también lo relacionado con la sistemática e identificación específica, al menos de las familias más numerosas y representativas del orden. Esto marcará el inicio de un estudio más extenso, que no solo cubra la mayor parte de familias incluidas en el orden sino también que se pueda hacer extensivo a otras partes del país y a otros de Sur América.

BIBLIOGRAFIA.

- BADONNEL, A. 1986.** Psocoptères de Colombie (Insecta, Psocoptera). *Spixiana* 9 (2): 179-223.
- CASASOLA GONZÁLEZ, J. A. 2006.** Phylogenetic relationships of the genera of Epipsocetæ (Psocoptera: Psocomorpha). *Zootaxa* 1194: 1-32.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. 2005.** Three new monotypic genera of Epipsocidae (Psocoptera) from Peru and Brazil. *Zootaxa* 1077: 51-60.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. 2006.** New genera of Psocoptera (Insecta), from Mexico, Belize and Ecuador (Psoquillidae, Ptiloneuridae, Lachesillidae). *Zootaxa* 1319: 1-14.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. 2008.** Lachesillidae (Insecta: Psocoptera) from the Tambopata Reserved Zone, Madre de Dios, Peru. *Publicaciones Especiales del Instituto de Biología* 21. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 92 p.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. 2009.** New monotypic genera of Epipsocidae (Psocoptera: Epipsocidae) from Belize and Thailand. *Zootaxa* 1978: 63-68.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. 2012.** A new genus of Epipsocidae (Psocodea: 'Psocoptera'), from Valle del Cauca, and a re-appraisal of *Goja* Navás, 1927. *Caldasia* 34(1): 247-256.

- GARCÍA ALDRETE, A. N. MOCKFORD, E. L. 2009.** A list of Psocoptera (Insecta: Psocodea) from Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80 (3): 665-673.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. CARREJO, N. S. 2011a.** A new *Loneura* from Colombia, and Colombian records of *L. mirandaensis* García Aldrete, and *Loneuroides venezolanus* García Aldrete (Psocodea: 'Psocoptera': Ptiloneuridae). *Dugesiana* 18(1): 35-37.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. SARRIA SARRIA, F. A. 2011b.** Three new species of *Loneura* (Psocodea:'Psocoptera': Ptiloneuridae) from Gorgona Island, Cauca, Colombia, with a new infrageneric classification. *Zootaxa* 3050: 55-62.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. CARREJO, N. S. 2013.** A new species of *Euplocania* Enderlein (Psocodea: 'Psocoptera': Ptiloneuridae), from Magdalena, Colombia, with a proposed classification of the genus. *Dugesiana* 20: 149-156.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. CARREJO, N. S. MENDIVIL, J.A. CALDERÓN N. R. 2013.** Epipsocetae (Psocodea: 'Psocoptera') from Valle del Cauca and NNP Gorgona, Colombia. *Dugesiana* 20(2): 157-172.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. CARREJO, N. S. 2013.** New genera of Lachesillidae (Psocodea: 'Psocoptera': Eolachesillinae: Graphocaeciliini) from Valle del Cauca, Colombia. *Zootaxa* 3647 (4): 555-566.
- GARCÍA ALDRETE, A. N. GONZÁLEZ OBANDO, R. SALDAÑA, C. 2013.** Two new species of *Lachesilla* of *Pedicularia* group (Psocodea: 'Psocoptera'), from Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 237-242
- GONZÁLEZ OBANDO, R., GARCÍA ALDRETE, A. N. CARREJO, N. S. 2011a.** A new species of *Steleops* Enderlein, and a Colombian record of *S. pulcher* New (Psocodea: 'Psocoptera': Psocidae). *Zootaxa*. 2735: 23-27.
- GONZÁLEZ, R., GARCÍA ALDRETE & A. N. CARREJO N. S. 2011B.** New species of *Steleops* (Psocodea: 'Psocoptera': Psocidae) from Brazil, Colombia, Mexico and Peru. *Zootaxa* 3139: 28-54.
- GONZÁLEZ, R., SALDAÑA, C.L. GARCÍA ALDRETE, A. N. 2013.** Lachesillidae (Psocodea: "Psocoptera") de Valle del Cauca y PNN Gorgona, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 14(1):51-69.
- GRIMALDI, D. & ENGEL, M. S. 2006.** Evolution of the Insects. Cambridge, University press. NY, USA. 755 pp.
- JOHNSON, K. P., YOSHIKAWA, K. SMITH, V. S. 2004.** Multiple origins of parasitism in lice. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 271: 1771-1776.
- LYAL, C. H. C. 1985.** Phylogeny and classification of the Psocodea, with particular reference to the lice (Psocodea: Phthiraptera). *Systematic Entomology* 10: 145-165.
- LIENHARD, C. SMITHERS, C. N. 2002.** *Psocoptera (Insecta). World catalogue and bibliography.* Instrumenta Biodiversitatis V. Muséum d'histoire naturelle, Genève. 745pp.
- LIENHARD, C. 2004d.** Worldwide country checklists of Psocoptera species [based on the World Catalogue by Lienhard & Smithers, 2002]. Online at: <http://www.ville-ge.ch/musinfo/mhng/page-e/ps-coun.htm>

- MOCKFORD, E. L. SULLIVAN, D. M. 1986.** Systematics of the graphocaeciliine psocids with a proposed higher classification of the family Lachesillidae (Psocoptera). *Transactions of the American Entomological Society* 112 (1): 1-80.
- RUDOLPH, D. 1982.** Site, process and mechanism of active uptake of water vapour from the atmosphere in the Psocoptera. *Journal of Insect Physiology* 28: 205-212.
- SAENZ, O. F, GONZÁLEZ OBANDO, R. GARCÍA ALDRETE A. N. 2014.** Ectopsocidae (Psocodea: 'Psocoptera') from Valle del Cauca and NNP Gorgona, Colombia. *Zootaxa* 3786 (5): 523-540.
- SARRIA-S., F. GONZÁLEZ OBANDO, R. GARCÍA ALDRETE, A. N. 2014.** Psocoptera (Insecta: Psocodea) from the National Natural Park Gorgona, Cauca, Colombia, *Revista de Biología Tropical* 62: 243-256.
- TURNER, B. D. STAINES, N. BROSTOFF, J. HOWE, C. COOPER, K. 1996.** Allergy to psocids. In 2nd International Conference on Insect Pests in the Urban Environment (ed. K. B. Wildey). Edinburgh, UK. 609pp.
- YOSHIZAWA, K. 2002.** Phylogeny and higher classification of suborder Psocomorpha (Insecta: Psocodea: 'Psocoptera'). *Zoological Journal of the Linnean Society* 136: 371-400.
- YOSHIZAWA, K. JOHNSON, K. P. 2010.** How stable is the "Polyphyly of Lice" hypothesis (Insecta: Psocodea)? A comparison of phylogenetic signal in multiple genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 939-951.
- YOSHIZAWA, K., LIENHARD, C. JOHNSON, K. P. 2006.** Molecular systematics of the suborder Trogiomorpha (Insecta: Psocodea: 'Psocoptera'). *Zoological Journal of the Linnean Society* 146: 287-299.

UN ANÁLISIS FILOGENÉTICO DE LAS ESCAMAS BLANDAS (HEMIPTERA: COCCOIDEA: COCCIDAE)

Takumasa Kondo¹ y Lyn Cook²

¹Corpoica, Palmira, Colombia: tkondo@corpoica.org.co; ²School of Biological Sciences, The University of Queensland, Brisbane, Qld, 4072, Australia: l.cook@uq.edu.au

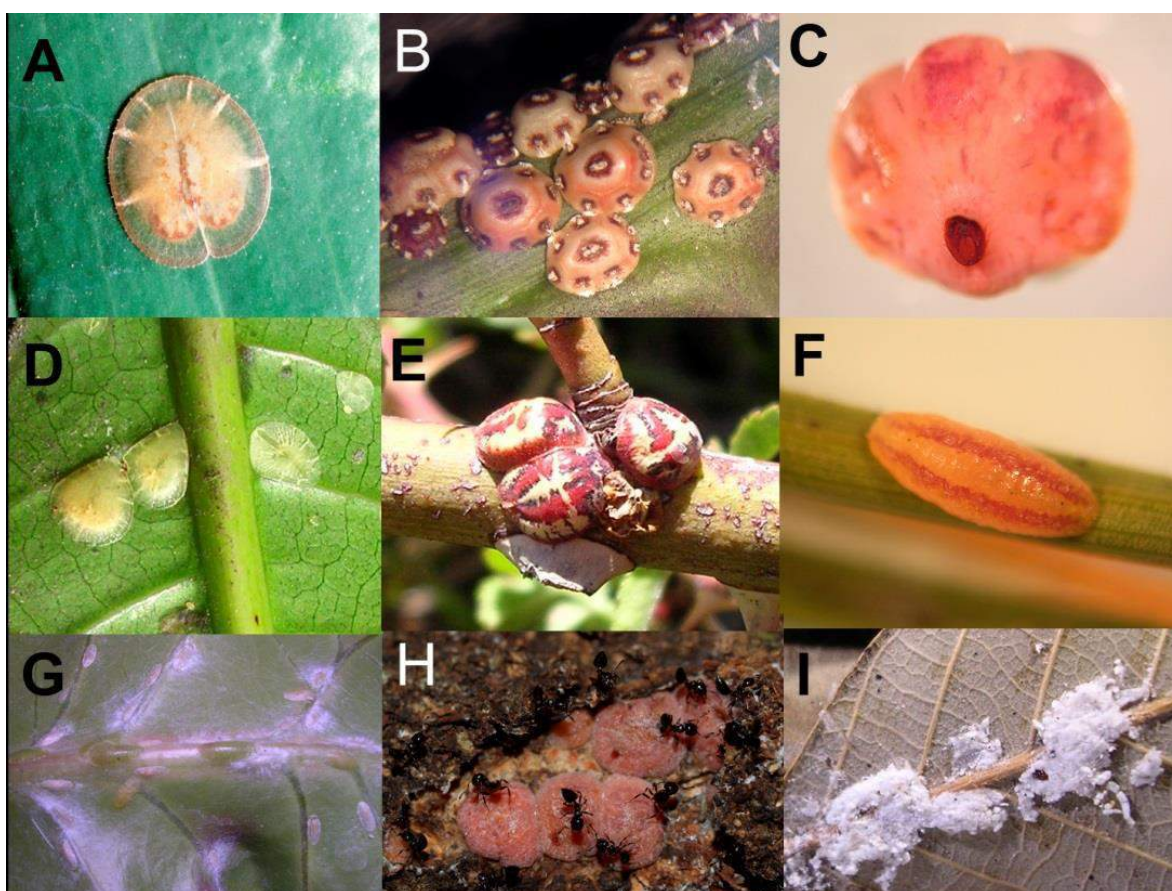


Figura 1. Escamas blandas (Hemiptera: Coccidae) en diferentes subfamilias. **A.** *Pseudokermes vitreus* (Cockerell) (Cardiococcinae). **B.** *Ceroplastes cirripediformis* Comstock (Ceroplastinae). **C.** *Cissococcus* sp. (Cissococcinae). **D.** *Milviscutulus mangiferae* (Green) (Coccinae). **E.** *Eulecanium tiliae* (Linnaeus) (Eulecaniinae). **F.** *Luzulaspis caricis* (Ehrhorn) (Eriopeltinae). **G.** *Philephedra tuberculosa* Nakahara & Gill (Filippiinae). **H.** *Cryptostigma inquilinum* (Newstead) (Myzolecaniinae). **I.** *Pseudopulvinaria sikkimensis* Atkinson (Pseudopulvinariinae). Fotos por T. Kondo.

La familia Coccidae (Hemiptera: Coccoidea) es la tercera familia en términos de número de especies, con aproximadamente unas 1200 especies actualmente registradas y se conocen comúnmente como escamas blandas o cóccidos. En 1994, C. J. Hodgson introdujo una clasificación de la familia Coccidae con base en estudios de la morfología de los machos y hembras adultas, en cual estudio reconoció 10 subfamilias, i.e., Cardiococcinae (Fig. 1A), Ceroplastinae (Fig. 1B), Cissococcinae (Fig. 1C), Coccinae (Fig. 1D), Cyphococcinae (no ilustrada), Eulecaniinae (Fig. 1E), Eriopeltinae (Fig. 1F), Filippiinae (Fig.

1G), Myzolecaniinae (Fig. 1H) y Pseudopulviniinae (Fig. 1I). Aunque su estatus a nivel de Familia no es cuestionable, su taxonomía a nivel de Subfamilia y Tribu ha sido controversial. Aquí presentamos una filogenia de toda la familia Coccidae con base en secuencias de ADN. Hemos incluido taxa representativos de todas las subfamilias a excepción de Pseudopulviniinae, cuya subfamilia está compuesta por una sola especie, i.e., *Pseudokermes sikkimensis* Atkinson, que ocurre en las hojas de roble en China e India. Las clasificaciones actuales a nivel de subfamilia y tribu no son soportadas por nuestro análisis filogenético, probablemente con excepción a la subfamilia Ceroplastinae, conocidas comúnmente como escamas de cera.

BIBLIOGRAFÍA.

- HODGSON, C. J. 1994.** The Scale Insect Family Coccidae. An Identification Manual to Genera. Wallingford, CAB International, 639 p.
- HODGSON, C. J. HARDY, N. B. 2013.** The phylogeny of the superfamily Coccoidea (Hemiptera: Sternorrhyncha) based on the morphology of extant and extinct macropterous males. *Systematic Entomology* 38 (4): 794-804. doi:10.1111/syen.12030.
- HODGSON, C. J. PERONTI, A. L. B. G. 2012.** A revision of the wax scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Ceroplastinae) of the Afrotropical Region. *Zootaxa* 3372: 1-265.
- GULLAN, P. J. COOK, L. G. 2007.** Phylogeny and higher classification of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Zootaxa* 1668: 413-425.
- KONDO, T. 2010.** Taxonomic revision of the myrmecophilous, meliponiphilous and rhizophilous soft scale genus *Cryptostigma* Ferris (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Zootaxa* 2709: 1-72.
- KONDO, T. GULLAN P. J. WILLIAMS, D. J. 2008.** Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(2): 55-61.
- LIN, Y-P. KONDO, T. GULLAN, P. COOK, L. G. 2013.** Delimiting genera of scale insects: molecular and morphological evidence for synonymising *Taiwansaissetia* Tao, Wong & Chang with *Coccus* Linnaeus (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Systematic Entomology*. 38: 249-264. DOI: 10.1111/j.1365-3113.2012.00664.x

RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN DE PLECOPTERA (INSECTA) EN COLOMBIA

María del Carmen Zúñiga

Universidad del Valle. Departamento de Biología. Grupo de Investigaciones Entomológicas. Apartado Aéreo 25360. Cali, Colombia. maczuniga@gmail.com

RESUMEN. Plecoptera es un orden pequeño de insectos primitivos y hemimetábolos, cuyo nombre está relacionado con la característica de los adultos de plegar las alas posteriores sobre los segmentos abdominales en posición de reposo. En términos de abundancia, diversidad y distribución, es un componente importante de la entomofauna de ecosistemas dulceacuícolas y cumplen un rol ecológico destacado en la descomposición y recirculación de nutrientes, además de contribuir en la red trófica como alimento de otros insectos y vertebrados. Los estadios inmaduros (ninfas) se desarrollan con preferencia en lechos pedregosos, zonas de rápidos y ambientes hídricos bien oxigenados. Su presencia parece estar condicionada a factores combinados como la calidad del agua, el sustrato y la vegetación de ribera. Son sensibles a la contaminación y la degradación del hábitat y en la evaluación ambiental tiene muy buen potencial como bioindicadores de calidad del recurso hídrico.

Las ninfas tienen apariencia aplanada y alargada, branquias en el tórax, en torno a la base de las patas, o en la región anal. Presentan dos uñas tarsales, dos filamentos terminales en el abdomen y aparato bucal de tipo masticador. Su dieta es principalmente carnívora, compuesta por presas de tallas pequeñas como larvas de dípteros y efemerópteros, entre otros elementos. La transformación de la ninfa en adulto se realiza fuera del agua y es prioritariamente nocturna. En las regiones de clima tropical hay emergencias durante todo el año, pero con picos relacionados con los períodos climáticos. Los adultos son terrestres y semejantes a las ninfas, con alas que miden entre 7 y 35 mm. Se encuentran en la vegetación circundante a los cuerpos de agua, vuelan poco y no viven mucho tiempo en este estado. La mayoría de las especies tienen cuatro alas membranosas y en algunas pocas, las alas posteriores están reducidas o ausentes. Las hembras ovopositan en el agua y los machos de algunas especies atraen a las hembras haciendo martilleo o tamborileo con la punta del abdomen, importante estrategia de aislamiento reproductivo, pues este llamado es específico en cada especie.

En las diferentes regiones biogeográficas, a nivel mundial se reconocen 16 familias y se estiman alrededor de 3200 especies, distribuyéndose en todos los continentes, excepto en la Antártida. Con base en este registro, seis familias y 47 géneros se encuentran en Sudamérica; una de ellas es endémica de Chile y Argentina (Diamphipnoidae), tres son de distribución anfinótica (Eustheniidae, Austroperlidae y Gripopterygidae), una es gondwánica (Notonemouridae) y una es arctogeico-neotropical (Perlidae, Acroneuriinae).

La fauna de Plecoptera de más amplia distribución y riqueza específica en el Neotrópico y Sur América está representada por las familias Gripopterygidae y Perlidae. Gripopterygidae pertenece a la fauna de montaña y se extiende por el oeste, a lo largo de los Andes hasta la región andina central de Colombia y por el este, hasta el centro de Brasil. Perlidae está presente a través de la subfamilia Acroneuriinae y se encuentra de manera dominante a través de toda la región suramericana y neotropical. Las restantes familias que hacen presencia en Sudamérica, tienen una distribución más restringida al extremo sur. Perlidae en la región neotropical está representada por diez géneros, siendo *Anacroneuria* dominante y con la mayor abundancia y diversidad. Los restantes géneros se encuentran en hábitats de montaña o en áreas restringidas. Hacia el sudeste de Sur América es reemplazado en gran parte por *Inconeuria*,

Kempnyia, *Kempnyella*, *Nigroperla* y *Pictetoperla*. *Enderleina* y *Macrogynoplax* tienen pocos representantes en la cuenca amazónica, mientras *Klapalekia* y *Onychoplax* son géneros monotípicos que solo se conocen por los holotipos.

Anacroneuria fue descrito por Klapálek en 1909 y se encuentra en la región panamericana, desde el norte de la Argentina hasta el sur de los Estados Unidos de Norte América. Se registran a la fecha alrededor de 350 especies válidas. Para menos del 10% de ellas se halla asociado el adulto con su estado inmaduro o ninfa, siendo su biología y ecología pobremente conocidas. Las asociaciones entre ninfas y adultos son importantes para mejorar el conocimiento de la biología y ecología de este importante género neotropical, con buen potencial como bioindicador de calidad de agua. De igual manera, aún están pendientes trabajos relacionados con las asociaciones de machos y hembras, y se ha hecho poco esfuerzo por entender las relaciones filogenéticas entre diferentes grupos de especies.

En Colombia la fauna de Plecoptera está representada por las familias Perlidae y Gripopterygidae. Perlidae registra los géneros *Anacroneuria*, *Klapalekia* y *Macrogynoplax*, siendo *Anacroneuria* dominante con 61 especies y 33 morfoespecies registradas en un amplio rango geográfico y altitudinal (50 a 3.600 msnm) y prioritariamente en la región natural andina (70,0%). *Klapalekia* es un género monotípico, reportado para una única localidad en los Andes orientales de la Sabana de Bogotá y *Macrogynoplax* se ubica en tierras bajas de la región amazónica. *Claudioperla* (Gripopterygidae) se conoce en solo dos localidades de alta montaña en Tolima y Nariño, entre 3.050 y 3.600 msnm y es el registro del género ubicado más al norte de los Andes sudamericanos. La presencia de pocas especies en más de una región natural, sugiere un fuerte patrón de endemismo entre cordilleras y entre regiones. El inventario de *Anacroneuria* en Colombia abarca un periodo efectivo de 39 años, para un total de 470 registros. Las macrocuencas del río Cauca y el Magdalena presentan la mayor cantidad de registros y especies. Las vertientes interandinas del río Cauca concentran el 75% de los registros. El inventario nacional de *Anacroneuria* aún es incompleto y se recomienda concentrar esfuerzos en las macrocuencas del oriente colombiano y las zonas bajas de las planicies del Pacífico y el Caribe.

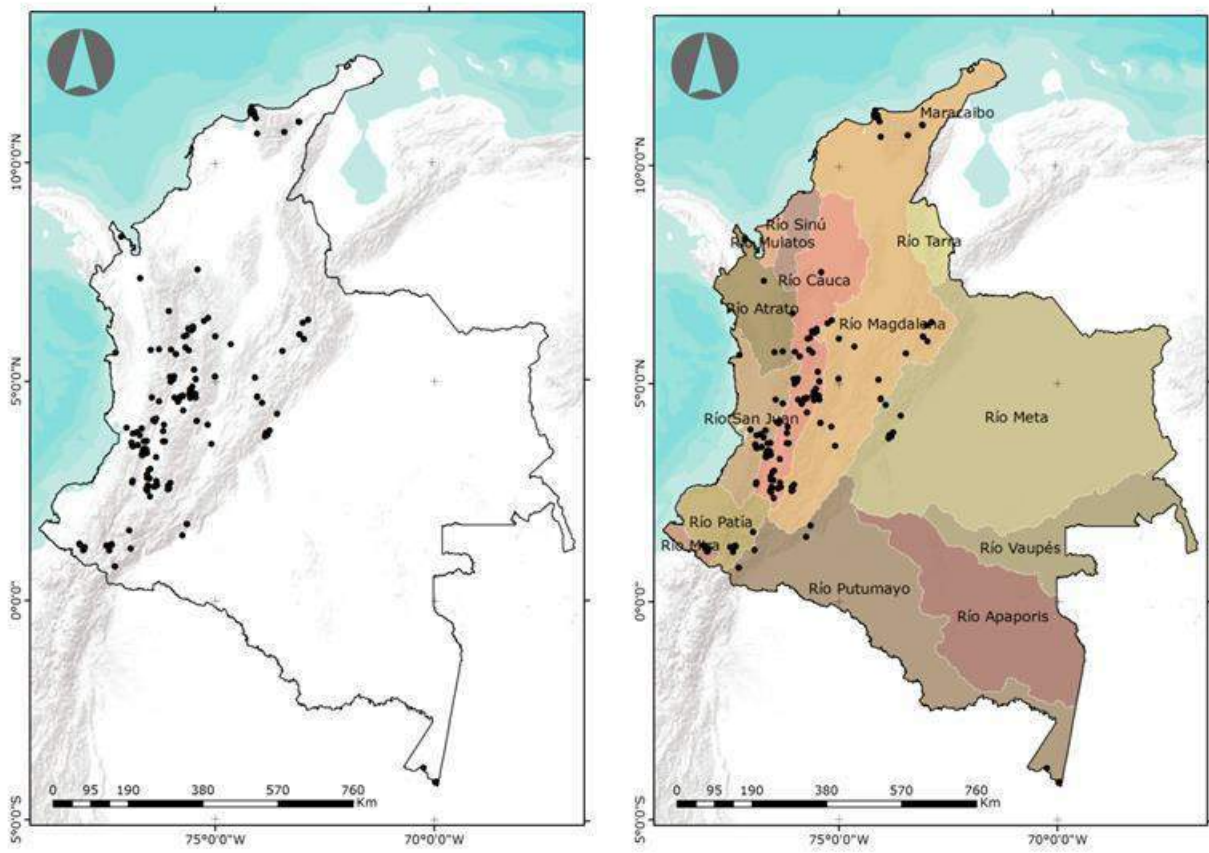
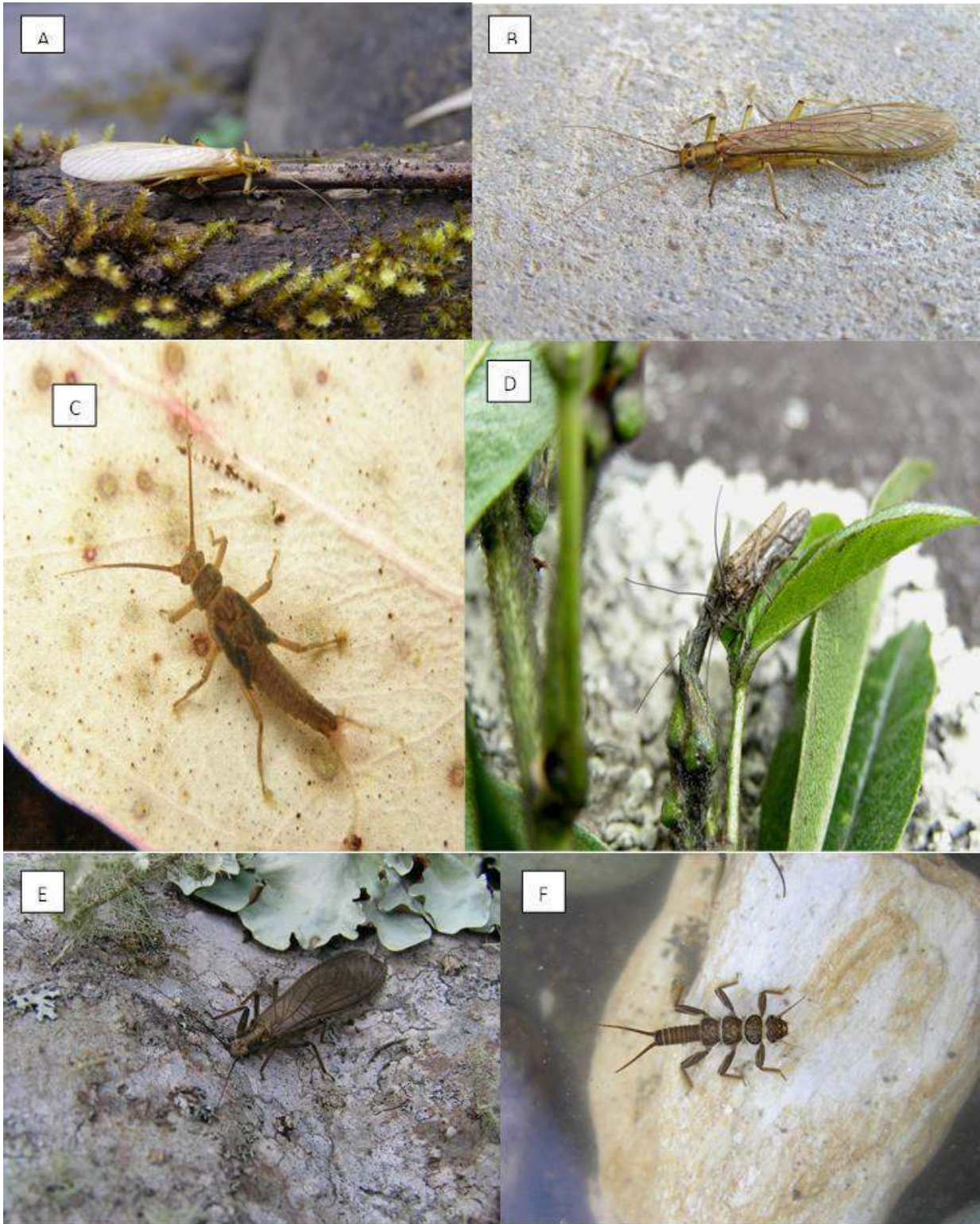


Figura 1. Representatividad taxonómica de *Anacroneria* en Colombia.



A) *Anacroneuria quilla* **B)** *A. socapa* **C)** *Claudioperla* sp. (ninf) **D)** *Claudioperla* sp. **E)** *Anacroneuria pastora* **F)** *Anacroneuria* sp. (ninf). Fotos: Gustavo Zabala.

BIBLIOGRAFÍA

- ROJAS, M, BAENA. M. 1993.** *Anacroneuria farallonensis* (Plecoptera: Perlidae) una nueva especie para Colombia. Boletín Museo Entomología Universidad del Valle 1:23-28.
- STARK, B. P. ZÚÑIGA, M. DEL C. ROJAS, A.M. BAENA, M.L. 1999.** Colombian *Anacroneuria*: Descriptions of new and old species. Spixiana 22(1):13-46.
- STARK, B. P. 2001.** A synopsis of neotropical Perlidae (Plecoptera). pp. 405-422. En: E. Domínguez (ed.). Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academics Plenum Publishers, New York.
- STARK, B. P. ZÚÑIGA, M. DEL C. 2003.** The *Anacroneuria guambiana* complex of South America (Plecoptera: Perlidae). Págs. 229-237. En: E. Gaino (ed.). Research update on Ephemeroptera and Plecoptera. University of Perugia, Italy.
- STARK, B.P., FROEHLICH, C. ZÚÑIGA, M. DEL C. 2009.** South American Stoneflies (Plecoptera) En: J. Adis., J. R. Arias., S. Golovatch., K. M. Wantzen. & G. Rueda-Delgado (eds.): Aquatic Biodiversity of Latin America (ABLA). Vol 5. Pensoft, Sofia-Moscow, 154 pp.
- TAMARIS-TURIZO, C. E. TURIZO-CORREA, R. ZÚÑIGA, M. DEL C. 2007.** Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). Caldasia 29(2): 375-385.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., STARK, B. P. ROJAS, A. M. BAENA, M. L. 2001.** Distribution of *Anacroneuria* species (Plecoptera: Perlidae) in Colombia. pp. 37-42. En: E. Domínguez (ed.). Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academics Plenum Publishers, New York.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. STARK, B. P. 2002.** New species and records of Colombian *Anacroneuria* (Insecta, Plecoptera, Perlidae). Spixiana 25(3): 209-224.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., STARK, B. P. VÁSCONEZ, J. J. BERSOSA, F. VIMOS, D. 2006.** Colombian and Ecuadoran *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae): New species, records and life stages. Studies on Neotropical Fauna and Environment 41(1): 45-57.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., STARK, B. P. CARDONA, W. TAMARIS-TURIZO, C. ORTEGA, O. 2007.** Additions to Colombian *Anacroneuria* fauna (Plecoptera: Perlidae) with descriptions of seven new species. Illiesia 3(13): 127-149.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. STARK, B. P. 2007.** The first record of *Macrogynoplax* Enderlein (Plecoptera: Perlidae) from the Colombian Amazonas. Illiesia 3(11):102-103.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., DIAS, L. MARTÍNEZ, D. ZABALA, G. BACCA, T. 2009.** The first record of *Claudioperla* Illies (Plecoptera: Gripopterygidae) from Colombia. Aquatic Insects 31 (Supplement 1): 743-744.
- ZÚÑIGA, M. DEL C. 2010.** Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera en Colombia, con énfasis en *Anacroneuria* (Perlidae). Universidad de la Amazonía. Momentos de Ciencias 7(2): 101-112.
- ZÚÑIGA, M. DEL C., STARK, B.P. POSSO, C.E. GONZÁLEZ, E. 2013.** Especies de *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) de Colombia, depositadas en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Biota Colombiana 14 Suplemento especial-Artículo de datos: 5-12.